

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE ENERGÍA**



**“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UNA PLANTA DE
TUBOS ESTRUCTURADOS DE POLIETILENO , PARA
INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN “**

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO
ACADÉMICO DE MAESTRO EN GERENCIA DEL
MANTENIMIENTO

JORGE JAVIER, GAVELÁN GAMARRA
MIGUEL ÁNGEL, CCAMA TITO

Callao, 2019

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

JURADO EXAMINADOR Y ASESOR DE TESIS

Presidente:

Secretario:

Miembro:

Miembro:

Miembro Suplente:

N° DE LIBRO DE SUSTENTACIÓN:

N° DE ACTA DE SUSTENTACIÓN:

FECHA DE APROBACIÓN DE LA TESIS:

DEDICATORIA

A Dios, gracias a él, he logrado terminar mi investigación.

A mis padres, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y buenos consejos.

A mi querida tía Eva Gamarra, en su memoria, por su constante apoyo en no flaquear, por su temprana partida, su presencia espiritual verá mi objetivo alcanzado.

JORGE JAVIER GAVELÁN
GAMARRA.

A Dios, por guiar mi camino y premiar el esfuerzo.

A mis padres, por la vida, los valores y sus sabios consejos.

A mi esposa Delcy, por su amor, paciencia y la familia que me ha dado.

A mis hijas Gianella y Ángela, por ser mi motivación, mi más grande orgullo y porque me han demostrado que la felicidad existe.

MIGUEL ÁNGEL CCAMA TITO.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por el apoyo constante hacia nosotros en el transcurso del pregrado hasta este posgrado plasmado en el presente trabajo de tesis.

A nuestra alma mater, la Universidad Nacional del Callao, por acogernos en su casa de estudios y enriquecernos de conocimientos en nuestra formación profesional.

A los buenos docentes universitarios de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, por sus enseñanzas, consejos y paciencia, en la elaboración de la presente tesis.

Al Gerente de Producción de CIDELSA, Sr. Carlos Rodríguez Favaron por facilitar el estudio de la planta de tubos estructurados.

Al Jefe de Calidad de la Planta de tubos estructurados, de la empresa CIDELSA, Ing. Walter Llerena, por facilitar el desarrollo de esta tesis y por toda la información suministrada.

Al técnico encargado del mantenimiento de la planta, Sr. Ernesto Yucra, por el apoyo y acompañamiento en el análisis de los equipos que conforman la planta de tubos estructurados.

Al operario principal de la planta de tubos estructurados, Sr. Francisco Ramos, por proporcionarnos información respecto a las fallas en la operación de la planta.

Al operario de la planta de tubos estructurados, Sr. Juan Valles, por su amabilidad y colaboración en la realización de la presente tesis.

ÍNDICE

PÁGINA DE RESPETO.....	ii
HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE.....	1
TABLAS DE CONTENIDO	5
TABLA DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2 Formulación del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo general	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Limitantes de la investigación.....	18
1.4.1. Limitante teórica	18
1.4.2. Limitante temporal	18
1.4.3. Limitante espacial.....	18
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.2 Bases teóricas	27
2.2.1. Mantenimiento Industrial.....	27
2.2.1.1 Generalidades	27
2.2.1.2 Tipos de mantenimientos.....	31
2.2.1.3 Planeación del mantenimiento	34

2.2.2. Mantenimiento preventivo.....	36
2.2.2.1 Beneficios del mantenimiento.....	37
2.2.2.2 Maquina Modelo LSWP-1500 LIANSU	39
2.2.2.3. Fallas Indefinidas (2017-2018)	51
2.2.2.4. Problemas en la planta de tuberías estructuradas	52
2.2.2.5. Gestión de la información.....	57
2.2.2.6. Accesorios en mal estado	59
2.2.2.7. Definición de Recursos.....	60
2.2.2.8. Fiabilidad en el mantenimiento (2017-2018).....	63
2.2.2.9. Evolución de la tasa de fallos a lo largo del tiempo	64
2.2.2.10. Control de calidad según ISO 9001-2008.....	67
2.2.2.11. DESEMPEÑO LABORAL	75
2.2.2.12. Satisfacción del cliente	78
2.2.3. Producción.....	80
2.2.3.1. Proceso de producción.....	80
2.2.4. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (DIAGRAMA ISHIKAWA).....	81
2.2.5. AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis).....	83
2.2.6. Análisis de Criticidad	89
2.2.6.1. Descripción de la metodología de Análisis de Criticidad	92
2.2.6.2. ¿Qué elementos se deberían tomar en cuenta para determinar la criticidad?.....	93
2.2.6.3 Pasos del análisis de criticidad.....	93
2.3. Conceptual.....	99
2.3.1. Mantenimiento Preventivo en Planta de Tubos Estructurados HDPE	99
2.3.2. Incremento de la producción	103
2.3.2.1. Rentabilidad	103
2.3.2.2. Personal	103
2.3.2.3. Gestión	104
2.4. Definición de Términos Básicos.....	104
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	108
3.1 Hipótesis.....	108
3.1.1 General.....	108

3.1.2 Específica.....	108
3.2 Definición conceptual de variables	108
3.2.1 Operacionalización de variables.....	109
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	111
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	111
4.2. Método de investigación	111
4.3. Población y muestra	111
4.3.1. Población	111
4.3.2. Muestra	112
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	112
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	112
4.6. Análisis y procesamientos de datos	112
V. RESULTADOS	113
5.1 Resultados descriptivos.....	113
5.2. Resultados Inferenciales	124
5.2.1 Hipótesis General.....	124
5.3. Otros tipos de resultados, con otros instrumentos, método estratégico, plan de mantenimiento y costos de implementación	135
5.3.1. Método de estratégicos para aplicación para el mantenimiento preventivo.....	135
5.3.2. Análisis y raíz de las causas del problema (ISHIKAWA)	136
5.3.3. AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla.....	138
5.3.4. Análisis de Criticidad	139
5.3.5. Prototipo del plan de mantenimiento	140
5.3.6. Plan de Mantenimiento Preventivo	141
5.3.7. Resultados de evaluación económica de la implementación.....	147
5.3.7.1 Evaluación económica del proyecto	147
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	151
6.1 Contrastación de hipótesis	151
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	153
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	155
VII. CONCLUSIONES	156
VIII. RECOMENDACIONES.....	157
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	158

X. ANEXOS.....	162
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	162
ANEXO 2. ENCUESTA DEL PERSONAL PARTICIPANTE DE LA PLANTA DE TUBERÍAS.....	164
ANEXO 3. “METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN”: DE ROBERTO HERNANDEZ SAMPIERI	166
ANEXO 4. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (DIAGRAMA ISHIKAWA).....	167
ANEXO 5. AMEF “Análisis de Modo y Efecto de Falla”.....	169
(FMEA – Failure Mode and Effect Analysis).....	169
ANEXO 6. ANALISIS DE CRITICIDAD	172

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla 2.1 Paradas por fallas en la planta	58
Tabla 2.2 Paradas por fallas en la planta	59
Tabla 2.3. Gastos de personal CIDELSA	60
Tabla 2.4. Gastos de servicios por tercero.....	61
Tabla 2.5. Gastos de repuestos y accesorios	61
Tabla 2.6. Gastos de personal CIDELSA	61
Tabla 2.7. Gastos de servicios por tercero.....	62
Tabla 2.8. Gastos de repuestos y accesorios	62
Tabla 2.9. Tamaños nominales, diámetro interior medio mínimo, espesores de las capas internas y longitud de campana	74
Tabla 5.1. Sexo	113
Tabla 5.2 Edad.....	113
Tabla 5.3. Cuantos años de experiencia laboral	114
Tabla 5.4 1.- ¿Conoce la disponibilidad de planta?.....	114
Tabla 5.5. 2.- ¿Conoce las previsiones ante un futuro pedido?	115
Tabla 5.6. 3.- ¿Conoce el seguimiento y control de la producción?	116
Tabla 5.7. 4.- ¿Tiene entrenamiento para la operación de la Planta de fabricación de tubos?.....	117
Tabla 5.8. 5.- ¿Conoce sobre el trabajo de calidad ejecutado al producto (tubos estructurados)?	118
Tabla 5.9. 6.- ¿Considera que la disponibilidad de repuestos principales de la planta se encuentra actualizado?.....	119

Tabla 5.10. 7.- ¿Considera usted que el almacén de la planta posee capacidad suficiente para resguardar los repuestos e insumos?	120
Tabla 5.11. 8.- ¿Considera que las cargas de trabajo de los técnicos están bien distribuidas?	121
Tabla 5.12. 9.- ¿Considera que el procesamiento de información está debidamente distribuido (O.C., necesidad de materiales, tiempos de producción, paradas, emergencias)?.....	122
Tabla 5.13. 10.- ¿Considera usted que existe una buena gestión de mantenimiento en la planta de tubos estructurados?.....	123
Tabla 5.14. Demanda de producción 2017-2018, en la planta de tubos estructurados	124
Tabla 2.15. Variables entradas / eliminadas ^a	125
Tabla 5.16. Resumen del modelo ^b	125
Tabla 5.17. ANOVA ^a	125
Tabla 5.18. Coeficientes ^a	126
Tabla 5.19. Estadística de residuos ^a	126
Tabla 5.20. Variables entradas / eliminadas ^a	128
Tabla 5.21. Resumen del modelo ^b	128
Tabla 5.22. ANOVA ^a	129
Tabla 5.23. Coeficientes	129
Tabla 5.24 Estadísticas de residuos	129
Tabla 5.25. Variables entradas / eliminadas ^a	131
Tabla 5.26. Resumen del modelo ^b	132

TABLA DE FIGURAS

Figura 2.1. Cronograma de mantenimiento.....	36
Figura 2.2. Planta de Tubos Estructurados	39
Figura 2.3. Tubos Estructurados	40
Figura 2.4. Perfil de Tubos Estructurados	41
Figura 2.5. Sistema de extrusora LSS-80	41
Figura 2.6. Batidora de tornillo	42
Figura 2.7. Sistema moldeador de núcleo de tubo rectangular	42
Figura 2.8. Sistema de calibración en vacío.....	43
Figura 2.9. Sistema de refrigeración por aspersion.....	43
Figura 2.10. Torre de enfriamiento	44
Figura 2.11. Unidad enfriadora de agua (chiller)	44
Figura 2.12. Sistema formador	45
Figura 2.13. Sistema de extrusora soldadora LSS-65.....	46
Figura 2.14. Batidora con motoreductor	46
Figura 2.15. Sistema de roscado y corte.....	47
Figura 2.16. Sistema de roscado y corte.....	47
Figura 2.17. Sistema de sustentación graduable	48
Figura 2.18. Compresora de tornillo y tanque pulmón.....	49
Figura 2.19. Tanque pulmón y secador.....	49

Figura 2.20. Sala de bombas	50
Figura 2.21. Ablandador de agua.....	50
Figura 2.22. Transformador de media tensión	51
Figura 2.23. Curva de bañera	65
Figura 2.24. Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa)	82
Figura 2.25. Tipos de AMEF / FMA 34	84
Figura 2.26. Pasos para hacer un AMEF	86
Figura 2.27. Criterio de severidad de efecto definido.....	87
Figura 2.28. Probabilidad de falla.....	87
Figura 2.29. Detección y probabilidad de la existencia de un defecto.....	88
Figura 2.30. Matriz de criticidad	92
Figura 2.31. Niveles de análisis para evaluar criticidad.....	93
Figura 2.32. Criterios para estimar la frecuencia.....	95
Figura 2.33. Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas.....	95
Figura 2.34. Categoría de los impactos.....	96
Figura 2.35. Matriz de criticidad – PEP	97
Figura 2.36. Organigrama de planta de tubos estructurados	100
Figura 2.37. Vista inicial de producción del perfil para formación de tubos HDPE	102
Figura 2.38. Vista del enrollado del perfil para formación de tubos HDPE.....	103

Figura 5.1. 1.- ¿Conoce la disponibilidad de planta?	115
Figura 5.2. 2.- ¿Conoce las previsiones ante un futuro pedido?	115
Figura 5.3. 3.- ¿Conoce el seguimiento y control de la producción?.....	116
Figura 5.4. 4.- ¿Tiene entrenamiento para la operación de la Planta de fabricación de tubos?.....	117
Figura 5.5. 5.- ¿Conoce sobre el trabajo de calidad ejecutado al producto (tubos estructurados)?	118
Figura 5.6. 6.- ¿Considera que la disponibilidad de repuestos principales de la planta se encuentra actualizado?.....	119
Figura 5.7. 7.- ¿Considera usted que el almacén de la planta posee capacidad suficiente para resguardar los repuestos e insumos?	120
Figura 5.8. 8.- ¿Considera que las cargas de trabajo de los técnicos están bien distribuidas?	121
Figura 5.9. 9.- ¿Considera que el procesamiento de información está debidamente distribuido (O.C., necesidad de materiales, tiempos de producción, paradas, emergencias)?	122
Figura 5.10. 10.- ¿Considera usted que existe una buena gestión de mantenimiento en la planta de tubos estructurados?.....	123
Figura 5.11. Estadísticas de residuos	126
Figura 5.12. Normal de regresión, residuo estandarizado.....	127
Figura 5.13. Regresión valor predicho estandarizado	127
Figura 5.14. Histograma.....	130
Figura 5.15. Grafico P-P normal de regresión Residuo estandarizado	130
Figura 5.16. Días de producción	131
Figura 5.17. Histograma.....	133

Figura 5.18. Grafico P-P normal de regresión residuo estandarizado Variable dependiente: Horas de producción año 2017	134
Figura 5.19. Diagrama de dispersión	134
Figura 5.20. Diagrama de procesos de aplicación del plan de la planta de producción de tubos estructurados de polietileno modelo LSWP-1500 Diagrama de dispersión	135
Figura 5.21. Diagrama Ishikawa.....	137
Figura 5.22. Análisis de modos de fallo integral	138
Figura 5.23. Evaluación de criticidad de los equipos.....	139
Figura 5.24. Descripción de variables y valores	140

RESUMEN

La presente tesis, titulada “Plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno, para incrementar la producción” su objetivo fue incrementar la producción en la fabricación de tubos estructurados, ya que desde la adquisición de la maquinaria a la empresa LIANSU (fabricante de máquinas chinas), hasta el término de su montaje en la planta de tubos en el año 2016, el tiempo de producción por la misma cantidad y proporción de tubos se incrementó en los años 2017 y 2018, por las continuas fallas en la maquinaria presentadas en la producción de tubos estructurados.

El estudio fue descriptivo y explicativo de método inductivo, su muestra fueron los tubos estructurados de diámetro de 900 mm y longitud 6000 mm, junto con los datos de tiempos de producción obtenidos en los años 2017 y 2018, fallas reportadas por el técnico de mantenimiento y operarios. En esta investigación se tomaron en cuenta los siguientes instrumentos:

- Encuesta al personal involucrado en la producción de tubos estructurados HDPE, para observar la problemática en el proceso de producción.
- Diagrama Causa – Efecto, para observar gráficamente las incidencias que ocasionan las pérdidas de tiempo en la producción de tubos.
- AMEF “Análisis de Modo y Efecto de Falla”, para identificar los problemas potenciales y sus posibles efectos en la producción.
- Análisis de Criticidad, para observar el impacto de la frecuencia de fallas.

Los resultados fueron obtenidos con el programa estadístico SPSS, determinándose que existe un aumento de fallas y disminución en la producción de tubos del 2017 al 2018. Por lo tanto, se demostró que es necesario un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la producción.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, planta de tubos estructurados de polietileno, incremento de la producción.

ABSTRACT

This thesis, entitled "Preventive maintenance plan in a plant of structured polyethylene pipes, to increase production" aims to increase production in the manufacture of structured pipes, since since the acquisition of the machinery to the company LIANSU (manufacturer of Chinese machines), until the end of its assembly in the tube plant in 2016, the production time by the same quantity and proportion of tubes was increased in 2017 and 2018, due to the continuous failures in the machinery presented in the production of structured tubes.

The study is descriptive and explanatory type of inductive method, its sample were structured tubes with a diameter of 900 mm and length 6000 mm, together with the data of production times obtained in 2017 and 2018, failures reported by the technician Maintenance and operators. In this investigation the following instruments were taken into account:

- Survey of personnel involved in the production of structured HDPE pipes, to observe the problems in the production process.
- Cause Diagram - Effect, to graphically observe the incidents caused by the loss of time in the production of tubes.
- AMEF "Failure Mode and Effect Analysis", to identify potential problems and their possible effects on production.
- Criticality Analysis, to observe the impact of the frequency of failures.

The results were obtained with the SPSS statistical program, determining that there is a result regarding the increase in failures and decrease in the production of tubes from 2017 to 2018. Therefore, it is demonstrated that a preventive maintenance plan is necessary to increase the production.

Keywords: Preventive maintenance, structured polyethylene pipe plant, increased production.

INTRODUCCIÓN

Comercial Industrial Delta S.A. (CIDELSA), es una empresa con más de 50 años en el mercado, dedicada a la producción industrial, comercialización de geomembranas, geotextiles y geosintéticos en general. Realiza también diseños y proyectos de Ingeniería, instalación de mallas tensionadas.

Por la demanda de tubos estructurados HDPE (Polietileno de alta densidad), se instaló una planta industrial en Lurín (sur de Lima) para la producción de tubos con diámetros internos desde 400mm hasta 1500mm, las aplicaciones se dan en los sectores minería, agroindustrial e industrias en general.

Razón de ello y a través de la empresa LIANSU (República Popular China), adquirieron una máquina de producción de tubos espirales (compuestos de varias partes, que a su vez trabajan con otros equipos), en el año 2016, siendo el modelo de esta máquina LSWP-1500.

Debido a la poca información escrita y digital sobre el mantenimiento de esta máquina, además de las frecuentes fallas dentro del poco tiempo de uso, la cual ha ido en aumento, y teniendo como efecto directo la paralización de la producción de tubos, se procedió a realizar un estudio de la capacidad productiva de la máquina para identificar las partes críticas y plantear un plan de mantenimiento preventivo a efectos de mejorar la continuidad del proceso productivo de tubos HDPE estructurados; los datos de esta investigación corresponden a los años 2017 y 2018.

Por lo tanto, se propuso a la empresa realizar un análisis del problema a mediados del 2018, la Gerencia encargada acepto, aunque indicaron que la mención de la empresa sea lo más discreto posible, para así ayudarlos a incrementar la producción a los niveles del primer año de trabajo (2017), porque se aprecia que en el segundo año (2018), aumento las paradas de producción y por ello, menor cantidad de tubos fabricados.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Una de las líneas de producción de la empresa CIDELSA, es la nueva planta de tubos, que consta de una maquinaria de producción de tubos estructurados HDPE (Polietileno de alta densidad) adquirida a la empresa fabricante de máquinas LIANSU (de la República Popular China) a principios del año 2016, conformada por ocho partes principales, las limitantes de la producción de las tubos estructurados son las fallas continuas que se suscitan en toda la maquinaria y por tanto no poder cumplir con las entregas en los tiempos establecidos.

No se cuenta con información impresa y/o en digital que el fabricante, LIANSU, haya proporcionado respecto a los procedimientos y directivas recomendadas para el mantenimiento y conservación del equipo, tampoco existen indicaciones o recomendaciones respecto a las medidas de seguridad que deben considerarse al realizar labores de mantenimiento. No se detalla el perfil del personal técnico que debe intervenir este tipo de maquinarias. En fin, es poca o casi nula la documentación técnica que se tiene archivada.

Las frecuentes fallas en la maquinaria de la planta de tubos, ocasionan continuas paradas imprevistas, debido a que no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.

Asimismo también debemos mencionar que la baja confiabilidad de algunos accesorios, componentes y requerimientos adicionales, distribuidos en toda la maquinaria de la planta de tubos, como son: rodamientos que se fragmentan en corto tiempo, así como el deterioro rápido de las válvulas, finales de carrera, resistencias, acoples, sellos, fabricados con materiales inadecuados y de baja calidad, problemas en la operación del chiller (enfriador del agua que interviene en el proceso), electrobombas, torre de enfriamiento, etc., provocan fatiga y degradación prematura debido a su inadecuada manufactura, lo que redundo en una incorrecta fabricación de tubos estructurados.

Suficiente que falle una de las partes de los 8 sistemas y/o algunos componentes críticos de la planta productora de tuberías estructuradas, para que el proceso productivo se detenga.

Los sistemas en mención son:

1. Sistema de extrusora LSS-80.- Maquinaria al que se le ingresa insumos para la fabricación del perfil de polietileno.

2. Sistema moldeador de núcleo de tubo rectangular.- Maquinaria que uniformiza el perfil a la salida de la extrusora.

3. Sistema de calibración en vacío.- Maquinaria donde termina la uniformidad del perfil e inicia el proceso de enfriamiento.

4. Sistema de refrigeración por aspersión.- Maquinaria dentro del cual se termina de enfriar el perfil.

5. Sistema formador (enrolladora de perfil).- Maquinaria en el que el perfil toma la forma circular a través del enrollamiento.

6. Sistema de extrusora soldadora LSS-65.- Maquinaria que une los perfiles enrollados entre sí, formando el tubo.

7. Sistema de roscado y corte.- Maquinaria que realiza corte al tubo a medida y roscado de los bordes en algunos casos.

8. Sistema de sustentación graduable.- Maquinaria que recibe el tubo a la salida del corte.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno incrementará la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril – diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018?

1.2.2. Problemas específicos

¿En qué medida la propuesta del plan de mantenimiento preventivo influye en los días de producción de una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018?

¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo influye en las horas de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018?

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno para incrementar la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril – Diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar como la propuesta del plan de mantenimiento preventivo influirá en los días de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

Determinar en qué medida la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo influirá en las horas de producción de una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - Diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Limitante teórica

La tesis se desarrolló en base al mantenimiento preventivo, lo cual el control de la investigación estuvo limitada a los parámetros de máquina, en la instalación, en las condiciones del funcionamiento y en la determinación de los tiempos e intervalos que se realizó el mantenimiento preventivo.

1.4.2. Limitante temporal

Los tiempos de análisis tomados en consideración fueron en los años 2017 y 2018, donde se apreciaron los cambios de producción en el tiempo, al no realizarse mantenimiento a la máquina de tubos.

1.4.3. Limitante espacial

El lugar de la investigación, donde se tomó los datos y las observaciones del trabajo, fue la planta de tubos estructurados, que está ubicado en Lurín.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Mencionaremos una serie de tesis que indirectamente tienen relación con el presente trabajo de investigación, los cuales constituyen los antecedentes de estudios generales del mantenimiento de planta, respecto a la fabricación de tubos y calidad del producto que intervienen en la realización del plan de mantenimiento preventivo de la planta de tubos estructurados y al mismo tiempo aumentar su confiabilidad.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tolentino García, Karen Itzel (2015), la “Propagación Rápida de Falla en Tuberías Plásticas”. Tesis (Master en Ingeniería). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Ingeniería Civil – Hidráulica.

El 77% de la población nacional se concentra en las regiones donde se cuenta solo con el 31% del recurso natural medio (Comisión Nacional del Agua, 2011). De ahí la importancia de tomar conciencia del uso y la conservación del agua, así como de los esfuerzos que se realizan para que llegue a nuestros hogares. En la actualidad, los diferentes servicios y productos en materia hídrica tienen que ser mejor administrados. Un uso eficiente del agua implica el uso de mejores sistemas de extracción, conducción y almacenamiento de agua; además del cambio de la manera de pensar de los usuarios del recurso. Este trabajo tuvo como objetivo analizar las condiciones de falla ocasionadas por transitorios hidráulicos partiendo de la hipótesis de que éstas fueron generadas a partir del cierre de válvulas de seccionamiento ubicadas a lo largo el acueducto Conejos – Médanos en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Esta tesis analizó la situación crítica del agua, exponiendo la mala administración de este recurso y la disminución de la disponibilidad que se nota

año tras año. Este panorama no solo es notorio en la ciudad materia del estudio dentro de México, también ocurre en nuestro país. Consideramos al igual que el autor, que la fabricación de tubos debe pasar un estricto control de calidad, procesos bien definidos que reduzcan la posibilidad de falla. Si bien es importante la correcta producción de tubos, es aún más importante considerar que las máquinas que forman parte de la producción de tubos cuenten con un debido plan de mantenimiento preventivo.

Muncharaz, Alejandro Oliver (2010), el “Planteamiento para la Optimización del Mantenimiento Preventivo en una Instalación Industrial”. Tesis (Master en Ingeniería del Mantenimiento). Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.

El objetivo de este Trabajo Final de Master fue el Planteamiento y Desarrollo de unas directrices para la consecución de unos objetivos en el Mantenimiento de una instalación industrial en funcionamiento, a partir de las observaciones efectuadas en los protocolos y actuaciones diarias del responsable de mantenimiento, y recopilación y posterior análisis de la documentación encontrada en la empresa, y dentro de un contexto de optimización del plan vigente de mantenimiento como vía para la mejora de la eficiencia de la explotación de dicha instalación. Se analizó la ineficiencia del programa de Mantenimiento actual, siendo escaso o nulo en la gran mayoría de equipos el Preventivo, y habiendo constatado la altísima proporción de tareas de Mantenimiento Correctivo y algo de Modificativo. Se procedió a evaluar y proponer un Programa de Mantenimiento Preventivo, actualizando los formatos existentes de registro de operaciones sobre las máquinas. Esto se consiguió estudiando la información existente de las máquinas, manuales técnicos consultados y otras consultas a servicios técnicos de los fabricantes de los equipos, tabulando las gamas de mantenimiento preventivo a realizar por equipo y periodicidad de las mismas.

Además, se elaboró y trabajó con una pequeña aplicación en MS Access, para gestionar, a modo de GMAQ, la introducción de máquinas, gestión de

repuestos de cada una de ellas y actuaciones sobre las máquinas en concepto de Mantenimiento.

Esta tesis detalló el trabajo que se desarrolló para la optimización de un plan de mantenimiento existente. El autor analizó todo el conjunto de ineficiencias que se aplicaron en el plan de mantenimiento existente y luego de revisar la información se procedió a proponer un nuevo plan. El aporte que se sacó hacia la actual tesis, es la búsqueda de información técnica operativa que ayude a establecer que hace que la producción se interrumpa constantemente. Para este estudio la situación fue aún más compleja porque no existe un plan de mantenimiento preventivo que optimizar, sino crear uno que a la larga pueda ayudar a mejorar la producción en base a la reducción de paradas inesperadas por falta de mantenimiento preventivo.

Lagos Ruiz, Cristian Leonel (2008), el “Proyecto Planta Recicladora de Pet”. Tesis (Magister en Gestión y Dirección de Empresas). Santiago de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial.

Actualmente en Iquique no existen actividades de reciclaje en forma masiva, ni mucho menos estas actividades transformadas en negocios rentables en el largo plazo. Frente a esta situación se detectó que, dentro de la gama de desechos susceptibles de reciclar, el PET presentó cualidades sobresalientes al resto. El estudio fue una respuesta al planteamiento anterior, por lo que fue necesario evaluar la factibilidad del proyecto, instalación y puesta en marcha de planta recicladora de plástico PET (Tereftalato de Polietileno), aplicando el modelo de las cinco fuerzas de Porter. Se diagnosticó la situación actual del reciclaje en Iquique, gestionando un mayor flujo de insumos para la planta desde otras ciudades con mayor potencial de generación de RSD (Residuos Sólidos Domiciliarios). La recolección de la información, se hizo a través de visitas a vertederos, entrevistas a pequeños recolectores e información del manejo de los RSD de Iquique incorporando algunas experiencias aplicadas en Santiago. Los resultados del diagnóstico

determinaron la necesidad de gestionar un mayor flujo de insumo desde otras ciudades, siendo las más posibles las ciudades de La Paz, Santa Cruz y Cochabamba, aprovechando condiciones muy favorables de logística ya existente de transporte terrestre entre estas ciudades e Iquique. Con este solo hecho se aseguró un flujo de al menos 150 toneladas mensuales para la planta. Este estudio comprobó que una actividad de reciclaje de los RSD, específicamente PET, y la instalación de una planta recicladora de este producto, obtiene beneficios económicos atractivos para un inversionista, que pueden ser sustentables en el largo plazo, generando además puestos de trabajo, en la recolección del insumo y en la operación de la planta.

La idea de crear una planta recicladora de PET, interiorizar la idea del reciclaje, buscar información en vertederos, entrevistas a pequeños recolectores, etc. Ayudó a establecer las directivas para el plan de mantenimiento preventivo que se sugieren.

Para el caso de la presente tesis, la información principal obtenida y que sirvió de base para establecer los resultados, es la entrevista al operador principal de las máquinas, esta es la relación que se tiene y que se rescata de la tesis Proyecto Planta recicladora PET.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Claire Robles, Vicente. Corahua Quispe, Alex. Ventocilla Carhuamaca, Elmer. Vinelli Ramirez, Luis Miguel (2017), el “Diagnóstico Operativo Empresarial de la Empresa de Plásticos Perú Alfa”. Tesis (Magíster en Dirección de Operaciones Productivas). Surco. Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Posgrado, Centrum.

En el desarrollo de este estudio se realizó el diagnóstico operativo empresarial de la Empresa de Plásticos Perú Alfa S.R.L con el objetivo de analizar sus alcances operacionales y de productividad; buscando oportunidades de optimización, eficiencia y sostenibilidad para la Empresa. Para ello, uno de los enfoques de gran importancia resultó ser el análisis de los

procesos que permitieron la transformación de insumos a productos finales, con los requerimientos de los clientes. El trabajo realizado a Plásticos Perú Alfa S.R.L (EPPA), ubicado en Lima Perú, se centró en el proceso de producción de empaques flexibles trilaminados, con una producción de 279.76 Tn en el año 2016 y un volumen de ventas de S/ 8.03 millones en dicho producto. La tesis constó de 15 capítulos, de los cuales, en los primeros siete se describieron la información más relevante respecto a las características organizacionales y operativas de la empresa, así también se desarrolló y analizó su planta, y sus procesos de producción. En la segunda mitad de la tesis se desarrolló la planificación de la producción, la gestión de logística, la gestión de costos, la gestión de calidad, la gestión de mantenimiento y la gestión de la cadena de suministros. Todas las mejoras propuestas que se lograron desarrollar están enfocadas en la misión y visión de la empresa. Dichas mejoras permitieron incrementar la eficiencia operativa de EPPA mediante balances de línea, cambios en la configuración de la disposición de planta, mejora en la administración de inventarios y procesos que permitieron un impacto significativo positivo en la reducción de los costos operativos. Con las mejoras propuestas se generaron beneficios por S/ 12.38, con un costo ascendente a S/ 7.73 millones y un beneficio neto de S/ 5.42 millones.

Tener claro y entender el enfoque del análisis de los procesos es clave para determinar toda intervención por muy importante que ésta pueda ser en la empresa.

Se consideró a partir de esta tesis para el estudio presente, las características organizacionales y operativas de la empresa. Se cree que el mantenimiento es parte de una gestión y como tal enlazada a otras gestiones (costos, logística, comunicación, alcances, etc.).

Es importante la parte operativa si éstas se encontraron alineadas a los objetivos de la empresa. Por ello, para que la operación no se interrumpa, el plan de mantenimiento propuesto debe considerar la realidad y convergencia de todos los procesos involucrados en el proceso productivo.

Hualla Palo, Rody Nelson. Cárdenas Álvarez, Carlos (2017), la “Mejora de Procesos en las Áreas de Mezclado y Molienda de una Empresa Manufacturera de Tubosistemas PVC y PEAD Aplicando Herramientas de Calidad y Lean Manufacturing”. Tesis (Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Operaciones). San Miguel. Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Posgrado.

La presente tesis se orientó a aplicar herramientas Lean en una empresa dedicada a la fabricación de tubosistemas que tiene como mercado el sector construcción, sector económico que ha tenido un gran desarrollo en los últimos años en nuestro país. Al iniciar el estudio La empresa presentó problemas en la utilización del scrap en los compuestos, su uso no estandarizado trajo como consecuencia altos inventarios de scrap (material rechazado, productos no conformes). Se desarrolló un análisis de la situación actual de la empresa y se detectaron los principales problemas, una vez seleccionados se aplicó las herramientas lean: 5S, SMED, TPM y Benchmarking, estas herramientas fueron adaptadas a la realidad de la empresa a fin de mejorar y optimizar los procesos de mezclado compuestos y molienda scrap y de reducir el inventario de scrap mediante el incremento de su consumo y la reducción de su generación. Como resultado de la implementación de las 5s, disminuyeron los tiempos de tránsito y tiempos muertos, además la estandarización de actividades y se redujeron los casos de contaminación compuesto, a la par generó un cambio de cultura en los colaboradores. Con el SMED se redujeron los tiempos de abastecimiento a los equipos de molienda, permitiendo incrementar las horas de trabajo efectivo. La aplicación del TPM también incrementó las horas de trabajo efectivo en el área debido a la reducción de paros de mantenimiento, el mantenimiento autónomo dio herramientas para ejecutar un mantenimiento preventivo por parte del propio personal del área. La implementación del benchmarking con empresas de otros países que forman parte del mismo grupo empresarial de la empresa de estudio, mejoró fórmulas de compuesto, se implementó nuevos procedimientos para el uso de equipos incrementando sus rendimientos y vida útil. La aplicación de las herramientas Lean permitió la estandarización de actividades, incrementó rendimientos,

redujo tiempos muertos trayendo como consecuencia la reducción del inventario de scrap de 323 toneladas en agosto del 2013 a 52 toneladas en julio del 2015, además disminuyó la generación de scrap de 9% en agosto del 2013 a 5.7% en julio del 2015. Económicamente se justificó el proyecto debido a que se obtuvo un ratio VPN de 379,849 dólares, TIR 40% y un ratio costo beneficio de 1.77.

El autor, a través de su investigación y análisis, dio las pautas para interpretar y aplicar las diversas herramientas de gestión que intervienen en un proceso de estandarización de actividades, reducción de tiempos muertos y otros. En este caso sirvió para tener un mayor panorama de la mejora de los procesos. Si bien no tiene que ver directamente con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en una planta de fabricación de tubos, que estamos sugiriendo, sí ha sido importante considerarla como una fuente para entender la gestión involucrada en todo proceso productivo y como es que el área de mantenimiento debió involucrarse, dentro de sus alcances, en todas las actividades de la empresa. Más aún si el enfoque apunta a que el plan que se sugirió debe incrementar la producción.

Muñoz Pinzón, Sergio Antonio (2014), la “Soldadura por Fricción Batido de Tuberías de Polietileno para Gas Natural”. Tesis (Magíster en Ingeniería de Soldadura). Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Posgrado.

En este documento se presentó un método para unir mediante FSW tuberías plásticas de polietileno para gas natural, las propiedades mecánicas de la unión se evaluaron mediante ensayos de resistencia a la tracción, se estudiaron además las superficies de fractura y se analizó la microestructura de las uniones soldadas.

Una de las mayores y crecientes aplicaciones de las tuberías de polietileno fue la entrega de gas natural. Actualmente, un cuarto de todas las tuberías de polietileno se utilizó en esta aplicación. Es utilizado en transporte

(grandes distancias, alta presión) y distribución (local, baja presión, típicamente diámetros inferiores a 4 pulgadas). Una parte integral de cualquier sistema de tuberías es el método usado para unir los componentes del sistema. La soldadura por fricción batido, FSW, es un método desarrollado por The Welding Institute (TWI, Cambridge) y patentado en 1992, consiste en un macho que se mueve cíclicamente calentando el material a su alrededor plastificándolo y luego al solidificar une las piezas. Aunque es exitosa la aplicación de FSW convencional en metales, especialmente aleaciones de aluminio, en plásticos presenta estos problemas: Dificultad para retener el material en la línea de unión generando cavidades en la unión soldada; baja velocidad de soldadura; dificultad para generar un mezclado uniforme del polímero; una superficie poco uniforme en la cara de la soldadura. En Brigham Young University se investigó el uso de la soldadura por fricción batido en plásticos utilizando una zapata caliente, y se hizo una caracterización de la microestructura resultado del proceso de soldadura. Arici y otros estudiaron el efecto de soldadura en dos pases para eliminar los defectos en la raíz observados hasta entonces. Recientemente en el 2013 se estudió el uso de un nuevo diseño de herramienta para la soldadura de polímeros auto-reactiva. En este estudio se analizó la factibilidad de usar el método de soldadura por fricción batido en tuberías de polietileno con base en sus propiedades mecánicas y su microestructura.

La información en cuanto a la técnica para unir a través de soldadura por fricción batido, tuberías de polietileno, además de otras, forma parte de toda fuente técnica documentada que se ha buscado para generar una base de datos técnicos que ayuden a conocer más las etapas en el proceso de fabricación de tubos de polietileno.

La tesis investigada ayudó a ampliar el conocimiento en cuanto a entender los diversos métodos para unión de tubos de polietileno. Según sea la aplicación y uso.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento Industrial

Según Castillo (2014), el mantenimiento industrial es uno de los ejes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la cantidad y calidad de la producción; El mismo que ha estado sujeto a diferentes cambios al paso del tiempo; en la actualidad el mantenimiento se ve como una inversión que ayuda a mejorar y mantener la calidad en la producción.

"Si no sabéis a donde vais, probablemente acabaréis en otra parte" Lawrence J. Peter.

2.2.1.1 Generalidades

a) Introducción

El mantenimiento se define como un conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial, para que proporcione mejor rendimiento en el mayor tiempo posible.

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las maquinas; con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla en esta etapa se tiene ya personal dedicado a estudiar en qué período se produce las fallas con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías.

Actualmente el mantenimiento busca aumentar y confiabilizar la producción; aparece el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, la gestión de mantenimiento asistido por computador y el mantenimiento basado en la confiabilidad.

De los párrafos anteriores se distingue claramente los objetivos del mantenimiento sin embargo contrastamos con el siguiente párrafo:

“Los objetivos del mantenimiento los podemos resumir en:

1. Garantizar el funcionamiento regular de las instalaciones y servicios.
2. Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos que forman parte de las instalaciones.
3. Conseguir ambos objetivos a un costo razonable"

La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continua, la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio a los clientes, mediante prácticas innovadoras, económicas y seguras.

b) Conceptos básicos

Aclaremos algunas de las terminologías que vamos a utilizar en el transcurso del análisis del mantenimiento:

- a. Mantener. Conjunto de acciones para que las instalaciones y máquinas de una industria funcionen adecuadamente.
- b. Producción. Es un proceso mediante el cual se genera utilidades a la industria.
- c. Falla o avería. Daño que impide el buen funcionamiento de la maquinaria o equipo.
- d. Defecto. Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento.
- e. Confiabilidad. Buena funcionalidad de la maquinaria y equipo dentro de una industria en definitiva el grado de confianza que proporcione una planta
- f. Disponibilidad. Porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de una maquina o equipo por ente de toda la industria es decir producción óptima.

- g. Entrenamiento. Preparar o adiestrar al personal del equipo de mantenimiento, para que sea capaz de actuar eficientemente en las actividades de mantenimiento.
- h. Seguridad. Asegurar el equipo y personal para el buen funcionamiento de la planta, para prevenir condiciones que afecten a la persona o la industria.
- i. Prevención. Preparación o disposición que se hace con anticipación ante un riesgo de falla o avería de una máquina o equipo.
- j. Diagnóstico. Dar a conocer las causas de un evento ocurrido en el equipo o máquina o evaluar su situación y su desempeño.
- k. Reparación. Solución de una falla o avería para que la maquinaria o equipo este en estado operativo.
- l. Mejorar. Pasar de un estado a otro que de mayor desempeño de la máquina o equipo.
- m. Planificar. Trazar un plan o proyecto de las actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo.

c) Mantenimiento

Mantenimiento son todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones.

El mantenimiento está basado en los principios como: Respeto para todos los empleados y funcionarios, buen liderazgo, trabajo en equipo compartiendo responsabilidades, compromiso con la seguridad y medio ambiente, propiciar ambiente de responsabilidad donde se desarrolle conocimientos y habilidades.

d) Finalidad del mantenimiento.

La finalidad del mantenimiento es mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad.

"El mantenimiento incide, por lo tanto, en la calidad y cantidad de la producción."

En consecuencia la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones.

e) Objetivos del mantenimiento.

1. Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
2. Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
3. Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
4. Maximizar la productividad y eficiencia.

Son los objetivos probables dentro de una industria, estos estarían garantizando la disponibilidad de equipo y las instalaciones con una alta confiabilidad de la misma y con el menor costo posible.

f) Cantidad de mantenimiento.

En este espacio analizamos la cantidad de mantenimiento que se debe realizar en una industria.

- a. La cantidad está en función del nivel mínimo permitido de las propiedades del equipo definidas por el fabricante.

b. El tiempo de uso o de funcionamiento durante el cual equipo está en marcha y se determina que sus propiedades de funcionamiento bajan.

c. Forma en que los equipos están sometidos a tensiones, cargas, desgaste, corrosión, etc. Que causan pérdida de las propiedades de los mismos.

"Resumiendo, la cantidad de mantenimiento está relacionada con el uso de los equipos en el tiempo, por la carga y el manejo de los mismos."

El mantenimiento no debe verse como un costo si no como una inversión ya que está ligado directamente a la producción, disponibilidad, calidad y eficiencia; El personal de mantenimiento debe estar perfectamente entrenado y motivado para llevar a cabo la tarea de mantenimiento; Se debe tener presente la construcción, diseño y modificaciones de la planta industrial como también debe tener a mano la información del equipo, herramienta insumos necesarios para el mantenimiento.

El mantenimiento requiere planeación, calidad, productividad, trabajo en equipo, para reducir costos y pérdidas.

2.2.1.2 Tipos de mantenimientos

a) Correctivo

Comprende el mantenimiento que se lleva con el fin de corregir los defectos que se han presentado en el equipo. Se clasifica en:

No planificado. Es el mantenimiento de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Planificado. Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente

b) Predictivo

Este mantenimiento está basado en la inspección para determinar el estado y operatividad de los equipos, mediante el conocimiento de valores de variables que ayudan a descubrir el estado de operatividad; esto se realiza en intervalos regulares para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas.

Para este mantenimiento es necesario identificar las variables físicas (temperatura, presión, vibración, etc.) cuyas variaciones están apareciendo y pueden causar daño al equipo. Es el mantenimiento más técnico y avanzado que requiere de conocimientos analíticos y técnicos y necesita de equipos sofisticados.

c) Preventivo

Es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, y mantener en un nivel determinado a los equipos, se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico, por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo; se basa en la confiabilidad de los equipos.

Los tipos de mantenimiento analizados son los principales; en la aplicación de estos mantenimientos a los equipos apreciamos que se requiere de una mezcla de ellos, es por esto que hablaremos en los párrafos siguientes de los modelos de mantenimiento que son aplicables a cada uno de los equipos.

Según Garrido Santiago se dividen en cuatro modelos posibles de mantenimiento:

"Pueden identificarse claramente 4 de estas mezclas, completadas con otros dos tipos de tareas adicionales. Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica.

Además, todos ellos incluyen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación".

1) Modelo correctivo

Es un modelo en donde se realiza la reparación de averías y además se incluye una inspección visual y lubricación.

2) Modelo condicional

Modelo de mantenimiento en donde además de las actividades anteriores incluye una serie de pruebas y ensayos que condicionan la actuación a futuro del equipo. Es aplicado a equipos cuya probabilidad de falla es baja.

3) Modelo sistemático

En este modelo se realizan una serie de tareas sin importar las condiciones del equipo, realizamos una serie de pruebas y ensayos para planificar tareas de mayor importancia, se aplica este modelo a equipos que deben tener tareas constantes de mantenimiento que pueden ser planificadas en el tiempo; sin importar el tiempo que lleve funcionando el equipo.

4) Modelo de alta disponibilidad.

Este modelo de mantenimiento incluye el modelo condicional y sistemático, e incluye paradas en periodos largos de tiempo, puede ser anual y en esta parada realizar todas las correcciones, modificaciones, reparaciones que pudieron presentarse a lo largo del periodo operativo.

"En general todo modelo debe poseer las características:

- Metas claras y precisas
- Incluir a toda la organización con su respectivo personal como gestores del proceso de mantenimiento.
- Enfoque a los ejes funcionales de la empresa
- Considerar al proceso de mantenimiento dentro de todas las fases de la empresa y no solo al de operación.

- Orientado a evolución y a la mejora continua
- Incluir aplicaciones sistemáticas y de prioridad para optimizar planes de mantenimiento y asegurar confiabilidad."

2.2.1.3 Planeación del mantenimiento

La planeación del mantenimiento nos permite programar los proyectos a mediano y largo plazo de las acciones de mantenimiento que dan la dirección a la industria.

Muchos son los beneficios alcanzados al llevar un programa establecido de modelos de mantenimiento, programación y control del área de mantenimiento, cito algunos:

- "Menor consumo de horas hombre
- Disminución de inventarios
- Menor tiempo de parada de equipos
- Mejora el clima laboral en el personal de mantenimiento
- Mejora la productividad (Eficiencia x Eficacia)
- Ahorro en costos"

La confiabilidad de la industria dependerá de la planeación que se realice con un enfoque de eficiente "Si usted no sabe a dónde va, posiblemente terminara en otro lugar" Lawrence J. Peter

a) Principios

La planeación del mantenimiento está centrada en la producción, el trabajo es para limitar, evitar y corregir fallas.

La planeación centrada en los procesos, todo mantenimiento debe seguir un proceso preestablecido y planificado según el manual de mantenimiento de la empresa.

El mejoramiento continuo, la planificación ayuda a evaluar y mejorar la ejecución del mantenimiento y la producción en la industria.

b) ¿Qué es planear?

Es trazar un proyecto que contengan los puntos siguientes:

- El **Que**: Alcance del trabajo o proyecto. En este punto se plantea una lista de órdenes de trabajo a efectuarse, incluyendo solo las necesarias
- El **Como**: Procedimientos, normas, procesos. Forma a efectuar el trabajo, incluye documentación técnica, procedimientos y maniobras.
- Los **Recursos**: Humanos horas hombre necesario según especialidades, equipos, herramientas, materiales, etc.
- La **Duración**: Tiempo del proyecto o trabajo.

Todo tipo de trabajo de mantenimiento debe ser evaluado y documentado llevando una descripción de los procesos que sigue el equipo, esto se verá en el siguiente capítulo.

c) Cronograma.

Es una programación específica de las actividades de mantenimiento en el tiempo. Se puede trazar cronogramas a mediano y largo plazo, proyectando una visión para el desarrollo de la industria en forma efectiva.

El siguiente gráfico es un ejemplo de un cronograma de mantenimiento:

Cronograma de un Mantenimiento Anual

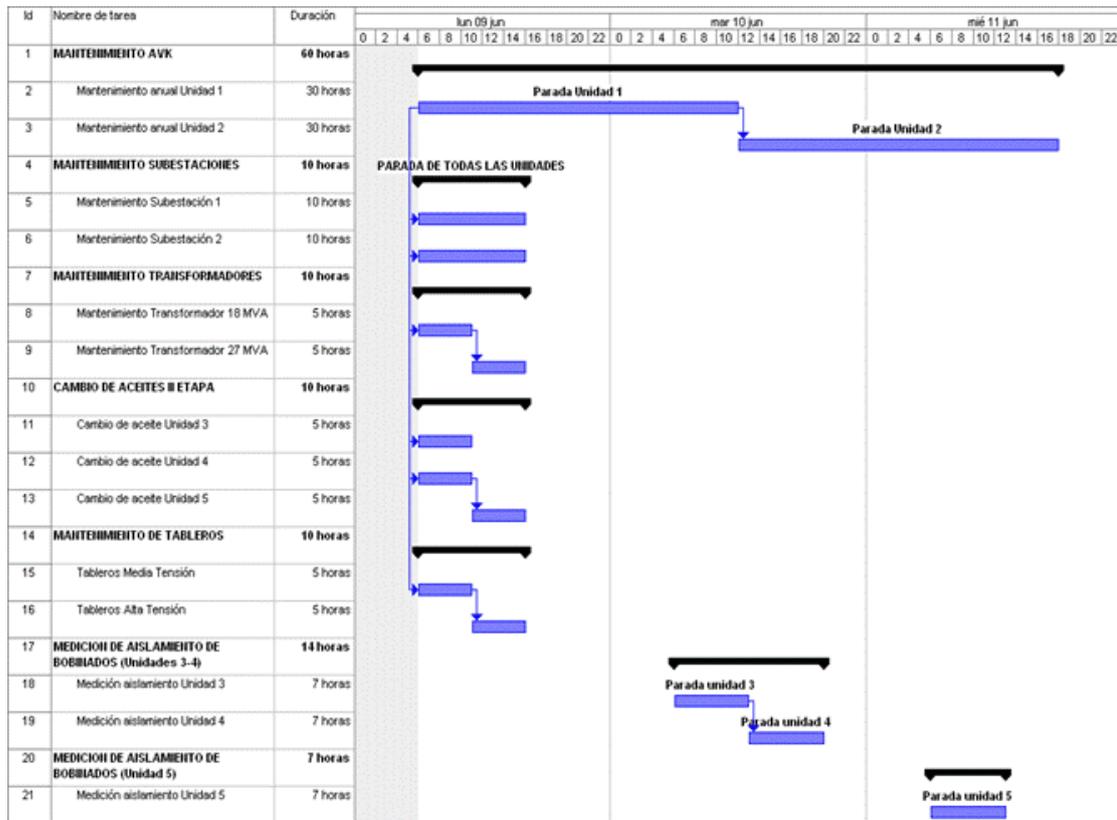


Figura 2.1. Cronograma de mantenimiento.

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos101/el-mantenimiento-industrial/el-mantenimiento-industrial.shtml>

2.2.2. Mantenimiento preventivo

Según Pascual (2008), señala que el tipo de mantenimiento centrado en el tiempo de operación de los equipos, a menudo son intervenciones programadas con el propósito de prever posibles averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener el equipo en completa operación, a los niveles y eficiencia óptimos.

Para Pinto (2002), señalo que toda avería tiene carácter estocástico, es bastante improbable que las labores de mantenimiento preventivo realicen la sustitución de los elementos justo antes de que ésta se produzca, causando de este modo un evidente desaprovechamiento de la reserva de uso de los

equipos. En cualquier caso, es evidente que, para la planificación de actividades del mantenimiento preventivo, es necesaria una correcta aplicación de criterios estadísticos para determinar los tiempos óptimos de intervención, ya que si estos no son los adecuados podrían generarse importantes pérdidas.

El mantenimiento preventivo habitualmente comprende una serie de actividades características:

- Limpieza y revisiones periódicas
- Conservación de equipos y protección contra los agentes ambientales
- Control de la Lubricación
- Reparación y recambio de los puntos del sistema identificados como puntos débiles.
- Reparación y recambios planificados.
- Métodos para la prevención de fallas.

Según Sierra (2004), la pregunta más crítica en el mantenimiento preventivo es: ¿Qué tareas deben realizarse para impedir una falla? Obviamente, si entendemos el mecanismo de la falla real del equipo, podemos decidir qué tareas son lógicas para impedir la falla y cuáles no son pertinentes.

Si el mecanismo dominante de falla se basa en el tiempo o se debe al desgaste, es decir, si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo.

2.2.2.1 Beneficios del mantenimiento

Los beneficios que conlleva tener un plan de mantenimiento preventivo son muy grandes. Éstos permiten detectar fallos repetitivos, disminuir los lapsos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir los costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen

acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

a) Ventajas:

- Si hace correctamente, exige un conocimiento de máquinas e instalaciones.
- El cuidado periódico con lleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y mejora continua.
- La reducción del correctivo representará una reducción de costos de mantenimiento.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar la paralización de las instalaciones de producción.

b) Desventajas

- Representa una inversión inicial de infraestructura y mano de obra.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

c) Características

- Se lleva a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla un procedimiento a seguir.
- Cuenta con una fecha programada, es decir, con un inicio y un final.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente.

2.2.2.2 Máquina Modelo LSWP-1500 LIANSU

La máquina LSWP – 1500, fabricada por la empresa LIANSU (República Popular China), máquina electromecánica, posee un PLC (control lógico programable), operado a través de un sistema automatizado de control centralizado. Cuyo fin es la producción de tubos estructurados de polietileno de alta densidad.

Es en realidad una línea de extrusión de tubería de bobinado, quiere decir que extruye un perfil cuadrado y luego es enrollado y soldado las espirales entre sí, para formar un tubo estructurado de mayor diámetro y resistencia, se desarrolla con la introducción de la tecnología avanzada de Corea. Puede generar grandes ganancias con una baja inversión. Tiene muchas ventajas: gran rendimiento, alta velocidad y eficiencia.



Figura 2.2 Planta de Tubos Estructurados.

Fuente: Elaboración propia

Polietileno de alta densidad: Es un polímero del grupo de los polímeros olefínicos (como el polipropileno). Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como “HDPE” por sus siglas en

inglés HIGH DENSITY POLYETHYLENE o también se designa por PEAD para designar al polietileno de alta densidad.

Por la demanda de tubos estructurados HDPE (Polietileno de alta densidad), su primer diseño de esta máquina fue modificado de fabricación de diámetros de 700 mm a 1500 mm a diámetros de 400 mm a 1500 mm.



Figura 2. 3. Tubos Estructurados.

Fuente: Autor: Cidelsa, brochure: Tubería estructurada HDPE, año 2018.

Esta máquina puede trabajar con material prima de polietileno (PE) y polipropileno (PP), utiliza dos extrusoras a la vez, tiene una potencia total de 355 kW y puede hacer diámetros de tuberías estructuradas de: 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500 mm.

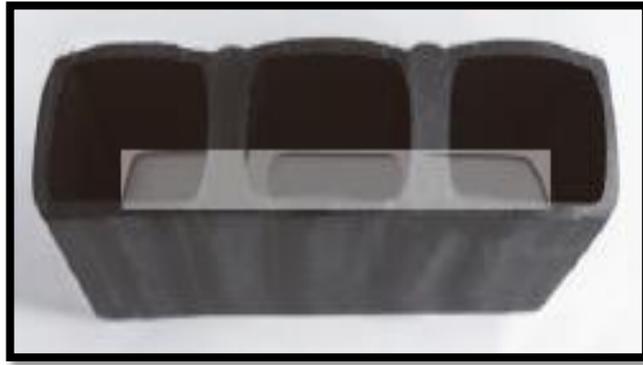


Figura 2.4. Perfil de Tubos Estructurados.

Fuente: Autor: Cidelsa, brochure: Tubería estructurada HDPE, año 2018.

Esta máquina que viene a ser la planta productora de tubos estructurados está compuesta de 8 sistemas, los cuales son:

1. **Sistema de extrusora LSS-80.**- Equipo por donde ingresa el material (Polietileno de alta densidad HDPE) para ser transformado en perfil rectangular a una temperatura de 190 - 200° C, posee resistencias eléctricas, válvulas, transmisión de cadena, rodamiento, termocuplas y retenes.



Figura 2.5. Sistema de extrusora LSS-80.

Fuente: Elaboración propia

- 1.1. Batidora de tornillo:** Máquina complementaria que trabaja batiendo y alimentando el sistema de extrusora LSS-80



Figura 2.6. Batidora de tornillo.

Fuente: Elaboración propia

- 2. Sistema moldeador de núcleo de tubo rectangular** (cabezal a la salida de la extrusora).- Equipo por donde se inicia la formación del perfil de tubo rectangular de polietileno, consta de cabezales y resistencias eléctricas.



Figura 2.7. Sistema moldeador de núcleo de tubo rectangular

Fuente: Elaboración propia

- 3. Sistema de calibración en vacío.** - Es la unidad donde se uniformiza el perfil rectangular y a la vez comienza su enfriamiento, posee placas que uniformizan el perfil, tiene bomba de agua, dispersores y variedad de válvulas para el flujo de agua.



Figura 2.8: Sistema de calibración en vacío

Fuente: Elaboración propia

- 4. Sistema de refrigeración por aspersión.** - Equipo cuya función es enfriar el perfil rectangular producido por la extrusora, hasta una temperatura de 40 °C, posee bomba de agua y variedad de válvulas para el flujo de agua.



Figura 2.9: Sistema de refrigeración por aspersión

Fuente: Elaboración propia

4.1. Torre de enfriamiento. - (Máquina complementaría que trabaja enfriando el agua lentamente, que requiere el sistema de refrigeración por aspersión, para diámetros menores a 600 mm).



Figura 2.10: Torre de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

4.2. Unidad enfriadora de agua (Chiller). - Máquina complementaría que trabaja enfriando el agua rápidamente, que requiere el sistema de refrigeración por aspersión, para diámetros mayores o iguales a 600 mm.



Figura 2.11. Unidad enfriadora de agua (Chiller).

Fuente: Elaboración propia

- 5. Sistema formador (enrolladora de perfil).** - Equipo que enrolla el perfil rectangular, formando un tubo espiralado, posee rodamientos, retenes y válvulas entre sus principales componentes.



Figura 2.12: Sistema formador

Fuente. Elaboración propia

- 6. Sistema de extrusora soldadora LSS-65.-** Equipo que aporta material puro a 190° entre las paredes del perfil que se enrolla, para unir el espiralado entre sí y formar el tubo, posee resistencias eléctricas, válvulas, transmisión de cadena, rodamiento, termocuplas y retenes.



Figura 2.13. Sistema de extrusora soldadora LSS-65.

Fuente: Elaboración propia

6.1 Batidora con motoreductor.- Máquina complementaría que trabaja batiendo y alimentando el sistema de extrusora LSS-65.



Figura 2.14. Batidora con motoreductor.

Fuente: Elaboración propia

7. Sistema de roscado y corte. - Compuesto principalmente por un equipo que se encarga de cortar el tubo a las distancias indicadas, así como generar roscas en los extremos, tanto exterior como interior, para luego

unirse entre sí, posee transmisiones, variedad de válvulas de aire y finales de carrera.



Figura 2.15. Sistema de roscado y corte.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.16. Sistema de roscado y corte

Fuente: Elaboración propia

8. Sistema de sustentación graduable. - Posee principalmente un equipo que recibe el producto terminado, para luego ser almacenado, posee chumacera y sensor infrarrojo para determinar la longitud de corte de la tubería.



Figura 2.17. Sistema de sustentación graduable.

Fuente: Elaboración propia

EQUIPOS COMPLEMENTARIOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS.

a.- Compresora de tornillo, tanque pulmón y secador. - De marca KAESER, modelo SM 10, puede alcanzar una presión de 125 psi, caudal de 42 pcm y potencia del motor de 10 HP, trabaja junto a un tanque pulmón de 500 litros y un secador de sobrepresión de hasta 232 psi, alimenta a todo el sistema en diferentes etapas del proceso de fabricación de tubos estructurados.



Figura 2.18. Compresora de tornillo y tanque pulmón.
Fuente: Elaboración propia



Figura 2.19. Tanque pulmón y secador
Fuente: Elaboración propia

b.- Sala de bombas. - Posee dos bombas 5 HP para la torre de enfriamiento y Chiller, y dos bombas de 15 HP para alimentación de la planta en el proceso de producción de tubos estructurados.



Figura 2.20. Sala de bombas.

Fuente: Elaboración propia

c.- Ablandador de agua. - De 1.5 pies cúbicos (7.5 gpm), para evitar sarro en las tuberías.



Figura 2.21. Ablandador de agua.

Fuente: Elaboración propia

d.- Transformador de media tensión, Tablero eléctrico. - Ingresa 10 kV y potencia contratada 600 kW, para producir 440 V y 220 V.



Figura 2.22. Transformador de media tensión.

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.3. Fallas Indefinidas (2017-2018)

Según Gonzales (2016), nos muestra que los especialistas, se puede decir que, previo al surgimiento de una falla, la característica seguida se "dispara" de la evolución que venía llevando hasta ese momento. (p. 31)

Además de la ventaja recién citada, el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallas repetitivas; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

Como inconveniente, debemos citar que se necesita constancia, ingenio, capacitación y conocimientos, aparatos de medición y un adecuado registro de todos los antecedentes para formar un historial.

2.2.2.4. Problemas en la planta de tuberías estructuradas

Se mencionó que la baja confiabilidad de algunos accesorios, componentes y requerimientos adicionales, distribuidos en toda la maquinaria de la planta de tubos, como son: rodamientos que se fragmentan en corto tiempo, así como el deterioro rápido de las válvulas, finales de carrera, resistencias, acoples, sellos, fabricados con materiales inadecuados y de baja calidad, problemas en la operación del chiller, electrobombas, torre de enfriamiento, etc., provocan fatiga y degradación prematura debido a su inadecuada manufactura, lo que redundaría en una incorrecta fabricación de tubos estructurados.

Suficiente que falle una de las partes de los 8 sistemas y algunos complementos de la planta productora de tuberías estructuradas, para que el proceso productivo se detenga.

Las fallas de los sistemas en mención son:

1. Sistema de extrusora LSS-80.- Maquinaria al que se le ingresa insumos para la fabricación del perfil de polietileno, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad de aspiración cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Sulfatado leve de contactos eléctricos en tolva secadora que recibe el material, cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Aisladores de cables conectores de resistencia se fragmentan cada 6 meses (mala calidad) y provoca corto circuito en las resistencias, provocando el apagado del equipo por salto de la llave termo magnético.
- Sulfatado y oxidación de pernos (mala calidad) que unen los cables eléctricos con la resistencia.

1.1. Batidora de tornillo. - Máquina complementaría que trabaja batiendo y alimentando el sistema de extrusora LSS-80, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad de batido del material cada mes, provoca falso contacto.

2. Sistema moldeador de núcleo de tubo rectangular (cabezal a la salida de la extrusora). - Maquinaria que uniformiza el perfil a la salida de la extrusora, los problemas encontrados son:

- Falla de resistencia cada 3 meses, debido al choque térmico de agua, producido por la salpicadura de agua del sistema de calibración en vacío.
- Aisladores de cables conectores de resistencia (mala calidad del producto) se fragmentan cada 3er meses y provoca corto circuito en las resistencias, provocando el apagado del equipo por salto de la llave termo magnética.

3. Sistema de calibración en vacío. - Maquinaria donde termina la uniformidad del perfil e inicia el proceso de enfriamiento, los problemas encontrados son:

- Falla en todas sus válvulas de bola (mala calidad del producto) que abren y cierran el paso del agua desde el tercer mes de instalado el sistema en el 2016.
- Falla de abrazaderas (mala calidad del producto), en rotura o estiramiento, desde el 6to mes de instalado el sistema.
- Falla en sellos y bobinado de motobomba que produce vacío, después de dos años.

4. Sistema de refrigeración por aspersion. - Maquinaria dentro del cual se termina de enfriar el perfil, los problemas encontrados son:

- Falla en todas sus válvulas de bola (mala calidad del producto) que abren y cierran el paso del agua desde el tercer mes de instalado el sistema en el 2016.

- Falla de abrazaderas (mala calidad del producto), en rotura o estiramiento, desde el sexto mes de instalado el sistema.

4.1 Torre de enfriamiento. - Máquina complementaria que trabaja enfriando el agua lentamente, que requiere el sistema de refrigeración por aspersión, para diámetros menores a 600 mm, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad de aspiración cada 6 meses, provoca falso contacto.
- Perdida de aislamiento en los puntos de contacto del cable al motor, provocando se electrifique la carcasa, bandeja y toda la planta.
- Fuga de agua en pared de la torre, no hay facilidad en la estructura que lo soporta para realizar bien las reparaciones.

4.2 Unidad enfriadora de agua (Chiller). - Máquina complementaria que trabaja enfriando el agua rápidamente, que requiere el sistema de refrigeración por aspersión, para diámetros mayores o iguales a 600 mm, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad de aspiración cada 6 meses, provoca falso contacto.
- PLC, no responde adecuadamente a la programación, desde su instalación en el 2017 (podría ser por la variación de voltaje y corriente en la zona de Lurín), provoca paradas imprevistas
- Falla en el sensor de caudal después de 3 meses de operación.

5. Sistema formador (enrolladora de perfil). - Maquinaria en el que el perfil toma la forma circular a través del enrollamiento, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad de aspiración cada 3 meses, provoca falso contacto.

- Soplador pierde fuerza cada 3 meses por suciedad
- Falla en todas sus válvulas de bola (mala calidad del producto) que abren y cierran el paso del agua desde el tercer mes de instalado el sistema en el 2016.
- En tuberías se forma ligero sarro formado cada 3 meses demorando más el enfriado de la tubería.
- En tambor enrollador se parte ejes y dañan los rodamientos de improviso, por mala calidad en la soldadura y rodamiento.

6. Sistema de extrusora soldadora LSS-65.- Maquinaria que une los perfiles enrollados entre sí, formando el tubo, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad de aspiración cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Sulfatado leve de contactos eléctricos en tolva secadora que recibe el material, cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Aisladores de cables conectores de resistencia se fragmentan cada 6 meses (mala calidad) y provoca corto circuito en las resistencias, provocando el apagado del equipo por salto de la llave termo magnética.
- Sulfatado y oxidación de pernos (mala calidad) que unen los cables eléctricos con la resistencia.
- Apagado del equipo por salto de relay térmico, por obstrucción en la aspiración, por falta de limpieza.
- Falla en tornillo sin fin después de 2 años, encargado de subir y bajar la salida de la extrusora.
- Falla en termocuplas y resistencia (mala calidad de los productos).

6.1. Batidora con motoreductor. - Máquina complementaria que trabaja batiendo y alimentando el sistema de extrusora LSS-65), los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad de batido del material cada mes, provoca falso contacto.

7. Sistema de roscado y corte. - Maquinaria que realiza corte al tubo a medida y roscado de los bordes en algunos casos, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Sulfatado y oxidación de pernos (mala calidad) que unen los cables eléctricos con la resistencia.
- Falla en finales de carrera (mala calidad del producto).
- Aflojado de tuercas de ciertos componentes (como acople para determinar longitud de roscado), que debieron venir con ajuste apropiado.
- Falla en reguladores de aire antes del año (mala calidad del producto).
- Rotura de la guarda de la cortadora de tubos, por mala calidad del soldeo.
- Rompimiento de muelas de rodillo encargado de formar la rosca interior, después de un año, por vibración ocasional de sistema.

8. Sistema de sustentación graduable. - Maquinaria que recepción el tubo a la salida del corte, los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en el sensor de distancia cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Por ciertos momentos dureza en el giro de los soportes de las chumaceras, por limpieza.

Equipos complementarios que intervienen en la producción de tubos

a. Compresora de tornillo y secador. - Los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Una bornera se quemó después de 1 año.
- Falla de manguera de aire después de 2 años.

- Baja eficiencia del secador por obstrucción de polvo.

b. Sala de bombas. - Los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Falla de bombas, bajo su eficiencia por obstrucciones en la entrada de agua.
- Baja eficiencia por diámetro inadecuado de tuberías

c. Ablandador de agua. - Los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad cada 3 meses, provoca falso contacto.
- Baja eficiencia en el ablandado por falta de insumos

d. Transformador de media tensión, tablero eléctrico y de control. -

Los problemas encontrados son:

- Sulfatado leve de contactos eléctricos en la unidad cada 6 meses, provoca falso contacto.
- Falla de PLC de planta de tubos, se modificaban instrucciones, se superó colocando un estabilizador de voltaje y corriente (Voltaje y corriente de Lurín es variada).

2.2.2.5. Gestión de la información.

a) Reporte de Operario técnico de mantenimiento.

En el 2016

- El concluyo que las válvulas de agua comenzaban a fallar uno a uno.
- Indicó que algunos rodamientos de los tambores enrolladores comenzaban a fallar después del segundo uso.

- También que algunos rodillos de los tambores enrolladores se desoldaban en los extremos.

En el 2017

- Indicó que todas las válvulas de agua se terminaron de malograr y se cambiaron por nuevas localmente.
- Indicó que algunas resistencias se quemaban, en especial las que estaban cerca de un desfogue de agua.
- Indicó que los contactos de las resistencias de las extrusoras se sulfataban y oxidaban, porque los aislantes se estaban degradando.

Tabla 2.1. Paradas por fallas en la planta

Ítem	Meses de producción	Días de paradas	Horas de paradas	Días totales trabajados con paradas
1	Enero	-	-	
2	Febrero	-	-	
3	Marzo	-	-	
4	Abril	1.00	6.00	10.84
5	Mayo	2.00	5.00	17.35
6	Junio	1.00	4.00	18.86
7	Julio	2.00	7.00	18.92
8	Agosto	3.00	12.00	18.46
9	Setiembre	2.00	5.00	19.25
10	Octubre	3.00	11.00	20.89
11	Noviembre	2.00	7.00	20.30
12	Diciembre	4.00	15.00	21.16

Fuente: Elaboración propia

- Indicó que algunos motores eléctricos aumentaban su amperaje por falta de mantenimiento en retirar la humedad interna y barnizarlo internamente.
- Indicó que el equipo de enfriamiento Chiller, no está trabajando de acuerdo a su programación PLC, producto de alteraciones de voltaje y corriente de la zona.

- Indicó que las Bombas de agua no tiene la fuerza suficiente para realizar el funcionamiento correcto del Chiller y este pueda enfriar el agua, consulto al proveedor de las bombas (la empresa IFLUTECH).

Tabla 2.2. *Paradas por fallas en la planta*

Ítem	Meses de producción	Días de paradas	Horas de paradas	Días totales trabajados con paradas
1	Enero	-	-	
2	Febrero	-	-	
3	Marzo	-	-	
4	Abril	2.00	5.00	13.14
5	Mayo	2.00	7.00	17.85
6	Junio	4.00	12.00	21.04
7	Julio	2.00	6.00	21.65
8	Agosto	3.00	10.00	21.80
9	Setiembre	4.00	16.00	21.88
10	Octubre	4.00	14.00	22.71
11	Noviembre	6.00	40.00	22.33
12	Diciembre	5.00	32.00	25.07

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.6. Accesorios en mal estado

Considerando lo señalado por el Diccionario Actual (2017), lo define al término accesorio a un componente que hace atractivo a un vehículo porque mejora la presentación en comparación a otros vehículos. El acoplar un accesorio a un automóvil no es indispensable porque no realiza una tarea primordial para su funcionamiento.

Lista de accesorios en mal estado:

En el 2017 se encontraron los siguientes accesorios:

- Válvulas de agua, de baja calidad se deteriora rápido.
- Abrazaderas de manguera, de baja calidad se deforman al poco tiempo.

- Aisladores de cables a resistencias eléctricas, de baja calidad se fragmenta rápido.
- Resistencias eléctricas, de baja calidad se deteriora rápido.
- Rodamientos, de baja calidad se fragmenta rápido.
- Retenes, de baja calidad se desase rápidamente.
- Válvulas de agua, de baja calidad se deteriora rápido.
- Abrazaderas de manguera, de baja calidad se deforman al poco tiempo.
- Válvulas de aire, de baja calidad, se deteriora rápido
- Resistencias eléctricas, de baja calidad se deteriora rápido.
- Termocuplas, de baja calidad se deteriora rápido.
- Pernos de bornera, para unir resistencia eléctrica con cable de alimentación, se sulfata, oxida y degrada.
- Rodamientos, de baja calidad se fragmenta rápido.
- Retenes, de baja calidad se desase rápidamente.
- Tornillos sin fin, de baja calidad, se deteriora rápido.
- Finales de carrera, de baja calidad, se deteriora rápido.

2.2.2.7. Definición de Recursos

Tabla 2.3. *Gastos de personal CIDELSA*

ITEM	Personal de CIDELSA	N° Trabajadores	Sueldo Mensual (S/.)	Total Sueldo Mensual (S/.)
1	Operario principal (Extrusorista Senior)	1	3080	3080
2	Operario secundario (Técnico Extrusorista)	1	2100	2100
3	Operario técnico de mantenimiento	1	2100	2100
4	Personal de apoyo (traslado de materia prima y tubos)	3	950	2850
TOTAL Mensual				10130
Total, de pago por año (12 meses)				121560

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.4. Gastos de servicios por tercero

ITEM	Servicios realizado por terceros	N° trabajos realizados en el año	Costo por servicio realizado (S/.)	Total de costo por servicio realizado en el año(S/.)
1	Servicio de limpieza de sarro	2	2000	4000
2	Servicio de maestranza	2	2500	5000
3	Servicio de soldadura	1	500	500
4	Servicio de mantenimiento de tableros eléctricos	1	2000	2000
Total de pago por año				11500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.5. Gastos de repuestos y accesorios

ITEM	Descripción de repuestos y accesorios	Total de costo por repuestos y accesorios en el año(S/.)
1	Válvulas de agua	2000
2	Abrazaderas de manguera	600
3	Aisladores de cables a resistencias eléctricas	120
4	Resistencias eléctricas	1200
5	Rodamientos	1000
6	Retenes	450
Total de pago por año		5370
Monto por Contingencia en el año 2017		5000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.6. Gastos de personal CIDELSA

ITEM	Personal de CIDELSA	N° Trabajadores	Sueldo Mensual (S/.)	Total Sueldo Mensual (S/.)
1	Operario principal (Extrusorista Senior)	1	3080	3080
2	Operario secundario (Técnico Extrusorista)	1	2100	2100
3	Operario técnico de mantenimiento	1	2100	2100
4	Personal de apoyo (traslado de materia prima y tubos)	3	950	2850
TOTAL, Mensual				10130
Total de pago por año (12 meses)				121560

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7. Gastos de servicios por tercero

ITEM	Servicios realizado por terceros	N° trabajos realizados en el año	Costo por servicio realizado (S/.)	Total de costo por servicio realizado en el año(S/.)
1	Servicio de limpieza de sarro	2	2000	4000
2	Servicio de maestranza	4	2500	10000
3	Servicio de soldadura	2	500	1000
4	Servicio de mantenimiento de tableros eléctricos	2	2000	4000
5	Servicio de bobinado de motores	2	1500	3000
Total, de pago por año				22000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.8. Gastos de repuestos y accesorios

ITEM	Descripción de repuestos y accesorios	Total de costo por repuestos y accesorios en el año(S/.)
1	Válvulas de agua	2800
2	Abrazaderas de manguera	850
3	Válvulas de aire	240
4	Resistencias eléctricas	1800
5	Termocuplas	280
6	Pernos de bornera	180
7	Rodamientos	2800
8	Retenes	250
9	Tornillos sin fin	2200
Total, de pago por año		11400
Monto por Contingencia en el año 2018		7000

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.8. Fiabilidad en el mantenimiento (2017-2018)

La fiabilidad se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones, etc.). Se define la variable aleatoria T como la vida del bien o componente. Se supone que T tiene

$$F(t) = P(T \leq t)$$

Además existe la función f(t) de densidad de probabilidades expresada por la ecuación:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

una función F(t) de distribución acumulada expresada por:

Dividiendo entre s y haciendo que s tienda a cero:

$$\lambda(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} \frac{F(t+s) - F(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$\lambda(t)$ es la función de tasa de fallos o función de riesgo o tasa instantánea de fallos, y es una característica de fiabilidad del producto. La función de tasa de fallas no tiene interpretación física directa, sin embargo, para valores suficientemente pequeños de t se puede definir como la probabilidad de fallo del componente en un tiempo infinitamente pequeño dt cuando en el instante t estaba operativo.

Durante el año 2017, no se ha evidenciado buena disponibilidad de trabajadores operadores de la planta, ni contratistas sobre el conjunto de la planta, quiere decir Personal especialista que conozca este tipo de maquinaria productora de tubos estructurados, por lo que se opta en solicitar los servicios por separados de especialistas por cada componente de la maquinaria.

Abarcando más tiempo en el análisis de los problemas que se presentan en la maquinaria de la planta.

Para el año 2018, de acuerdo a la experiencia de más de un año operando la planta de tubos estructurados los operadores de la planta adquirieron experiencia en subsanar situaciones básicas que comprometía la normal producción. En tanto personal contratista, que sea especialista en la maquinaria completa todavía es escaso, y se sigue optando por solicitar los servicios por separados de especialistas por cada componente de la maquinaria.

2.2.2.9. Evolución de la tasa de fallos a lo largo del tiempo.

La duración de la vida de un equipo se puede dividir en tres periodos diferentes:

I.- Juventud. Zona de mortandad infantil.

El fallo se produce inmediatamente o al cabo de muy poco tiempo de la puesta en funcionamiento, como consecuencia de:

- Errores de diseño
- Defectos de fabricación o montaje
- Ajuste difícil, que es preciso revisar en las condiciones reales de funcionamiento hasta dar con la puesta a punto deseada.

II.- Madurez. Periodo de vida útil.

Periodo de vida útil en el que se producen fallos de carácter aleatorio. Es el periodo de mayor duración, en el que se suelen estudiar los sistemas, ya que se supone que se reemplazan antes de que alcancen el periodo de envejecimiento.

III.- Envejecimiento

Corresponde al agotamiento, al cabo de un cierto tiempo, de algún elemento que se consume o deteriora constantemente durante el funcionamiento.

Estos tres periodos se distinguen con claridad en un gráfico en el que se represente la tasa de fallos del sistema frente al tiempo. Este gráfico se denomina "Curva de bañera".

Aunque existen hasta seis tipos diferentes de curva de bañera, dependiendo del tipo de componente del que se trate, una curva de bañera convencional se adapta a la siguiente figura:

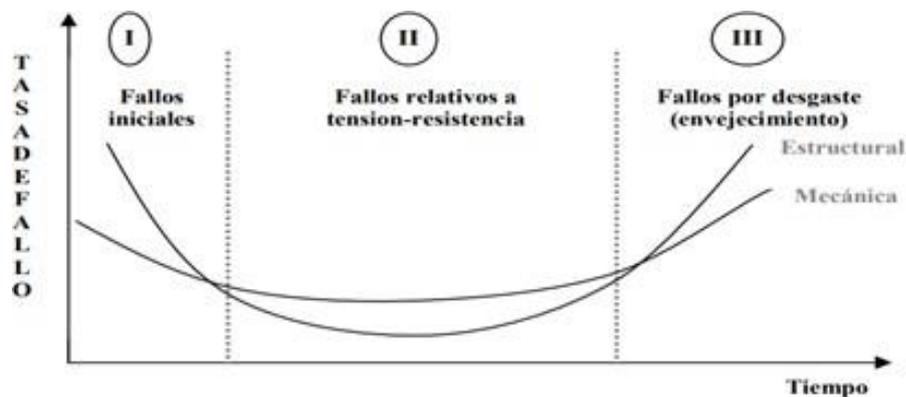


Figura 2.23. Curva de bañera.

En una curva de la bañera de tipo convencional se aprecian las tres zonas descritas anteriormente:

i. La zona de mortandad infantil: Las averías van disminuyendo con el tiempo, hasta tomar un valor constante y llegar a la vida útil. En esta zona fallan los componentes con defectos de fabricación, por lo que la tasa de averías disminuye con el tiempo. Los fabricantes, para evitar esta zona, someten a sus componentes a un "quemado" inicial ("burn-in" en inglés), desechando los componentes defectuosos. Este quemado inicial se realiza sometiendo a los componentes a determinadas condiciones extremas, que aceleran los

mecanismos de fallo. Los componentes que pasan este periodo son los que nos venden los fabricantes, ya en la zona de vida útil.

ii. Zona de vida útil, con tasa de fallos aproximadamente constante. Es la zona de mayor duración, en la que se suelen estudiar los sistemas, ya que se supone que se reemplazan antes de que alcancen la zona de envejecimiento.

iii. Zona de envejecimiento: La que la tasa de averías vuelve a crecer, debido a que los componentes fallan por degradación de sus características por el transcurso de tiempo. Aún con reparaciones y mantenimiento, las tasas de fallos aumentan, hasta que resulta demasiado costoso el mantenimiento.

Estimación de tiempos

En la práctica, la fiabilidad se mide como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallos consecutivos (Mean Time Between Failures; MTBF). Por ejemplo, si disponemos de un producto de N componentes operando durante un periodo de tiempo T , y suponemos que en este periodo han fallado varios componentes (algunos en varias ocasiones), para este caso el componente i -ésimo habrá tenido n_i averías, luego el número medio de averías para el producto será:

$$\bar{n} = \sum_{i=0}^N \frac{n_i}{N}$$

Siendo el MTBF el cociente entre T y \bar{n} , es decir:

$$MTBF = \frac{T}{\bar{n}}$$

Se tendrá presente los repuestos más críticos por tener poca disponibilidad en el medio local.

Como en el caso en el año 2017.

- Resistencias: Su fabricación es de 3 días.
- Rodamientos: Su entrega es de 30 días.
- Cabezal de extrusora: Su entrega es de 60 días.

Los pedidos críticos en 2018.

- Resistencias: Su fabricación es de 3 días.
- Rodamientos: Su entrega es de 30 días.
- Finales de carrera: Su entrega es de 15 días.
- Tornillos sin fin: Su entrega es en 10 días.
- Acople de bronce: Su entrega es en 10 días.

2.2.2.10. Control de calidad según ISO 9001-2008

Se define como un modelo de gestión de la calidad con un enfoque en procesos en el que juega un papel importantísimo, entre estos aspectos, la satisfacción del cliente y la mejora continua. Sus requisitos son flexibles, fácilmente adaptables a las necesidades y a las características de cada organización.

La actual norma ISO 9001:2008 es la cuarta versión y corresponde a la tercera revisión desde la primera publicación de esta norma en 1987. Esta es la norma

internacional más conocida y utilizada por todo tipo de organizaciones en el mundo.

La normativa, mejora los aspectos organizativos de una empresa, que es un grupo social formado por individuos que interaccionan.

Sin una buena técnica no es posible producir en el competitivo mercado presente. Y una mala organización genera un producto deficiente, que no sigue las especificaciones de la dirección.

Puesto que la técnica se presupone. ISO 9001 propone unos sencillos, probados y geniales principios para mejorar la calidad final del producto mediante sencillas mejoras en la organización de la empresa que a todos benefician.

Toda mejora, redundando en un beneficio de la calidad final del producto y de la satisfacción del consumidor, que es lo que pretende quien adopta la normativa como guía de desarrollo empresarial.

La alta competencia, elevadísima y difundida capacidad tecnológica de las empresas, logra los más altos estándares de producción a nivel de la totalidad del sistema productivo.

La igualdad técnica de los productos, de las empresas y organizaciones, difícilmente superable por los tradicionales métodos tecnológicos, han hecho que cada vez sea más difícil diferenciar los productos y producir satisfacción en el consumidor.

La mejor forma de mejorar la producción con los medios materiales existentes, es mejorando la organización que maneja y gestiona los medios de producción como un todo, siguiendo principios de liderazgo, participación e implicación, orientado hacia la gestión, el sistema de procesos que simplifica los problemas, el análisis de los datos incluyendo sobre todo al consumidor y la mejora continua, consiguen conocer y mejorar las capacidades de la organización. De

este modo, es posible mejorar el producto de forma constante y satisfacer constantemente al cada vez más exigente consumidor.

Satisfacer al consumidor, es el objetivo final de la esta norma y de toda empresa que pretenda permanecer en el mercado.

a) DETALLE DE LOS CAMBIOS SEGÚN ISO 9001:2008

La adopción de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) debe ser una decisión estratégica de la organización y este sistema está influenciado por el entorno de la organización, los cambios en ese entorno, las necesidades cambiantes, los productos que proporciona, los procesos que emplea, el tamaño y la estructura de la organización.

- **Campo de aplicación de la norma**

Esta Norma especifica los requisitos para un SGC, cuando una organización:

- a) Quiere demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.
- b) Aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la mejora continua y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.

- **Enfoque basado en procesos**

Las actividades que utilizan recursos y que se gestionan con el fin de permitir que elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso. La aplicación de un sistema de procesos junto con las

interacciones de estos puede denominarse “Enfoque basado en procesos”, este enfoque permite que una organización funcione eficazmente.

- **Procesos contratados externamente**

Cuando la organización requiere para su SGC procesos que sean desempeñados por una parte externa, es vital asegurar el control sobre estos procesos contratados externamente porque no se exime a la organización de la responsabilidad de cumplir con los requisitos del cliente, legales y reglamentarios. El tipo y el grado de control a aplicar al proceso contratado externamente puede estar influenciado por el impacto del proceso sobre la capacidad de la organización para proporcionar productos conformes con los requisitos, el grado en el que se comparte el control sobre el proceso y la capacidad para conseguir el control necesario.

- **Requisitos de la documentación**

La documentación del SGC debe incluir lo que la organización determina que sea necesario para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos. Un “procedimiento documentado” dentro de esta norma, significa que el procedimiento se ha establecido, documentado, implementado y mantenido. La extensión de la documentación del SGC puede diferir de una organización a otra debido al tamaño de la organización y tipo de actividades, la complejidad de los procesos y sus interacciones, y la competencia del personal.

- **Recursos humanos**

El personal que realice trabajos que afecten a la conformidad con los requisitos del producto debe ser competente con base en la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas. Se debe tomar en cuenta que la

conformidad con los requisitos del producto puede verse afectada directa o indirectamente por personal que desempeña cualquier tarea dentro del SGC.

b) CAMBIOS PRINCIPALES DE LA NORMA SON:

Generalidades – La versión del 2008 dice, “El diseño y la implementación del sistema de gestión de la calidad de una organización están influenciados por el entorno de la organización, los cambios en ese entorno y los riesgos asociados con ese entorno”.

Infraestructura - la sección c) ahora incluye “sistemas de información” como servicios de apoyo”.

Determinación de los requisitos relacionados con el producto- Se ha añadido una nueva nota que dice: “Las actividades posteriores a la entrega, incluyen, por ejemplo, acciones cubiertas por la garantía, obligaciones contractuales como servicios de mantenimiento, y servicios suplementarios como el reciclaje o la disposición final”.

Propiedad del cliente - la Nota ahora indica que “La propiedad del cliente puede incluir la propiedad intelectual y los datos personales”.

Control de los equipos de seguimiento y medición-se ha añadido una nueva Nota que dice:” La confirmación de la capacidad del software para satisfacer su aplicación prevista incluiría habitualmente su verificación y gestión de la configuración para mantener la idoneidad para su uso”.

c) ESTRUCTURA DE ISO 9001:2008

La norma ISO 9001:2008 está estructurada en ocho capítulos, refiriéndose los cuatro primeros a declaraciones de principios, estructura y descripción de la empresa, requisitos generales, etc., es decir, son de carácter introductorio. Los

capítulos cinco a ocho están orientados a procesos y en ellos se agrupan los requisitos para la implantación del sistema de calidad.

A la fecha, ha habido cambios en aspectos claves de la norma ISO 9001, al 15 de noviembre del 2008, la norma 9001 varía.

Los ocho capítulos de ISO 9001 son:

10.1.- Guías y Descripciones Generales: (no se enuncia ningún requisito):

10.1.1.- Generalidades.

10.1.2.- Reducción en el alcance.

10.2.- Normativas de referencia.

10.3.- Términos y definiciones.

10.4.- Sistema de gestión: contiene los requisitos generales y los requisitos para gestionar la documentación:

10.4.1.- Requisitos generales.

10.4.2.- Requisitos de documentación.

10.5.- Responsabilidades de la Dirección: contiene los requisitos que debe cumplir la dirección de la organización, tales como definir la política, asegurar que las responsabilidades y autoridades están definidas, aprobar objetivos, el compromiso de la dirección con la calidad, etc.:

10.5.1.- Requisitos generales.

10.5.2.- Requisitos del cliente.

10.5.3.- Política de calidad.

10.5.4.- Planeación.

10.5.5.- Responsabilidad, autoridad y comunicación.

10.5.6.- Revisión gerencial.

10.6.- Gestión de los Recursos: la Norma distingue 3 tipos de recursos sobre los cuales se debe actuar: RRHH, infraestructura, y ambiente de trabajo. Aquí se contienen los requisitos exigidos en su gestión:

10.6.1.- Requisitos generales.

10.6.2.- Recursos humanos.

10.6.3.- Infraestructura.

10.6.4.- Ambiente de trabajo.

10.7.- Realización del Producto: aquí están contenidos los requisitos puramente productivos, desde la atención al cliente, hasta la entrega del producto o el servicio:

10.7.1.- Planeación de la realización del producto y/o servicio.

10.7.2.- Procesos relacionados con el cliente.

10.7.3.- Diseño y desarrollo.

10.7.4.- Compras.

10.7.5.- Operaciones de producción y servicio.

10.7.6.- Control de dispositivos de medición, inspección y monitoreo.

10.8.- Medición, análisis y mejora: aquí se sitúan los requisitos para los procesos que recopilan información, la analizan, y que actúan en consecuencia. El objetivo es mejorar continuamente la capacidad de la organización para suministrar productos que cumplan los requisitos. (pero nadie lo toma en serio (eso es muy generalizado). El objetivo

declarado en la Norma, es que la organización busque sin descanso la satisfacción del cliente a través del cumplimiento de los requisitos.

10.8.1.- Requisitos generales.

10.8.2- Seguimiento y medición.

10.8.2.- Control de producto no conforme.

10.8.3.- Análisis de los datos para mejorar el desempeño.

10.8.4.- Mejora.

- **Cumplimiento de la norma NPT ISO 21138-2**

Tabla 2.9. Tamaños nominales, diámetro interior medio mínimo, espesores de las capas internas y longitud de campana (dimensiones en mm).

Diameters				Minimum Wall thickness			
DN/OD series			DN/ID series		A1		A2
	Pvc-u ^a	Pp/pe ^{a,b}		B	Multi-layer	Hollow Wall	
DN/OD	^d im,min	^d im,min	DN/ID	^d im,min	^e 4,min	^e 4,min	^e 5,min
100	97	90	100	95	0.4	0.6	1.0
125	107	105			0.4	0.6	1.1
			125	120			1.2
160	135	134			0.5	0.8	1.2
			150	145			1.3
200	172	167			0.6	1.0	1.4
			200	195			1.5
250	216	209	225	220	0.7	1.1	1.7
			250	245			1.8
315	270	263			0.8	1.2	1.9
			300	294			2.0
400	340	335			1.0	1.5	2.3
			400	392			2.5
500	432	418			1.3	2.1	2.8
			500	490			3.0
630	540	527			1.6	2.6	3.3
			600	588			3.5

800	680	669		2.0	3.0	4.1
			800	785		4.5
1000	864	837		2.5	3.5	5.0
			1000	985		5.0
1200	1037	1005		2.8	4.7	5.0
			1200	1185		5.0

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP-ISO 21138-1 – 2010.

En esta investigación, se tomó como muestra los tubos estructurados de 900mm de diámetro y 6000 mm de longitud. Por lo que se toma en consideración el espesor de la pared inferior del tubo estructurado de acuerdo a la descripción de las columnas de la tabla 9 (NTP-ISO 21138-1 – 2010.), DN/ID y A2 (e5, min).

Se obtiene el promedio de los valores 4.5 mm y 5 mm, que es 4.8 mm redondeado, de aquí se parte que todo tubo de 900mm de diámetro y 6000 mm de longitud, el espesor de la pared inferior no debe ser menor de 4.8 mm, porque si no el tubo sería rechazado.

2.2.2.11. DESEMPEÑO LABORAL

Según Iturralde (2011). Señala que existen muchos factores a tener en cuenta para la evaluación del desempeño de los colaboradores, dependiendo del método de evaluación que se emplee, pero por lo general estos factores son los siguientes: calidad de trabajo, cantidad de trabajo, conocimientos del puesto, iniciativa, planificación, control de costos, relaciones con los compañeros, relaciones con el supervisor y relaciones con el público, dirección, desarrollo de los subordinados y responsabilidades.

Beneficios de la Evaluación del Desempeño Laboral

Para Iturralde (2011), Cuando un programa de evaluación del desempeño está bien planeado, coordinado y desarrollado, proporciona beneficios a corto,

mediano y largo plazo. En general los principales beneficiarios son el individuo, el gerente, la organización y la comunidad.

- **Métodos de la Evaluación del Desempeño**

El autor Iturralde (2011). Para el proceso de evaluación de personal, pueden utilizarse varios sistemas o métodos de evaluación del desempeño o estructurar cada uno de éstos en un método de evaluación adecuado al tipo y a las características de los evaluados. Esta adecuación es de importancia para la obtención de resultados. La evaluación del personal es un método, una herramienta, y no un fin en sí misma. Es un medio para obtener datos e información que puedan registrarse, procesarse y canalizarse para mejorar el desempeño humano en las organizaciones. En el fondo, la evaluación del desempeño laboral solo es un buen sistema de comunicaciones que actúa en sentido horizontal y vertical en la empresa. Los principales métodos de evaluación de los trabajadores son: Método de escala gráfica, Método de elección forzada, Método de investigación de campo, Método de incidentes gráficos, Método de comparación por pares y Método de evaluación por competencias.

- **Tipos de Evaluación de desempeño**

Para Iturralde (2011), evaluar el desempeño es un proceso estructural y sistemático para medir, evaluar e influir sobre los atributos comportamientos y resultados relacionados con el trabajo, así como el grado de absentismo, con el fin de descubrir en qué medida es productivo el trabajador y si podrá mejorar su rendimiento a futuro. La evaluación del desempeño es la forma más usada para estimar o apreciar el desenvolvimiento del individuo en el cargo y su potencial de desarrollo.

- **Funciones del maquinista**

1.- Operario Principal (Francisco Ramos).

- Operador principal de la planta, se encarga de iniciar el arranque de la planta desde la alimentación y mezcla de los pellets hasta que empieza a trabajar de forma automática la producción.

- Realiza limpieza general en las máquinas, leves reparaciones e intervenciones básicas, como limpieza de filtros y lubricaciones.

2.- Operario Secundario (Jhon Valles).

- Operador secundario de la planta de tubos, se encarga a veces de iniciar el arranque de la planta desde la alimentación y mezcla de los pellets hasta que empieza a trabajar de forma automática la producción, cuando el operario principal no se encuentra o no está de turno.

- Realiza limpieza general en las máquinas y algunas intervenciones de mantenimiento, como la limpieza de filtros y lubricaciones.

3.- Operario Técnico mantenimiento (Ernesto Yucra)

- Operador encargado de las reparaciones en la planta, ya sean labores mecánicas, eléctricas y/o electrónicas.

- Realiza mantenimientos en la planta, en toda la maquinaria a criterio propio.

- En ocasiones ha actuado como operador de máquina, pero solo modificando ciertas condiciones en la pantalla de control, no en iniciar el arranque.

4.- Ayudantes

- Son 3 y se encargan de traer la materia prima a la planta y de acomodar los tubos que salen de la producción con el uso de un montacargas.

- **Capacitación**

La capacitación del trabajador es la adquisición de conocimientos técnicos, teóricos y prácticos que van a contribuir al desarrollo del individuo en el desempeño de una actividad. Se puede señalar entonces, que el concepto de capacitación es mucho más amplio. La capacitación en la actualidad representa para las unidades productivas uno de los medios más efectivos para asegurar la formación permanente de sus recursos humanos respecto a las funciones laborales que deben desempeñar en el puesto de trabajo que ocupan. Si bien es cierto que la capacitación no es el único camino por medio del cual se garantiza el correcto cumplimiento de tareas y actividades, si se manifiesta como un instrumento que enseña, desarrolla sistemáticamente y coloca en circunstancias de competencia a cualquier persona.

2.2.2.12. Satisfacción del cliente

Según los autores Morales & Hernández (2004) Es el resultado de la indiferencia entre los estándares de comparación previos de los clientes y la percepción del rendimiento del servicio o bien de consumo.

Se basa en el pensamiento de los clientes y la complacencia de sus necesidades, es fundamental saber que necesitan los usuarios y los consumidores. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta medida es la más compleja de todas, ya que las personas pueden dar distinta importancia a diferentes atributos del producto o servicio y es difícil medir las expectativas cuando las propis usuario o consumidores a veces, no las conocen de antemano, sobre todo cuando están ante u n producto o servicio de compra o uso poco frecuente

Para Kotler & Armstrong, (2004). Una sensación de placer o de decepción que resulta de comparar la experiencia del producto (o los resultados esperados) con las expectativas de beneficios previas. Si los resultados son inferiores a las expectativas, el cliente queda insatisfecho. Si los resultados superan las expectativas, el cliente queda muy satisfecho o encantado.

Define como la calidad centrada en el cliente entiendo como la satisfacción, o incluso la superación, de las expectativas del cliente.

Según Kotler Armstrong, P. G. (2013). Depende del desempeño percibido de un producto en relación a las expectativas del comprador. Si el desempeño del producto es inferior a las expectativas el cliente queda insatisfecho. Si el desempeño es igual a las expectativas el cliente estará satisfecho. Si el desempeño es superior a las expectativas el cliente estará muy satisfecho e incluso encantado.

Los servicios no pueden ser mantenidos en inventario. Si no se utiliza la capacidad de producción de servicio en su totalidad, ésta se pierde para siempre. Es como el vendedor que dispone de tiempo y no ha vendido, ese tiempo no lo recuperará jamás.

- Decisiones del cliente

Según Schiffmn & Kanuk (2010), señalaron que todos los días se toman decisiones relacionado con la vida y decidir ante alternativas. Para el consumidor para tomar una decisión, tiene que existir una selección de alternativas disponibles, pero si no existen alternativas entre las cuales se pueda elegir entonces el consumidor se ve obligado a hacer una compra específica.

- Cumplimiento de plazos

Definido por Angulo (2010), quien señala que: “Es un derecho incluido como parte de la definición del debido proceso, por lo tanto, el derecho a ser juzgado en un plazo razonable, corresponde a que el proceso debe ser desarrollado dentro de un lapso que no puede ser indeterminado en el tiempo” (p. 23).

El plazo razonable está determinado por el tiempo que se necesite para implementar todas las acciones y diligencias necesarias para lograr con efectividad los alegatos y argumentaciones, que garanticen por un lado la persecución de la responsabilidad penal del Estado, y por el otro lado.

2.2.3. Producción

Producción es: “la fabricación de un objeto físico por medio del uso de hombres, materiales y equipo”.

Según PROMPYME (2005), en el lugar donde se ejecuta la transformación de la materia prima en productos terminados, utilizando para ello una serie de operaciones estandarizadas en cada uno de los procesos requeridos, personal calificado, maquinaria y equipo distribuido apropiadamente dentro de un ambiente físico que mantiene condiciones normales para el trabajo.

2.2.3.1. Proceso de producción

De acuerdo a Alabarta E., Martínez R (2011) , señala que un proceso “es un conjunto de actividades o tareas que se ejecutan de manera secuencial y que tienen por objetivo conseguir un resultado que satisfagan los requerimientos de un cliente. Las empresas son tan eficaces como lo son sus procesos.”

Según Muñoz (2009), para que la producción se realice de manera eficiente, se sugieren los siguientes métodos y disposición de la planta: Identificación de los cambios internos y externos, transformar los cambios internos a externos, facilitar el mecanismo de apertura, eliminar cambios innecesarios o ejecutarlos en paralelo, estos métodos deben ser debidamente observados y acatados para lograr una productividad apropiada.

Para D'Alessio (2002), señala que la función de producción se define como el proceso de transformación de los factores en productos que generan valor agregado luego de la adquisición, recepción y almacenamiento de materias primas. Los procesos son un conjunto de operaciones a través de las cuales los factores se transforman en productos que pueden ser bienes físicos o servicios.

2.2.4. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (DIAGRAMA ISHIKAWA)

Según los señores de Progressan Lean (2019), Valencia, España. El **Diagrama Causa-Efecto** es llamado usualmente **Diagrama de "Ishikawa"** porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas, quien a su vez estaba muy interesado en mejorar el control de la calidad.

Se trata de una herramienta para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan.

También es denominado **diagrama de Espina de Pescado** por su parecido con el esqueleto de un pescado.

- **Estructura del diagrama Causa-Efecto**

El diagrama causa-efecto está compuesto por un recuadro que constituye la cabeza del pescado, una línea principal, que constituye su columna, y de 4 a más líneas apuntando a la línea principal formando un ángulo de unos 70°, que constituyen sus espinas principales. Cada espina principal tiene a su vez varias espinas y cada una de ellas puede tener a su vez de dos a tres espinas menores más. Esquemáticamente el diagrama causa-efecto tiene la siguiente forma:

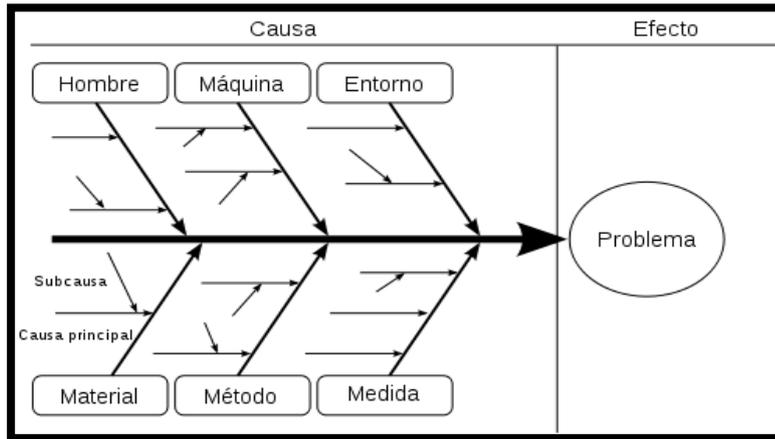


Figura 2.24. Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa)

Fuente: <https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>

- **¿Cómo se elabora un diagrama de Ishikawa?**

Es con diferencia una de las herramientas más sencillas dentro de la mejora continua. Los pasos para su elaboración son los siguientes:

1. **Constituir un equipo de personas multidisciplinar.**
2. **Partir de un diagrama en blanco. Lógicamente para ir rellenándolo desde cero**
3. **Escribir de forma concisa el problema o efecto que se está produciendo** (la utilización de la técnica de los 5w+2h nos será de mucha utilidad).
4. **Identificar las categorías dentro de las cuales se pueden clasificar las causas del problema.** Generalmente estarán englobadas dentro de las 4M (máquina, mano de obra, método y materiales).
5. **Identificar las causas.** Mediante una lluvia de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, el equipo debe ir identificando las diferentes causas para el problema. Por lo general estas causas serán

aspectos específicos, propios de cada categoría, y que al estar presentes de una u otra forma están generando el problema. Las causas que se identifiquen se deberán ubicar en las espinas que confluyen hacia las espinas principales del pescado.

6. **Preguntarse el porqué de cada causa** (pero no más de 2 o 3 veces). En este punto el equipo debe utilizar la **técnica de los 5 porqués**. El objeto es averiguar el porqué de cada una de las causas anteriores.

Como resultado se obtendrán una serie de sub-causas que constituirán las llamadas espinas menores.

2.2.5. AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis)

¿Qué es AMEF?

Según los señores de Lean Solutions (2019), Bogotá D.C., Colombia. Tomado de los sectores que apuestan alto como la industria aeroespacial y defensa, el Análisis de Modo y Efecto de Fallos (**AMEF**) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un SISTEMA con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Los AMEFs fueron formalmente introducidos a finales de los 40's mediante el estándar militar 1629. Utilizados por la industria aeroespacial en el desarrollo de cohetes, los **AMEFs** y el todavía más detallado Análisis Crítico del Modo y Efecto de Falla (**ACMEF**) fueron de mucha ayuda en evitar errores sobre tamaños de muestra pequeños en costosa tecnología.

El principal empuje para la prevención de fallas vino durante los 60's, mientras se desarrollaba la tecnología para enviar un hombre a la luna en la misión Apolo, en este momento la Ford Motor Company estaba siendo presionada por

los altos costos de demandas de responsabilidad civil derivados de los problemas de calidad en sus vehículos, por tal motivo introdujo los **AMEFs**.

En 1993 Chrysler, Ford y GM crearon el documento «**Potencial Failure Mode And Effects Analysis**» que cubría los tipos vigentes de **AMEF**. El documento formó parte de la norma QS 9000 (Hoy conocida como ISO 16949).

¿Que se logra al implementar AMEF?

- Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran (principal función).
- Reducir los costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re-trabajos).
- Acorta el tiempo de desarrollo de nuevos productos o procesos.
- Documenta los conocimientos sobre los procesos.
- Incrementa la satisfacción del cliente.
- Mantiene el Know-How en la compañía.

Tipos comunes de AMEF



Figura 2.25. Tipos de AMEF / FMA

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

1-AMEF DE SISTEMA (S-AMEF) – Asegura la compatibilidad de los componentes del sistema

2-AMEF DE DISEÑO (D-AMEF) – Reduce los riesgos por errores en el diseño.

3-AMEF DE PROCESO (P-AMEF) – Revisa los procesos para encontrar posibles fuentes de error.

- **AMEF de diseño (D-AMEF)**

- Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los Modos de Falla asociados con la funcionalidad de un componente, causados por el diseño
- Evalúa subsistemas del producto o servicio.
- Se realiza cuando el diseño aún está en planos.

- **AMEF de proceso (P-AMEF)**

- Se usa para analizar los procesos de manufactura o servicios, se enfoca en hallar los riesgos o la incapacidad de cumplir con las expectativas del cliente.
- Los Modos de Falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF de Diseño.
- Asume que el producto según el diseño cumplirá su intención final
- Evalúa cada paso del proceso (producción o servicio).
- Usado en el análisis de proceso y transiciones
- No debe utilizar controles en el proceso para superar debilidades del diseño.

- **¿Cuándo iniciar un AMEF?**

1- Cuando productos existentes, servicios, o procesos son usados en formas nuevas o nuevos ambientes.

2- Cuando un producto o servicio nuevo está siendo diseñado.

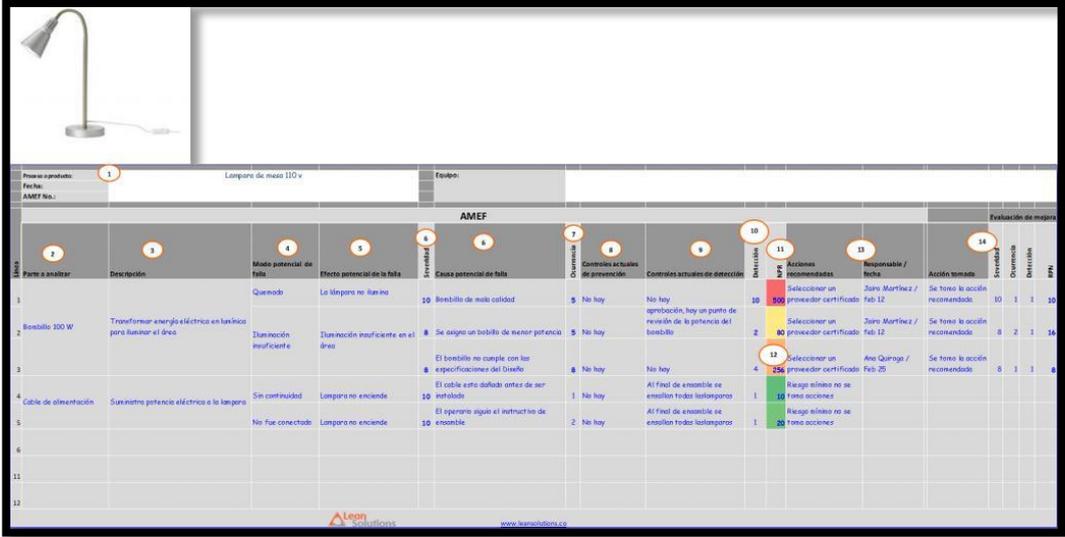
3- Cuando un proceso es creado, mejorado o re-diseñado.

4- Cuando el proceso es muy complejo.

5- En el paso de Mejorar del **DMAIC**.

6- Al solucionar un problema (con técnicas como 8D y A3)

Pasos para hacer un AMEF



Proceso o producto:		Fecha:		AMEF No.:		Equipo:		AMEF										Evaluación de riesgos		
Orden	Para analizar	Descripción	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial de falla	Detección	Control actual de prevención	Control actual de detección	Detección	Acciones recomendadas	Responsable / fecha	Acción tomada	Severidad	Detección	RPN				
1	Bombillo 100 W	Transformar energía eléctrica en luminosa para iluminar el área	Quemado	La lámpara no ilumina	10	Bombillo de mala calidad	5	No hay	No hay aprobación, hay un punto de revisión de la potencia del bombillo	10	Seleccionar un proveedor certificado	Jairo Martínez / Feb 12	Se toma la acción recomendada	10	1	10				
2	Cable de alimentación	Suavemente potencia eléctrica a la lámpara	Discontinuidad insuficiente	Discontinuidad insuficiente en el área	8	Se usó un bombillo de menor potencia	5	No hay	No hay	2	Seleccionar un proveedor certificado	Jairo Martínez / Feb 12	Se toma la acción recomendada	8	2	16				
3			Sin continuidad	Lámpara no enciende	10	El bombillo no cumple con las especificaciones del Diseño	8	No hay	No hay	4	Seleccionar un proveedor certificado	Ana Quiroga / Feb 25	Se toma la acción recomendada	8	1	8				
4			No fue conectado	Lámpara no enciende	10	El cable está dañado antes de ser instalado	1	No hay	Al final de ensamble se empuja todos los bombillos	1	Revisar cuáles no se tomaron acciones									
5					10	El operario siguió el instructivo de ensamble	2	No hay	Al final de ensamble se ensalan todos los bombillos	1	Revisar cuáles no se tomaron acciones									

Figura 2.26. Pasos para hacer un AMEF.

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

- 1- Determine el producto o proceso a analizar.
- 2- Liste los pasos del proceso o las partes del sistema a analizar.
- 3- Describa la función del paso o el componente.
- 4- Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente.
- 5- Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
- 6- Asignar el **grado de severidad** de cada efecto Severidad es la consecuencia de que la falla ocurra.

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: el '1' indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia grave.

Ranking	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido
10	Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea reabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) reabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser reabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser reabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Figura 2.27. Criterio de severidad de efecto definido.

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

7- Asignar el **grado de ocurrencia** de cada modo de falla Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra.

Ranking	Ratas Posibles de Fallas	Probabilidad de Falla	Cpk
10	³ 1 en 2	Muy Alta:	< 0.33
9	1 en 3	Falla es casi inevitable	³ 0.33
8	1 en 8	Alta: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos que han	³ 0.51
7	1 en 20	fallado frecuentemente.	³ 0.67
6	1 en 80	Moderada: Generalmente asociados con procesos similares a procesos previos	³ 0.83
5	1 en 400	que han experimentado fallas	³ 1.00
4	1 en 2,000	ocasionales, pero no en proporciones significativas	³ 1.17
3	1 en 15,000	Baja: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	³ 1.33
2	1 en 150,000	Muy Baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	³ 1.5
1	£ 1 en 1,500,000	Remota: Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	³ 1.67

Figura 2.28. Probabilidad de falla.

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

8- Describa si hay controles actuales de prevención

9- Describa si hay controles actuales de detección

10- Asignar el **grado de detección** de cada modo de falla. Detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente.

Ranking	Detección	Criterio: Probabilidad que la existencia de un defecto será detectada por la prueba conducida antes de que el producto avance al siguiente paso o proceso subsecuente.
10	Casi Imposible	Prueba detecta < 80 % de fallas
9	Muy Remota	Prueba debe detectar 80 % de fallas
8	Remota	Prueba debe detectar 82.5 % de fallas
7	Muy Baja	Prueba debe detectar 85 % de fallas
6	Baja	Prueba debe detectar 87.5 % de fallas
5	Moderada	Prueba debe detectar 90 % de fallas
4	Altamente Moderada	Prueba debe detectar 92.5 % de fallas
3	Moderada	Prueba debe detectar 95 % de fallas
2	Muy Alta	Prueba debe detectar 97.5 % de fallas
1	Casi Seguro	Prueba debe detectar 99.5 % de fallas

Figura 2.29. Detección y probabilidad de la existencia de un defecto.

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

11- Calcular el **NPR** (Número Prioritario de Riesgo) de cada efecto

$$\text{NPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$

Es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificado.

$$\text{NPR} = \text{Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$$

500 – 1000 Alto riesgo de falla

125 – 499 Riesgo de falla medio

1 – 124 Riesgo de falla bajo

0 No existe riesgo de falla

12- Priorizar los modos de falla con el **NPR** de mayor a menor.

13- Tomar acciones (**acciones recomendadas**) para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla, en este paso debe establecerse un plan de acción para mitigar el riesgo, a estas acciones se les llama **acciones recomendadas**.

Acciones recomendadas

- Una vez ejecutadas las acciones recomendadas, se calcula el nuevo NPR para determinar si aún hay riesgos.
- Después de ejecutar el plan de trabajo (acciones recomendadas) se calcula el nuevo NPR y se verifica si aún hay riesgos con NPR alto.

2.2.6. Análisis de Criticidad

¿Qué es el análisis de Criticidad?

Según el Proyecto (2019). Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmontadora de algodón. Es una metodología que permite establecer jerarquías entre:

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipos
- Elementos de un equipo

De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación.

Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

Activo: Término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja. Puede ser humano, físico y financiero intangible. Por ejemplo: el personal, centros de trabajo, plantas y equipos, entre otros.

Acción/recomendación: Es la asignación para ejecutar una tarea o serie de tareas para resolver una causa identificada en la investigación de una falla o problema. **Afectación:** Es la limitación y condiciones que se imponen por la aplicación de una ley al uso de un predio o un bien particular o federal, para destinarlos total o parcialmente a obrar de utilidad pública.

Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos (FMECA, Failure Mode, Effects and Criticality Analysis): Es un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

Causa de falla: Circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación, uso y mantenimiento que hayan conducido a una falla.

Confiabilidad operacional: Es la capacidad de un activo (representado por sus procesos, tecnología y gente) para cumplir sus funciones o el propósito que se espera de este, dentro de sus límites de diseño y bajo un Contexto Operacional determinado.

Consecuencia: Resultado de un evento. Puede existir una o más consecuencias de un evento, las cuales sean expresadas cualitativa o cuantitativamente. Por ello, los modelos para el cálculo deben considerar los impactos en seguridad, higiene, ambiente, producción, costos de reparación e imagen de la empresa.

Consecuencia de una Falla: Se define en función a los aspectos que son de mayor importancia para el operador, como el de seguridad, el ambiental y el económico.

Contexto Operacional: Conjunto de factores relacionados con el entorno; incluyen el tipo de operación, impacto ambiental, estándares de calidad, niveles de seguridad y existencia de redundancias.

Criticidad: Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

Defecto: Causa inmediata de una falla: desalineación, mal ajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros.

Efecto de falla: Describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla.

Falla: Terminación de la habilidad de un ítem para ejecutar una función requerida.

Falla funcional: Es cuando el ítem no cumple con su función de acuerdo al parámetro que el usuario requiere.

Jerarquización: Ordenamiento de tareas de acuerdo con su prioridad.

Modo de falla: Es la forma por la cual una falla es observada. Describe de forma general como ocurre y su impacto en la operación del equipo. Efecto por el cual una falla es observada en un ítem fallado. Hechos que pueden haber causado cada estado de falla.

Mecanismo de falla: Proceso físico, químico u otro que ha conducido un deterioro hasta llegar a la falla.

Prioridad: La importancia relativa de una tarea en relación con otras tareas.

Riesgo: Este término de naturaleza probabilística está definido como la “probabilidad de tener una pérdida”. Comúnmente se expresa en unidades monetaria. Matemáticamente se expresa como:

$$R(t) = P(t) \times C$$

Dónde: R(t) es el riesgo en función del tiempo Pf es la probabilidad de ocurrencia de un evento en función del tiempo, y C sus consecuencias.

2.2.6.1. Descripción de la metodología de Análisis de Criticidad.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

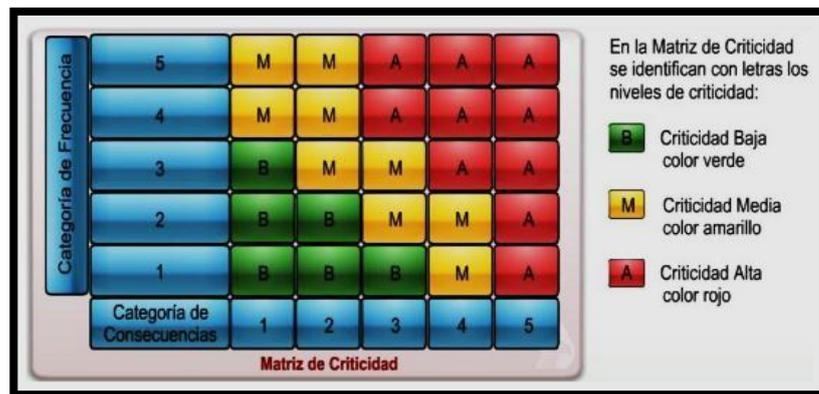


Figura 2.30. Matriz de criticidad.

Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>

La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis.

2.2.6.2. ¿Qué elementos se deberían tomar en cuenta para determinar la criticidad?

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

2.2.6.3 Pasos del análisis de criticidad

Para realizar en Análisis de Criticidad debes seguir los siguientes pasos:

- **Primer paso-Definir el nivel de análisis:**

Se deberán definir los niveles en donde se efectuará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con los requerimientos o necesidades de jerarquización de activos:

Niveles de análisis para evaluar criticidad



Figura 2.31. Niveles de análisis para evaluar criticidad.

Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreprov/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>

- **Información necesaria:**

Se requiere contar con la siguiente información para realizar el análisis.

- Relación de las instalaciones (se refiere al tipo de instalaciones).
- Relación de sistema y equipo por instalación (se requiere a diferentes tipos de sistemas y equipos).
- Ubicación (área geográfica, región) y servicio.
- Filosofía de operación de la instalación y equipo.
- Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).
- Registros disponibles de eventos no deseados
- fallas funcionales.
- Frecuencia de ocurrencia de los eventos no deseados o las fallas consideradas en el análisis.
- Registros de los impactos en producción (% pérdida de producción debido a la falla del elemento, equipo, sistema o instalación en estudio, producción diferida y costos relacionados).
- Registros de los impactos en la seguridad de los procesos.

- **Segundo paso-Definir la Criticidad:**

La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos:

Estimación de la frecuencia de la falla funcional: Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año.

La siguiente tabla muestra los criterios para estimar la frecuencia.

Se utiliza el Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF) o la frecuencia de falla en número de eventos por año, en caso de no contar con esta información utilizar base de datos genéricos (PARLOC, OREDA, etc.) y si esta no está disponible basarse en la opinión de expertos.

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Figura 2.32. Criterios para estimar la frecuencia.

Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Análisis+de+criticidad.pdf>

Para la estimación de las consecuencias o impactos de la falla, se emplean los siguientes criterios y sus rasgos preestablecidos.

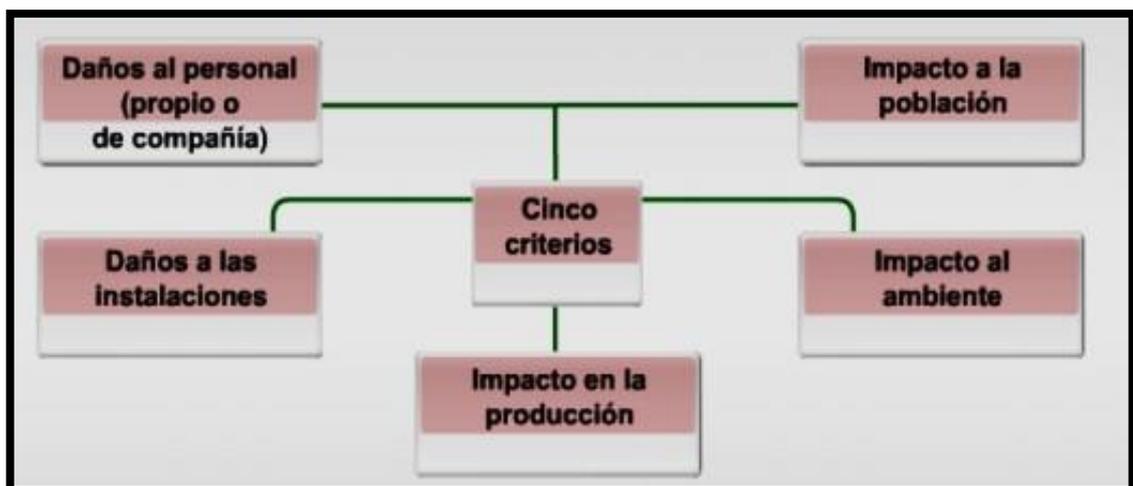


Figura 2.33. Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas.

Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Análisis+de+criticidad.pdf>

Los daños al personal, impacto a la población y al ambiente serán categorizados considerando los criterios que se indican en la tabla Categoría de los Impactos.

Los Impactos en la Producción (IP) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluara considerando los siguientes factores: Tiempo Promedio para Reparar (TPPR), Producción Diferida, Costos de Producción (aceite y gas).

$$IP = (\text{Producción Diferida} \times \text{TPPR} \times \text{Costo Unitario del Producto})$$

El valor resultante permitirá categorizar el IP de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos, los impactos asociados a Daños de las instalaciones (DI) se evaluarán considerando los siguientes factores:

- Equipos afectados
- Costos de Reparación
- Costos de Reposición de Equipos

$$DI = (\text{Costos de Reparación} + \text{Costos de Reposición de Equipos})$$

El valor resultante permitirá categorizar el DI de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Figura 2.34. Categoría de los impactos.

Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5--Análisis+de+críticidad.pdf>

De la tabla Categoría de los Impactos, el valor ubicado en la columna Categoría se asignará a las consecuencias, y este se empleara para realizar el cálculo del nivel de criticidad. El impacto o consecuencia total de una falla se determina sumando los valores de las categorías correspondientes a cada columna o criterio multiplicado por el valor de la categoría obtenida de la tabla que determina la frecuencia de ocurrencia de falla.

- **Tercer Paso-Cálculo del nivel de criticidad:**

Para determinar el nivel de criticidad de una instalación, sistema, equipo o elemento se debe emplear la fórmula:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{consecuencia}$$

Para las variables se utilizan los valores preestablecidos como “categorías” de las tablas **Categoría de las Frecuencias de Ocurrencia y Categoría de los impactos**, respectivamente.

Una vez obtenido el valor de la criticidad, se busca en la Matriz de Criticidad diseñada para PEP, para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.

Matriz de Criticidad-PEP



Figura 2.35. Matriz de criticidad - PEP.

Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5--Analisis+de+criticidad.pdf>

- **Cuarto paso-Análisis y Validación de los resultados:**

Los resultados obtenidos deberán ser analizados a fin de definir acciones para minimizar los impactos asociados a los modos de falla identificados que causan la falla funcional.

Este análisis final permitirá validar los resultados obtenidos, a fin de detectar cualquier posible desviación que amerite la reevaluación de la criticidad.

- **Quinto paso-Definir el nivel de análisis:**

El resultado obtenido de la frecuencia de ocurrencia por el impacto permite “jerarquizar” los problemas, componentes, equipos, sistemas o procesos, basado en la criticidad. El cuál es el objetivo de la aplicación de la metodología.

La valoración del nivel de criticidad y la identificación de los activos más críticos permitirá orientar los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo ameriten, así como gerenciar las acciones de mitigación del riesgo en elementos subsistemas, considerando su impacto en el proceso.

- **Sexto paso-Determinar la criticidad.**

Permite completar la metodología, sin formar parte de la misma. Cuando en la evaluación de un activo obtenemos frecuencias de ocurrencias altas, las acciones recomendadas para llevar la criticidad de un valor más tolerable deben orientarse a reducir la frecuencia de ocurrencia del evento. Si el valor de criticidad se debe a valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, las acciones deben orientarse a mitigar los impactos que el evento (modo de falla o falla funcional) puede generar.

Dentro de las acciones o actividades que se recomiendan, se pueden incluir la aplicación de otras metodologías de Confiabilidad, con el objeto de:

- Identificar las causas raíz de los eventos de deseados y recomendar acciones que las eliminen mediante el Análisis Causa Raíz (ACR).
- Mitigar los efectos y consecuencias de los modos de falla y frecuencia de las fallas por medio de las aplicaciones de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) e Inspección Basada en Riesgo (IBR).
- Complementar y/o validar los resultados mediante análisis RAM.

- **Séptimo paso-Sistema de Seguimiento de control:**

Después de la selección de las acciones de mejora en las frecuencias de ocurrencia de los eventos y mitigación de impactos se debe crear y establecer en Seguimiento y Control, para garantizar el monitoreo de la ejecución de las acciones seleccionadas y el cumplimiento de las recomendaciones consecuentes de AC.

Los objetivos de Seguimiento y Control son:

- Asegurar la continuidad en el tiempo de la aplicación de los planes de acción resultantes de la aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad.
- Promover la cultura del dato en todos los niveles de la empresa.
- Monitorear los cambios o mejoras que pueden derivarse de la aplicación de las acciones generadas como resultados de los análisis para determinar si requiere un nuevo análisis.

2.3. Conceptual

2.3.1. Mantenimiento Preventivo en Planta de Tubos Estructurados HDPE

Un plan de mantenimiento preventivo, asegurará el incremento de la producción como a sus inicios del año 2017, debido a las paradas de

producción (en aumento), del año 2018, reduciendo los costos de producción y reparación.

En la empresa CIDELSA, su área de mantenimiento es un solo grupo de dos y a veces de 3 personas, y tienen que velar las distintas plantas con las que cuenta la empresa, como: Geosintéticos, Geomembranas, Impresiones, Gaviones, Tuberías y Almacén. Además de no tener un plan de mantenimiento preventivo en la planta de tubos estructurados, no se dan abasto de realizar una correcta mantención de los equipos que constituye la planta de tubos.

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA CIDELSA EN EL ÁREA DE PLANTA DE TUBOS ESTRUCTURADOS DE POLIETILENO

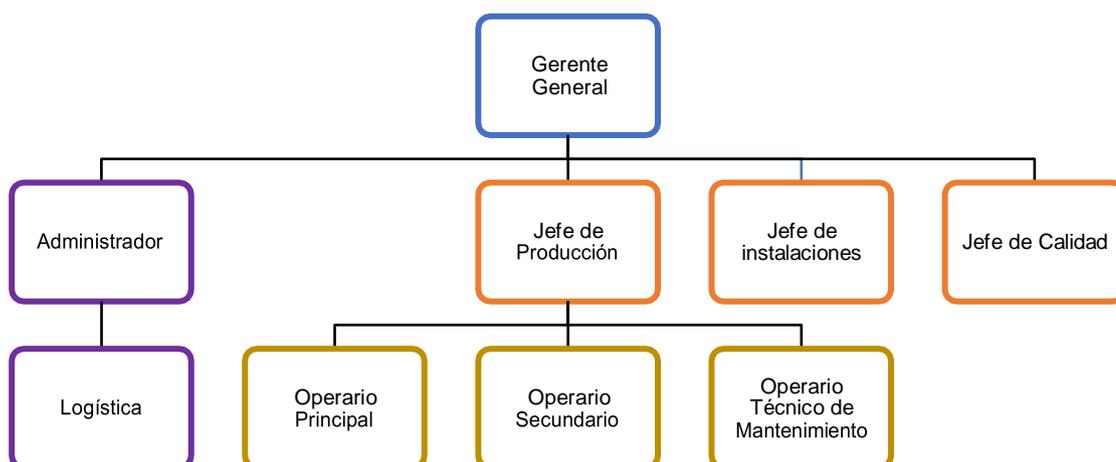


Figura 2.36. Organigrama de planta de tubos estructurados.

Fuente: Elaboración propia

Según Yunior Andrés Castillo S. (2014), al llegar a este punto estamos ya en la capacidad de tomar decisiones para un buen desempeño de la industria teniendo en cuenta la información de cada uno de los equipos, su historial, su criticidad, etc.

Son parámetros que hay que tener en cuenta para la planificación del mantenimiento y gestión de recursos, materiales, repuestos, etc.

El jefe de mantenimiento es el encargado de gestionar todos los procesos para que los recursos materiales y humanos estén calificados. Buscando continuamente proveer al cliente máxima productividad y eficiencia sin afectar al medioambiente y dando seguridad a los gestores que intervienen en este proceso.

Todo el proceso de mantenimiento debe ser evaluado constantemente para buscar prevenir, corregir, mejorar el sistema de calidad y fiabilidad de la industria.

- **Importancia del Mantenimiento**

- **Justificación:**

- El mantenimiento dentro de la industria es el motor de la producción, sin mantenimiento no hay producción.

- Todo equipo está sujeto a normas constantes de mantenimiento, dando así alta confiabilidad a la industria; durante el transcurso del curso descubrimos que el mantenimiento es un proceso en el que interactúan máquina y hombre para generar ganancias, las inspecciones periódicas ayudan a tomar decisiones basadas en parámetros técnicos.

- El desempeño de la empresa estará en la calidad de mantenimiento que se provea a cada uno de los elementos, es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales, para un mejor desempeño;

- El mantenimiento está enfocado en la mejora continua y prevención de fallas, mediante una organización que esta documenta la misma que ayuda al trabajo en equipo, y preparación constante para actuar sin dejar caer la producción.

En la industria el jefe de mantenimiento debe ser un especialista en organización gerencial, para asegurar que todas las tareas de mantenimiento se hagan correcta y eficientemente.

- **Ventajas y desventajas**

Muchas son las ventajas al aplicar el mantenimiento eficiente y correctamente, en forma general es garantizar la producción, y mantener los equipos operables aumentando la vida útil.

Existen modelos de mantenimiento que ayudan a una inspección constante para tomar decisiones basadas en criterios de ingeniería y desempeño de los elementos que conforman la producción.

La planificación ayuda a documentar los mantenimientos que se aplica a cada uno de los equipos, llevar un histórico de desempeño y prevenir fallas.

El análisis del mantenimiento brinda instrumentos que ayudan a llevar una codificación según criticidad de los elementos.

Como desventaja mencionaría que en el caso de que falle el equipo un interventor del equipo pone en riesgo todo el sistema de mantenimiento.



Figura 2.37. Vista inicial de producción del perfil para formación de tubos HDPE.

Fuente: Planta Liansu (China)



Figura 2.38. Vista del enrollado del perfil para formación de tubos HDPE.

Fuente: Planta Liansu (China).

2.3.2. Incremento de la producción

2.3.2.1. Rentabilidad

Un buen sistema de mantenimiento preventivo mejorará y controlará los procesos de producción, aumentando la disponibilidad de los equipos y por ende un control adecuado de los gastos, produciendo mayor rentabilidad.

2.3.2.2. Personal

Disponer de personal bien formado, utilizará correctamente las herramientas adecuadas, además de realizar óptimamente los procedimientos de trabajo. Produciendo ahorro en tiempo de producción y evitando gastos innecesarios.

2.3.2.3. Gestión

Comienza con diseñar la estrategia del mantenimiento preventivo, y definir los objetivos, el principal objetivo en este caso, es incrementar la producción.

2.4. Definición de Términos Básicos

Mantenimiento: Es la acción operativa de carácter técnico, basado en un proceso previo de gestión en el que definen todos los alcances y actividades comprendidas en dicha intervención. El mantenimiento es la conservación de la maquinaria y equipo con el fin de maximizar su disponibilidad. Esta área se ha perfilado tanto que hoy en día ocupa un lugar importante en la estructura de la organización e inclusive es una de las áreas primordiales para mantener y mejorar la productividad. (García , 2012)

Actualmente el mantenimiento industrial tiene un gran auge, no solo involucra al personal de mantenimiento sino también a toda la organización en el nuevo concepto de mantenimiento productivo total. Permite llevar a cabo un mantenimiento productivo a través de las actividades de pequeños grupos, involucrando a todos los niveles de la estructura organizacional de la empresa.

Mantenimiento Correctivo: Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos y fallas que se presentan en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. El mantenimiento correctivo genera más costos que cualquier otro tipo de mantenimiento. (RENOVETEC)

Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de forma oportuna. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema. Este tipo de mantenimiento ayuda a reducir las posibilidades de parada del equipo por fallas o defectos que se puedan estar presentando en

menor magnitud y que con el pasar del tiempo se vuelvan correctivos.

(RENOVETEC)

Mantenimiento Predictivo: Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables representativas del estado y operatividad del equipo. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos. Este tipo de mantenimiento no requiere necesariamente de parar el equipo para su intervención. (IEPSA)

Mantenimiento Cero Horas (Overhaul): Es la agrupación de trabajos cuya finalidad es examinar la maquinaria en intervalos planificados, esto debe ser antes de aparecer alguna falla o cuando la confiabilidad de la maquinaria haya disminuido considerablemente al punto de ser arriesgado la previsión de su capacidad de producción. Esta revisión consistirá en dejar la maquinaria en cero horas de operación, es decir, como si la maquinaria fuera nueva. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (Gallegos, 2015)

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a “cero horas” de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Mantenimiento En Uso: Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas

elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance = Mantenimiento Productivo Total). (Gallegos, 2015)

Soldadura: Es la unión de 2 o más partes del mismo material, generalmente metal, por fusión, en el que las piezas son soldadas fundiendo un material en la zona de contacto entre las piezas. (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2018)

Fusión: Es el acto de fundir (derretir) un cuerpo. (IEPSA)

Extrusión: Proceso en el que se crea objetos con sección transversal definida. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2018)

Troquel: Instrumento o máquina con bordes cortantes para recortar o estampar, por presión diversos materiales. (Prompyme, 2005)

Acción Preventiva: Actuar para prevenir o anticiparse a algún tipo de problema potencialmente crítico. (DAlessio, 2002)

Confiabilidad: Probabilidad de que alguna cosa funciones bien. (DAlessio, 2002)

Desgaste: Eliminación de material de una superficie como resultado de una acción mecánica. (García , 2012)

Especificaciones Técnicas: Documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos y otros similares. (Gallegos, 2015)

Inspección: Es la búsqueda de características físicas significativas para distinguir las correctas e incorrectas en base a un patrón de referencia. (IEPSA)

TPM: El mantenimiento productivo total, es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debido al estado de los equipos. (Hitpass, 2014)

Mantenibilidad: Es la propiedad de un sistema que se representa como la cantidad de esfuerzo requerido para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. (García , 2012)

Máquina: Es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2018)

Plan de Mantenimiento: Conjunto de tareas de mantenimiento que buscan la correcta operación de una máquina o sistema, asimismo reducir la posibilidad de parada por falla. (Prompyme, 2005)

Servicio Técnico: Es una capacidad fundamental dentro de la gestión de servicios, su objetivo es proporcionar un "punto único de contacto" para satisfacer las necesidades de comunicación con los clientes, de forma que ambos cumplan con sus objetivos. (Bravo, 2008)

Ventilación Mecánica: Acción de inyectar y extraer aire, con equipamiento mecánico, para tener una ambiente en condiciones ideales de temperatura, humedad, limpieza, etc. (Ventilación Mecánica, 2006)

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 General

La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para una planta de tubos estructurados de polietileno que servirá para incrementar la producción de dicha planta.

3.1.2 Específica

H₁ La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influirá de manera directa el día de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

H₂ La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influye de manera directa en las horas de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

3.2 Definición conceptual de variables

Es referida a la capacidad que tienen los objetos y las cosas de modificar su estado actual, es decir, de variar y asumir valores diferentes. Briones (1987:34) define: “Una variable es una propiedad, característica o atributo que puede darse en ciertos sujetos o pueden darse en grados o modalidades diferentes y son susceptibles de identificación y medición”.

Para esta investigación se tomó en cuenta las siguientes variables:

Variable Dependiente: Incremento de la producción de una planta de tubos estructurados de polietileno HDPE.

El incremento de la producción o productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida mediante un sistema productivo y los recursos empleados en su producción. En este sentido, la productividad es un indicador de la eficiencia productiva. La productividad se mide también en función del tiempo. Si hay una mayor productividad usando los mismos recursos resulta mayor rentabilidad.

Variable Independiente: Plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno HDPE.

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza de forma anticipada, para prevenir el surgimiento de problemas o averías. Algunas acciones de este mantenimiento suele ser ajustes, limpieza, análisis, lubricación, calibración, reparación, cambios de piezas, entre otros.

3.2.1 Operacionalización de variables

Matriz De Operacionalización De Variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Incrementar la producción de una planta de tubos estructurados de polietileno HDPE.	Herramientas de gestión	Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en la empresa analizada.	Evaluación de componentes críticos. Gastos para repuestos y servicios de mantenimiento.	Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)
		Análisis de criticidad.		Evaluación de criticidad de los equipos.
	Cuantitativa	Logística interna.	Informes y reportes técnicos de revisiones, mantenimiento y reparaciones a cargo de contratistas.	Inventario de repuestos consumidos.
		Paradas de planta.		Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa).
		Tiempo de paradas imprevistas.		Registros de paradas imprevistas
VARIABLE INDEPENDIENTE		INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Plan de mantenimiento	Métodos de análisis y	Temperatura	Parámetros de	Evaluación de datos de temperaturas

preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno HDPE.	procedimientos		temperatura en la extrusión.	registradas en la extrusión de tubos.
		Corriente	Registro de consumo energético.	Evaluación de datos de la corriente consumida por la planta.
		Tiempo de fabricación	Órdenes de compra del producto.	Documentación de órdenes de compra y tiempos de fabricación y paradas.
		Capacitación del personal técnico	Evaluación del conocimiento del personal técnico y sus competencias.	Procesamiento de evaluación del personal técnico.
		Conformidad de mantenimiento realizados	Órdenes de compra del servicio de mantenimiento de los equipos. Técnicas predictivas y preventivas.	Evaluación de las técnicas predictivas y preventivas, y servicio de mantenimiento de la planta.

Fuente: Elaboración propia.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

Por el tipo de investigación es descriptiva y explicativa.

Descriptiva porque se establecen directivas para la investigación, a través de la descripción y análisis de las cualidades de la población objeto del estudio (**transversal**).

Explicativa porque detalla las razones del porqué de cada fenómeno. Por el diseño será de naturaleza aplicada, ya que no se trata de un tema en el que la ciencia pura o básica intervenga. Será **no experimental** ya que los alcances de esta investigación involucran establecer una propuesta de plan de mantenimiento preventivo que tiene como objetivo la optimización de la producción.

4.2. Método de investigación

El método de la investigación es el inductivo. A través del método de la observación participante, sea levantado la información, que luego mediante la inducción se llegó a formular el plan de mantenimiento preventivo para la planta de tubos estructurados de polietileno, para incrementar la producción.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Siendo el objetivo de la presente tesis, la optimización de la producción, la población y muestra estuvo estructurado de la siguiente manera: Personal Administrativo, Logístico, Mantenimiento, Control de Calidad y Operarios, quienes conforman $n = 30$ profesionales de la empresa en materia de investigación.

4.3.2. Muestra

Según Sampieri (2014) para la muestra existen dos tipos y se categoriza a estas como probabilística y no probabilística, siendo en este caso el estudio, se tomó la segunda; generando la muestra $n = 28$ trabajadores de la empresa.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio es la propia planta de CIDELSA, en Lurín, kilómetro 40. Y el periodo del estudio fue de 6 meses.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La técnica utilizada para recolectar los datos fueron los siguientes:

1. Datos de producción de los años 2017 y 2018, que incluyen cantidad del producto terminado, su tiempo de producción, paradas programadas e imprevistas, merma, repuestos, servicios de mantenimiento y sus costos.
2. Cuestionario de 10 items, que fue validado mediante una prueba piloto, teniendo como resultado el $\alpha=0.955$ (95%) de confiabilidad para su aplicación.
3. Observación en la operación, reparación, limpieza de la planta de tubos estructurados, así como la manipulación de los insumos y producto terminado.

4.6. Análisis y procesamientos de datos

Para el procesamiento de los datos, se trabajó con el software estadístico SPSS25, para revisar los resultados descriptivos e inferenciales en donde se empleó las medidas de tendencia central, modelo de regresión lineal el cual representa al supuesto formulado (Hipótesis). Asimismo, los datos fueron presentados mediante tablas y gráficos con su respectiva interpretación.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos.

Este apartado, se presenta un análisis descriptivo, sobre la percepción del personal que labora en la empresa, con la finalidad de dar a conocer el estado y conocimientos que tienen sobre la máquina, que es materia de investigación y dando sustento técnico y profesional sobre la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 5.10 Sexo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Masculino	14	50,0	50,0	50,0
	Femenino	14	50,0	50,0	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.2. Edad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	25 a 35 años	7	25,0	25,0	25,0
	36 a 45 años	13	46,4	46,4	71,4
	45 a 55 años	5	17,9	17,9	89,3
	> 56 años	3	10,7	10,7	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3. Cuantos años de experiencia laboral

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1 a 5 años	9	32,1	32,1	32,1
6 a 10 años	10	35,7	35,7	67,9
11 a 15 años	6	21,4	21,4	89,3
> 16 años	3	10,7	10,7	100,0
Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.4 ¿Conoce la disponibilidad de planta?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	8	28,6	28,6	28,6
Si	16	57,1	57,1	85,7
Sesiones remotas	4	14,3	14,3	100,0
Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El 28.6% no conoce la disponibilidad de la planta, sin embargo, el 57.1% refiere que sí. Asimismo, el 14.3% no sabe no opina.

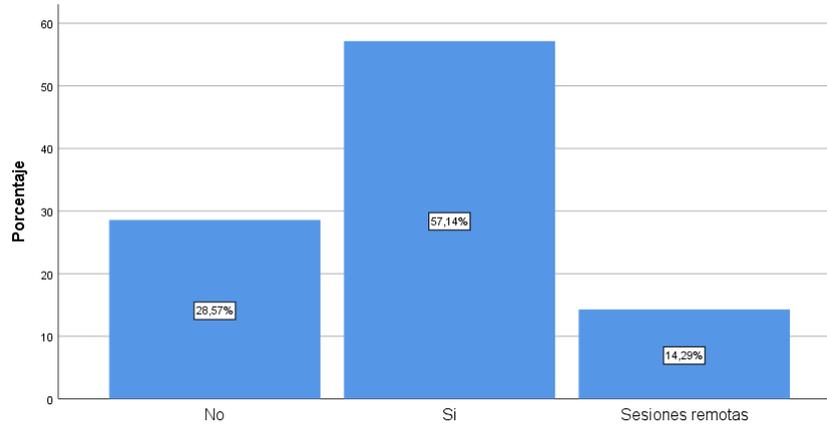


Figura 5.1. 1.- ¿Conoce la disponibilidad de planta?

Tabla 5.5.- ¿Conoce las previsiones ante un futuro pedido?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	9	32,1	32,1	32,1
	Si	19	67,9	67,9	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 32.1% no conoce las previsiones ante un futuro pedido, sin embargo, el 67.9% refiere que sí.

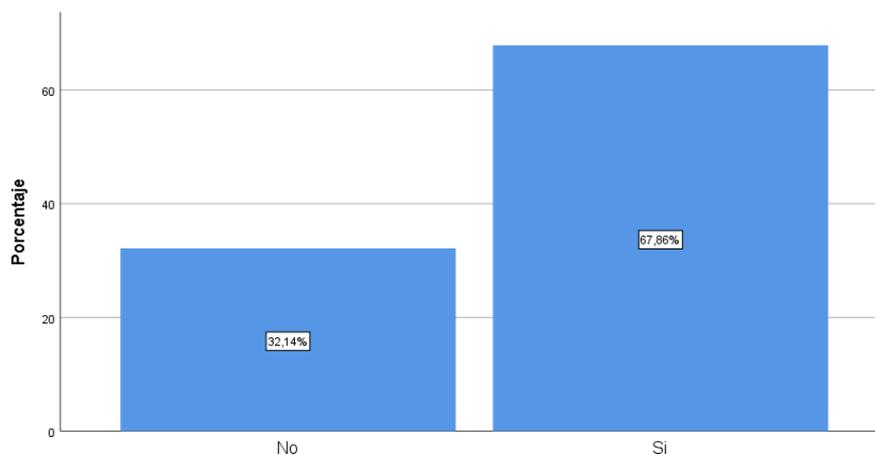


Figura 5.2 2.- ¿Conoce las previsiones ante un futuro pedido?

Tabla 5.6. 3.- ¿Conoce el seguimiento y control de la producción?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	17	60,7	60,7	60,7
	Si	10	35,7	35,7	96,4
	Sesiones remotas	1	3,6	3,6	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 60.7% no conoce el seguimiento y control de la producción, sin embargo, el 35.7% refiere que sí. Asimismo, el 3.6% no sabe no opina.

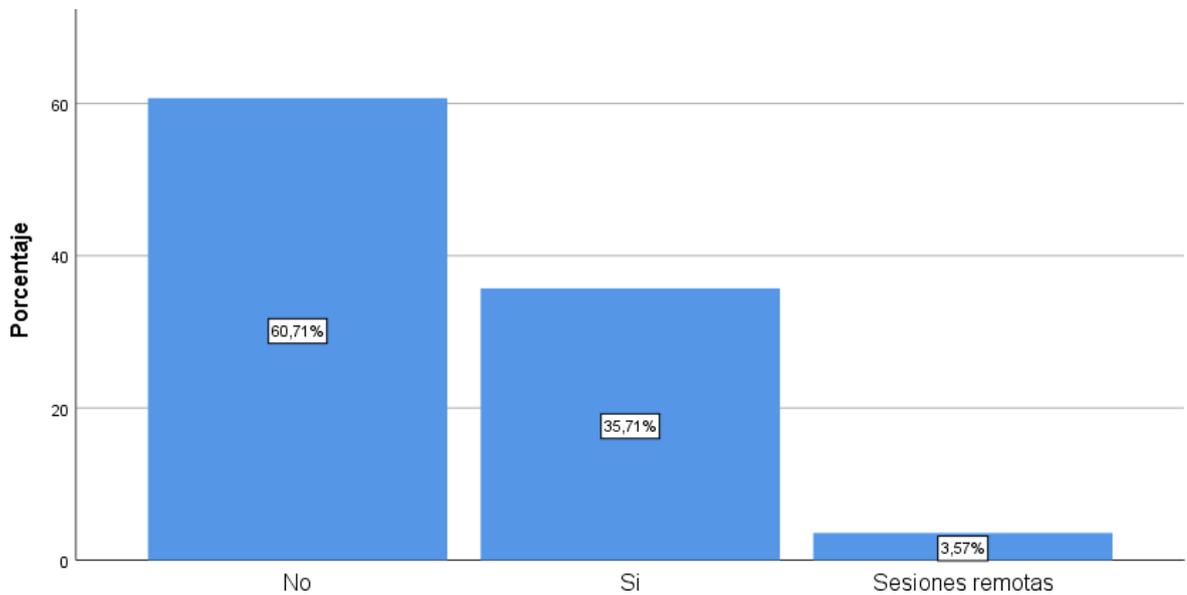


Figura 5.3 3.- ¿Conoce el seguimiento y control de la producción?

Tabla 5.7 4.- ¿Tiene entrenamiento para la operación de la Planta de fabricación de tubos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	22	78,6	78,6	78,6
	Si	6	21,4	21,4	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 78.6% no tiene entrenamiento en la operación de la planta de fabricación de tubos, sin embargo, el 21.4% refiere que sí.

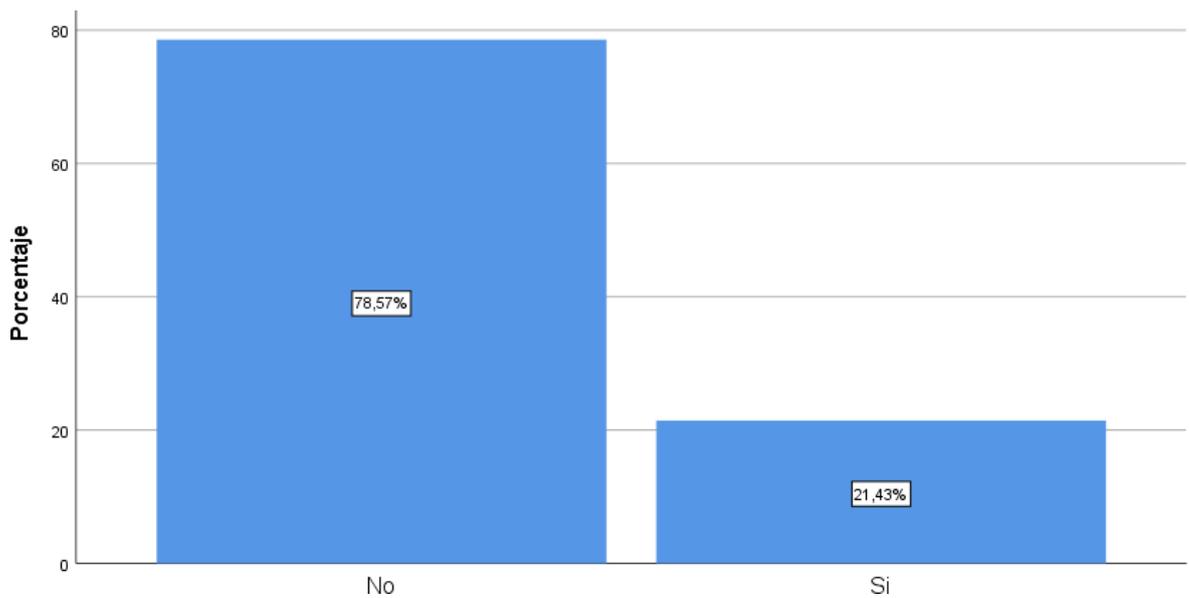


Figura 5.4 4.- ¿Tiene entrenamiento para la operación de la Planta de fabricación de tubos?

Tabla 5.8 5.- ¿Conoce sobre el trabajo de calidad ejecutado al producto (tubos estructurados)?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	18	64,3	64,3	64,3
Si	9	32,1	32,1	96,4
Sesiones remotas	1	3,6	3,6	100,0
Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 64.3% no conoce el trabajo de calidad ejecutado al producto, sin embargo, el 32.1% refiere que sí. Asimismo, el 3.6% no sabe no opina.

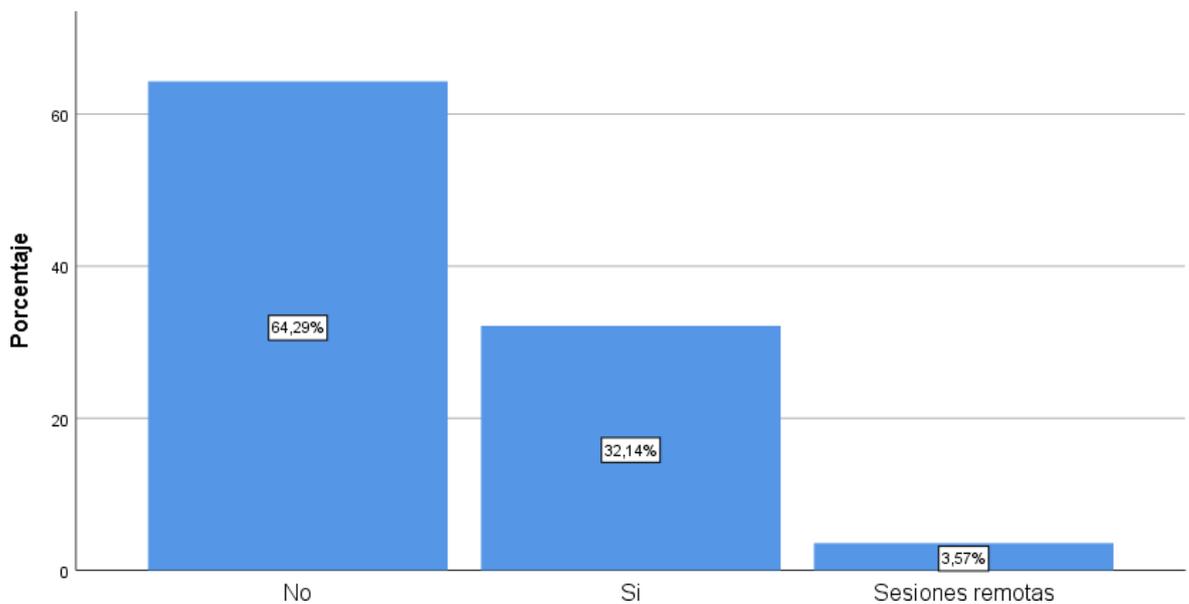


Figura 5.5 5.- ¿Conoce sobre el trabajo de calidad ejecutado al producto (tubos estructurados)?

Tabla 5.9 6.- ¿Considera que la disponibilidad de repuestos principales de la planta se encuentra actualizado?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	19	67,9	67,9	67,9
Si	8	28,6	28,6	96,4
Sesiones remotas	1	3,6	3,6	100,0
Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 67.9% no considera que la disponibilidad de repuestos principales de la planta se encuentre actualizado, sin embargo, el 28.6% refiere que sí. Asimismo, el 3.6% no sabe no opina.

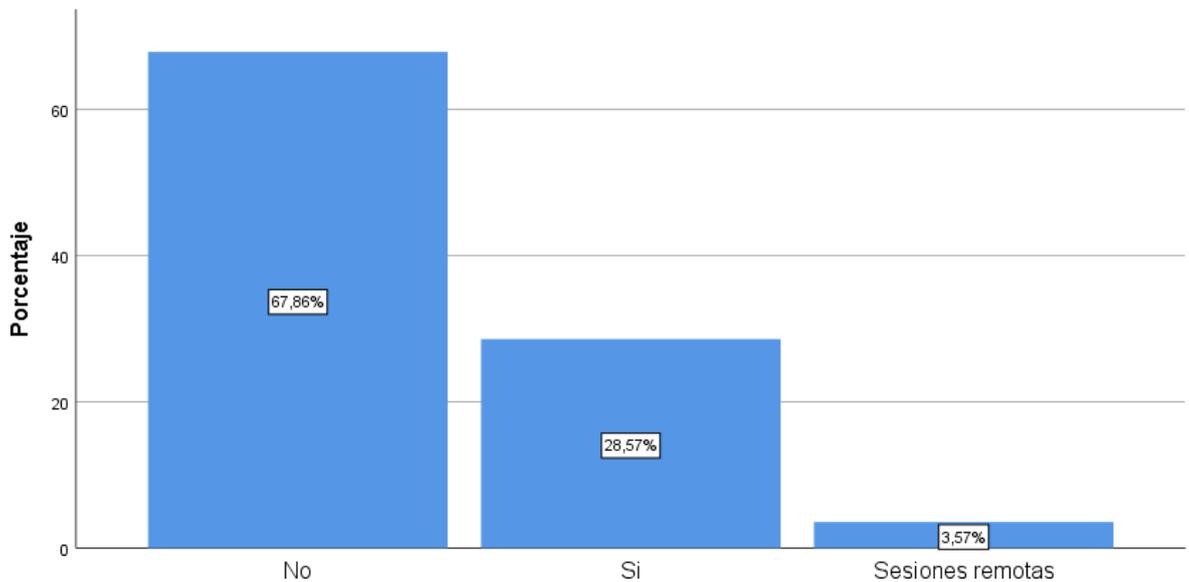


Figura 5.6 6.- ¿Considera que la disponibilidad de repuestos principales de la planta se encuentra actualizado?

Tabla 5.10. 7.- ¿Considera usted que el almacén de la planta posee capacidad suficiente para resguardar los repuestos e insumos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	17	60,7	60,7	60,7
	Si	11	39,3	39,3	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 60.7% no considera que el almacén de la planta posea capacidad suficiente para resguardar los repuestos e insumos, sin embargo, el 39.3% refiere que sí.

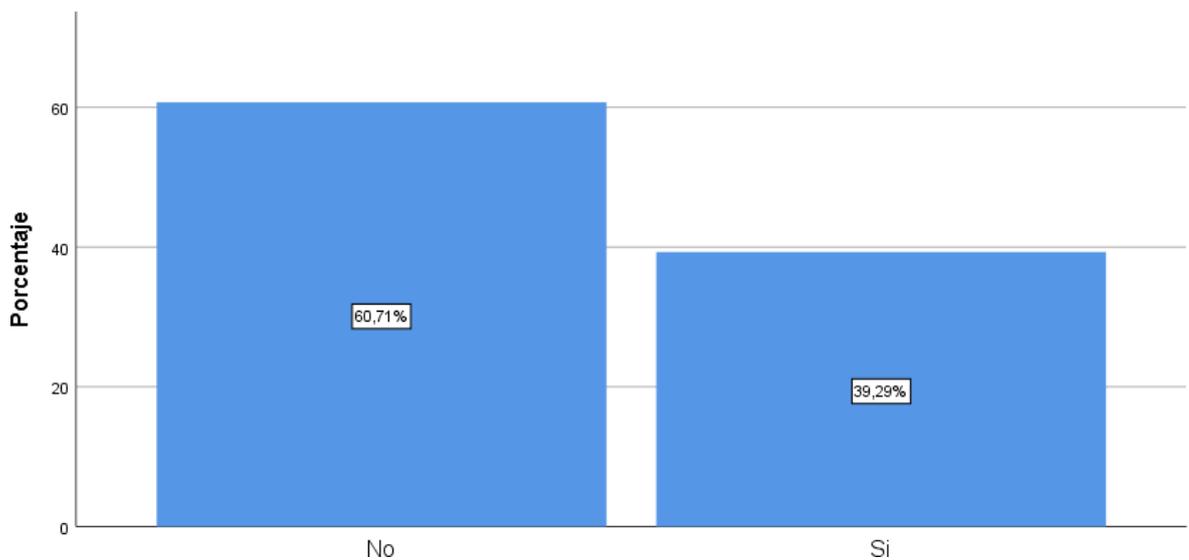


Figura 5.7. 7.- ¿Considera usted que el almacén de la planta posee capacidad suficiente para resguardar los repuestos e insumos?

Tabla 5.11. 8.- ¿Considera que las cargas de trabajo de los técnicos están bien distribuidas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	13	46,4	46,4	46,4
	Si	10	35,7	35,7	82,1
	Sesiones remotas	5	17,9	17,9	100,0
	Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 46.4% no considera que las cargas de trabajo de los técnicos estén bien distribuidas, sin embargo, el 35.7% refiere que sí. Asimismo, el 17.9% no sabe no opina.

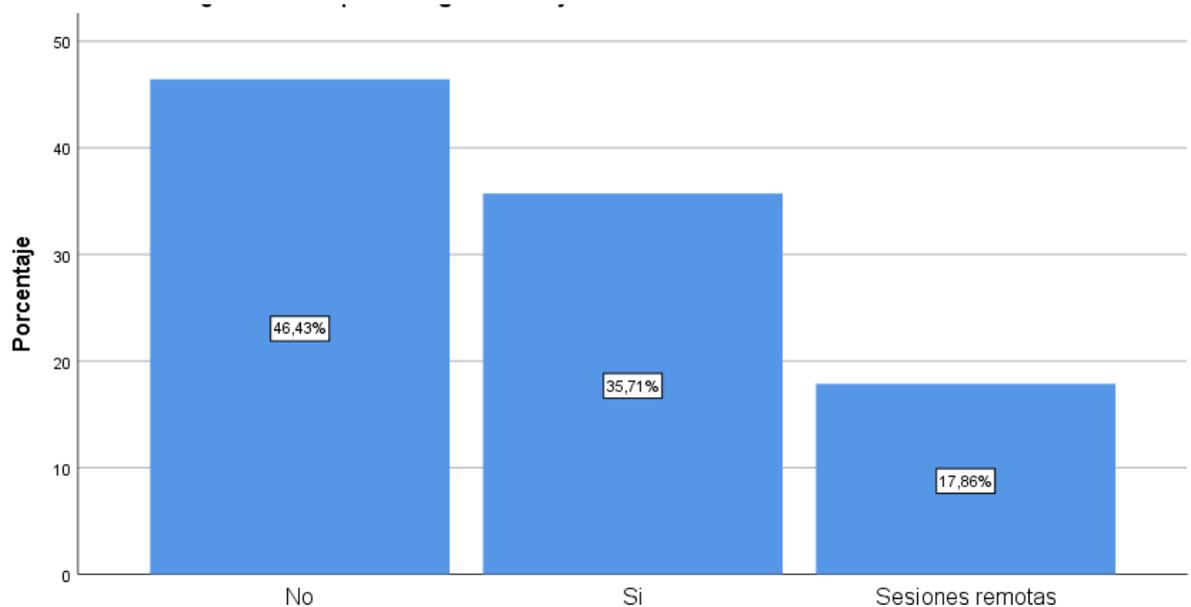


Figura 5.8. 8.- ¿Considera que las cargas de trabajo de los técnicos están bien distribuidas?

Tabla 5.12. 9.- ¿Considera que el procesamiento de información está debidamente distribuido (O.C., necesidad de materiales, tiempos de producción, paradas, emergencias)?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	9	32,1	32,1	32,1
Si	12	42,9	42,9	75,0
Sesiones remotas	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 32.1% no considera que el procesamiento de la información esté debidamente distribuido, sin embargo, el 42.9% refiere que sí. Asimismo, el 25.0% no sabe no opina.

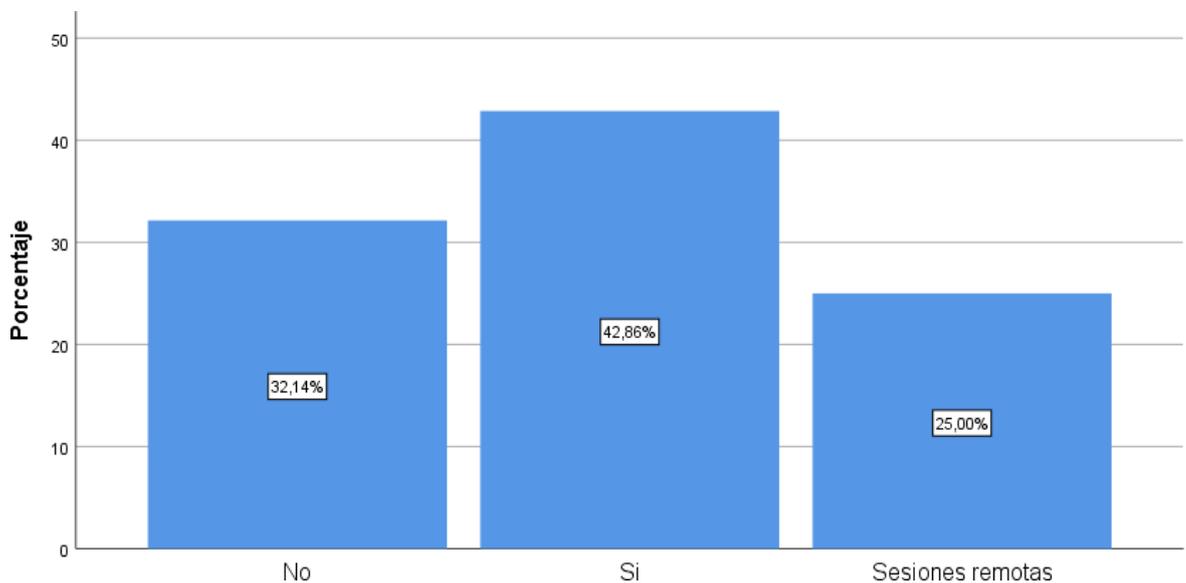


Figura 5.9. 9.- ¿Considera que el procesamiento de información está debidamente distribuido (O.C., necesidad de materiales, tiempos de producción, paradas, emergencias)?

Tabla 5.13. 10.- *¿Considera usted que existe una buena gestión de mantenimiento en la planta de tubos estructurados?*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	21	75,0	75,0	75,0
Sesiones remotas	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 75.0% no considera que exista una buena gestión mantenimiento en la planta de tubos estructurados, sin embargo, el 25.0% refiere que sí.

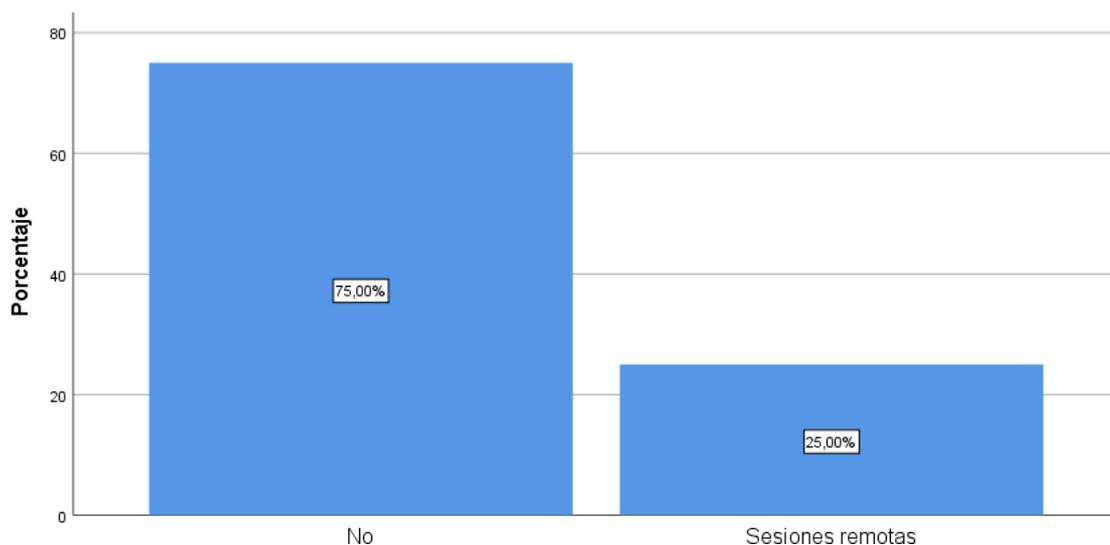


Figura 5.10. 10.- *¿Considera usted que existe una buena gestión de mantenimiento en la planta de tubos estructurados?*

Resultados de la propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo a una Planta de Tubos Estructurados

Se han revisado y analizado las preguntas (encuestas) realizadas al personal de la planta CIDELSA y los tiempos de producción en la fabricación de tubos estructurados de polietileno (diámetro de 900 mm y 6 m de longitud); en donde los trabajadores han presentado preocupación por la producción de

la planta y sus deficiencias de producción, además de falta de información en procesos administrativos, por ello la importancia de realizar esta investigación, con la finalidad de mejorar e incrementar la producción, este problema de producción que va a la baja, genera también un descontento a los clientes, porque sus productos tienen retraso y no pueden generar más pedidos por los tiempos de entrega retrasados, tomando en cuenta que son la única planta a nivel nacional que fabrica este tipo de tubos estructurados.

5.2. Resultados Inferenciales

5.2.1 Hipótesis General

H0 La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno No incrementa la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril – diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

Ha La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno incrementará la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril – diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

Tabla 5.14. *Demanda de producción 2017-2018, en la planta de tubos estructurados*

<i>Demanda de producción (Abril - Diciembre)</i>	
<i>Demanda total 2017</i>	<i>Demanda total 2018</i>
<i>2294.00</i>	<i>2242.00</i>
<i>Demanda promedio por semana</i>	<i>Demanda promedio por semana</i>
<i>63.72</i>	<i>62.28</i>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.15. Variables entradas / eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Demanda de producción año 2018 ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Demanda de producción año 2017

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.16. Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,776 ^a	,603	,591	9,49597

a. Predictores: (Constante), Demanda de producción año 2018

b. Variable dependiente: Demanda de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.17. ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	4651,742	1	4651,742	51,587	,000 ^b
	Residuo	3065,897	34	90,173		
	Total	7717,639	35			

a. Variable dependiente: Demanda de producción año 2017

b. Predictores: (Constante), Demanda de producción año 2018

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.18. Coeficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	16,236	7,678		2,115	,042
	Demanda de producción año 2018	,787	,110	,776	7,182	,000

a. Variable dependiente: Demanda de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.19. Estadísticas de residuos^a

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	N
Valor pronosticado	31,9772	85,4988	70,1944	11,52853	36
Residuo	-23,49882	21,39115	,00000	9,35933	36
Valor pronosticado estándar	-3,315	1,328	,000	1,000	36
Residuo estándar	-2,475	2,253	,000	,986	36

a. Variable dependiente: Demanda de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

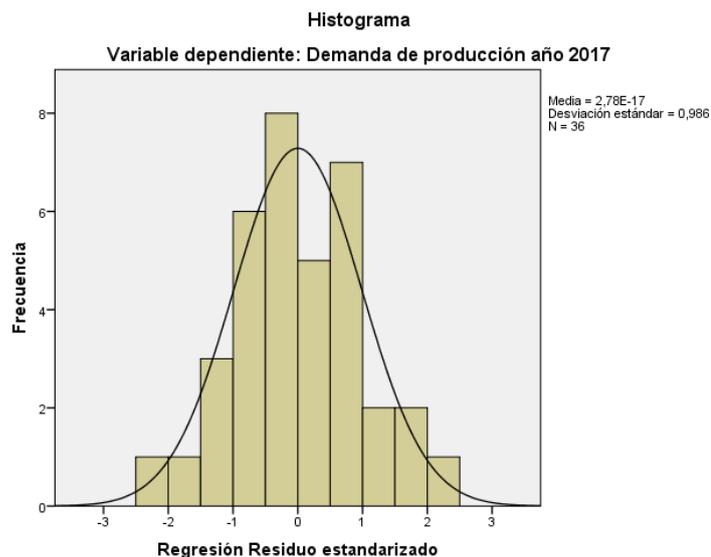


Figura 5.11. Estadísticas de residuos.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado
Variable dependiente: Demanda de producción año 2017

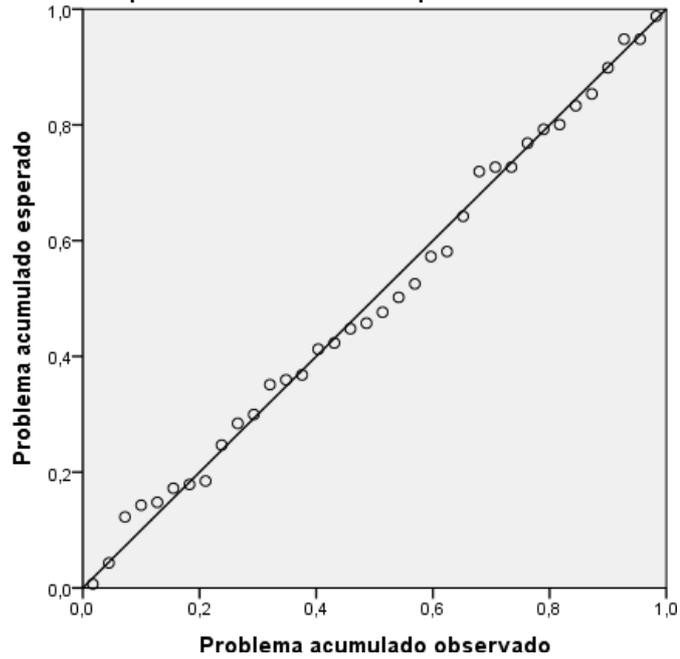


Figura 5.12. Normal de regresión, residuo estandarizado.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

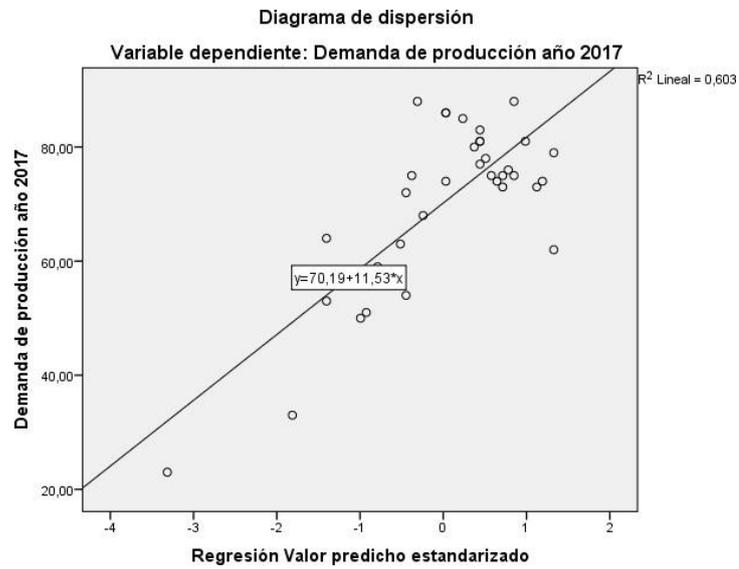


Figura 5.13. Regresión valor predicho estandarizado.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

H₁ La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influirá de manera directa el día de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

Regresión

Tabla 5.20. Variables entradas / eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Días de producción año 2018 ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Días de producción año 2017

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.21. Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,676 ^a	,458	,442	,76366

a. Predictores (Constante): Días de producción año 2018

b. Variable dependiente: Días de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.22. ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	16,728	1	16,728	28,684	,000 ^b
	Residuo	19,828	34	,583		
	Total	36,556	35			

a. Variable dependiente: Días de producción año 2017

b. Predictores (Constante): Días de producción año 2018

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.23: Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1 (Constante)	1,328	,626		2,121	,041
Días de producción año 2018	,622	,116	,676	5,356	,000

a. Variable dependiente: Días de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.24. Estadísticas de residuos

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	N
Valor pronosticado	2,5720	5,6825	4,6111	,69133	36
Residuo	-1,68252	1,56170	,00000	,75267	36
Valor pronosticado estándar	-2,950	1,550	,000	1,000	36
Residuo estándar	-2,203	2,045	,000	,986	36

a. Variable dependiente: Días de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

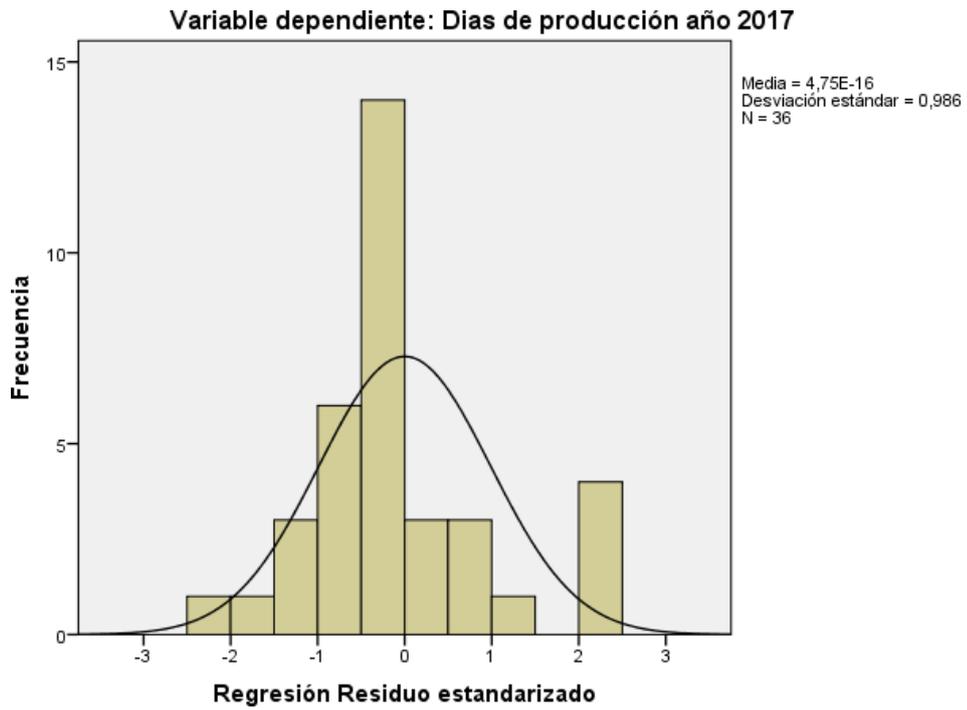


Figura 5.14. Histograma.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

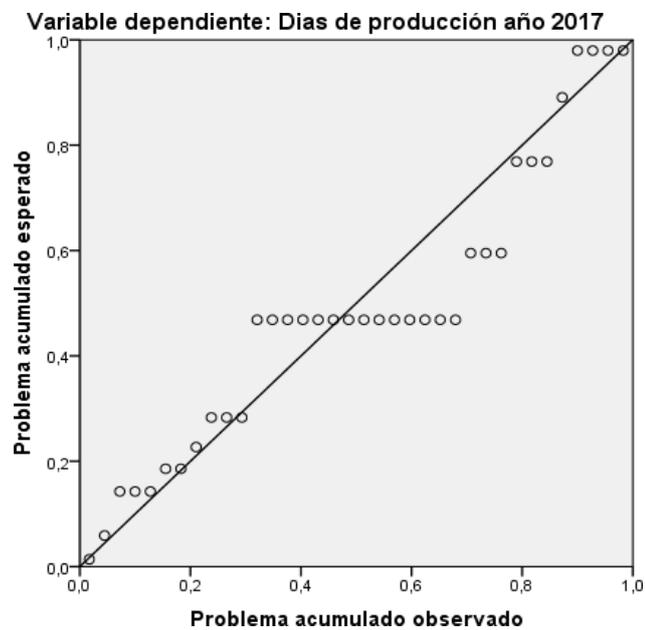


Figura 5.15. Grafico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

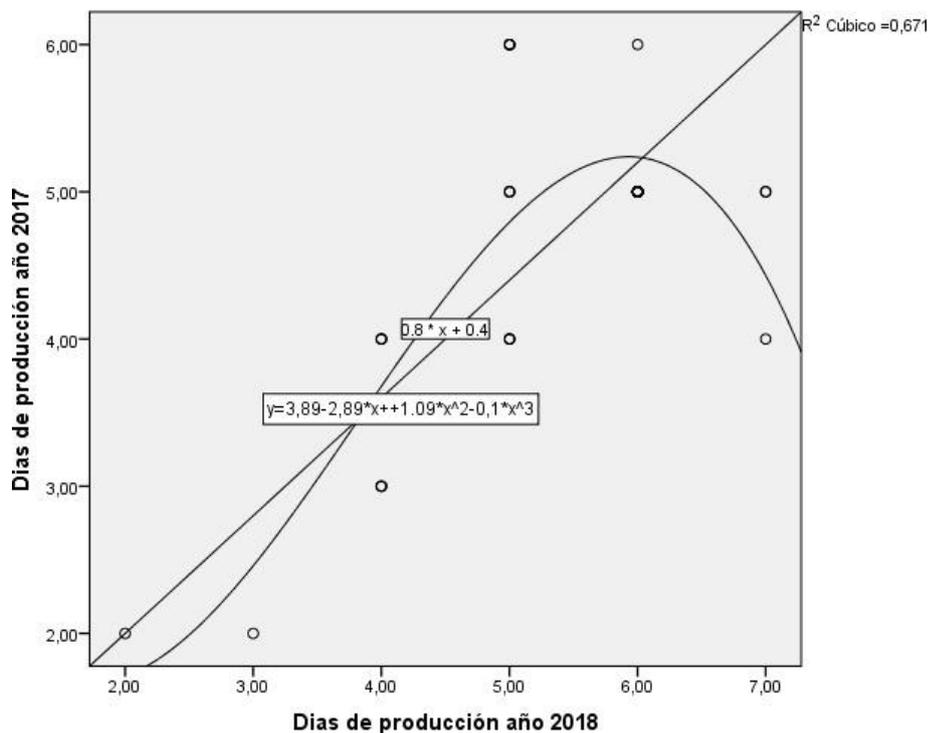


Figura 5.16. Días de producción

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

H₂ La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influye de manera directa en las horas de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

Tabla 5.25. Variables entradas / eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Horas de producción año. 2018 ^b		Entrar

a. Variable dependiente: Horas de producción año 2017

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.26. Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de l estimación
1	,776 ^a	,602	,590	15,05683

a. Predictores: (Constante), Horas de producción año 2018

b. Variable dependiente: Horas de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.27. ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	11643,145	1	11643,145	51,357	,000 ^b
	Residuo	7708,078	34	226,708		
	Total	19351,222	35			

a. Variable dependiente: Horas de producción año 2017

b. Predictores: (Constante), Horas de producción año 2018

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.28 Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes estandarizados		no	Coeficientes estandarizados		Sig.
	B	Error estándar		Beta	t	
1 (Constante)	25,207	12,194		2,067	,046	
Horas de producción año 2018	,790	,110	,776	7,166	,000	

a. Variable dependiente: Horas de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Tabla 5.29. Estadísticas de residuos^a

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	N
Valor pronosticado	50,4991	135,0705	110,7222	18,23900	36
Residuo	-37,07053	33,96417	,00000	14,84017	36
Valor pronosticado-3,302 estándar	1,335	,000	1,000		36
Residuo estándar	-2,462	2,256	,000	,986	36

a. Variable dependiente: Horas de producción año 2017

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

Gráficos

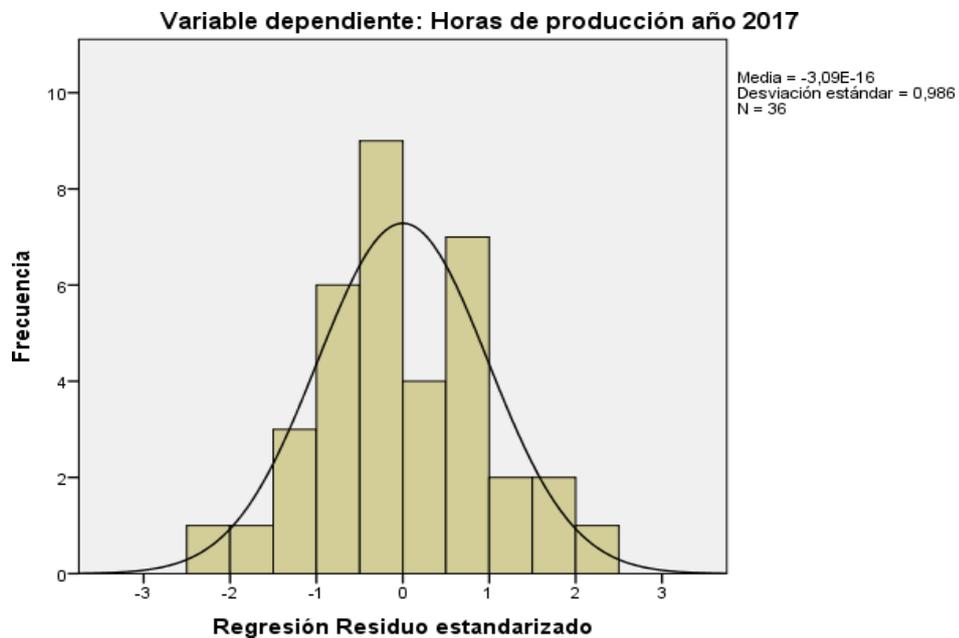


Figura 5.17. Histograma

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

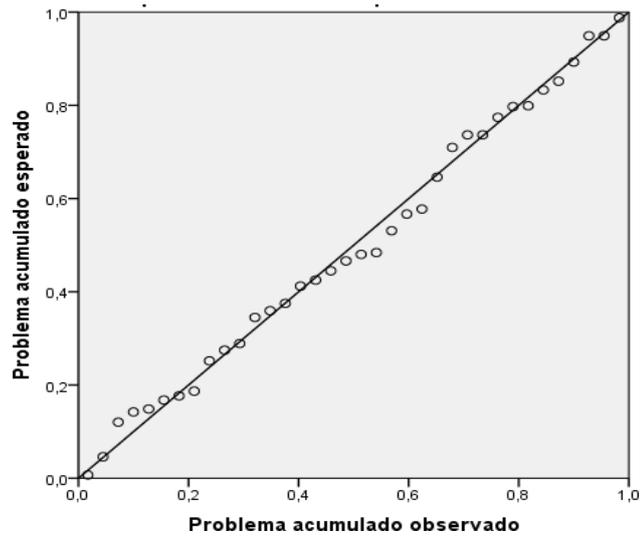


Figura 5.18. Grafico P-P normal de regresión residuo estandarizado
Variable dependiente: Horas de producción año 2017.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

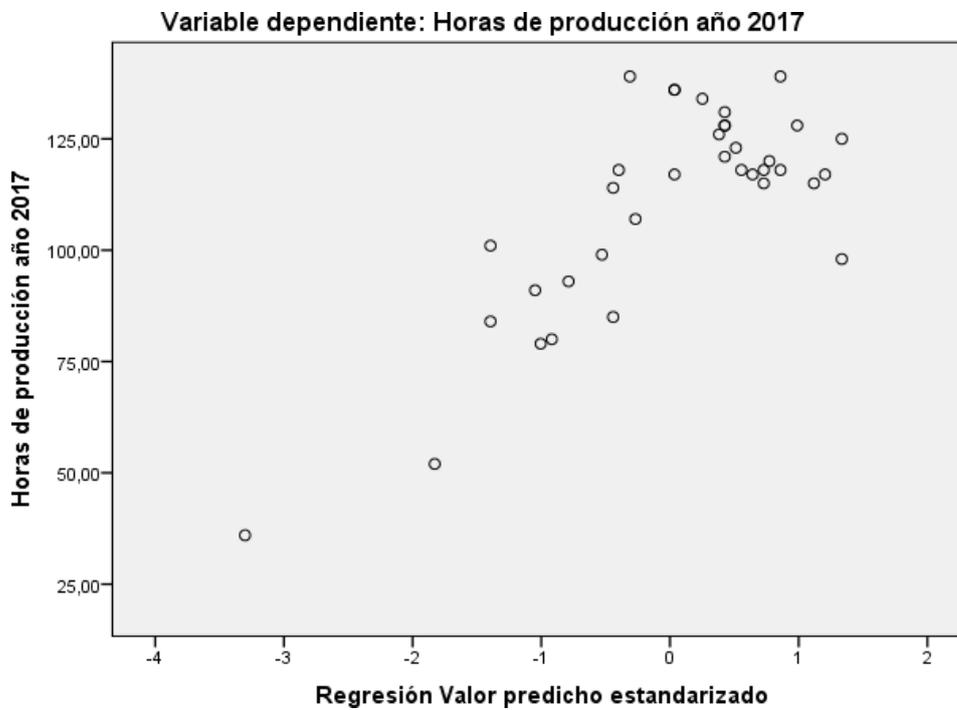


Figura 5.19. Diagrama de dispersión.

Fuente: Elaboración propia, programa SPSS.

5.3. Otros tipos de resultados, con otros instrumentos, método estratégico, plan de mantenimiento y costos de implementación.

5.3.1. Método de estratégicos para aplicación para el mantenimiento preventivo

Para dar inicio al plan de mantenimiento preventivo se procede a indicar el diagrama de procesos de aplicación del plan de la planta de producción de tubos estructurados de polietileno modelo LSWP-1500:

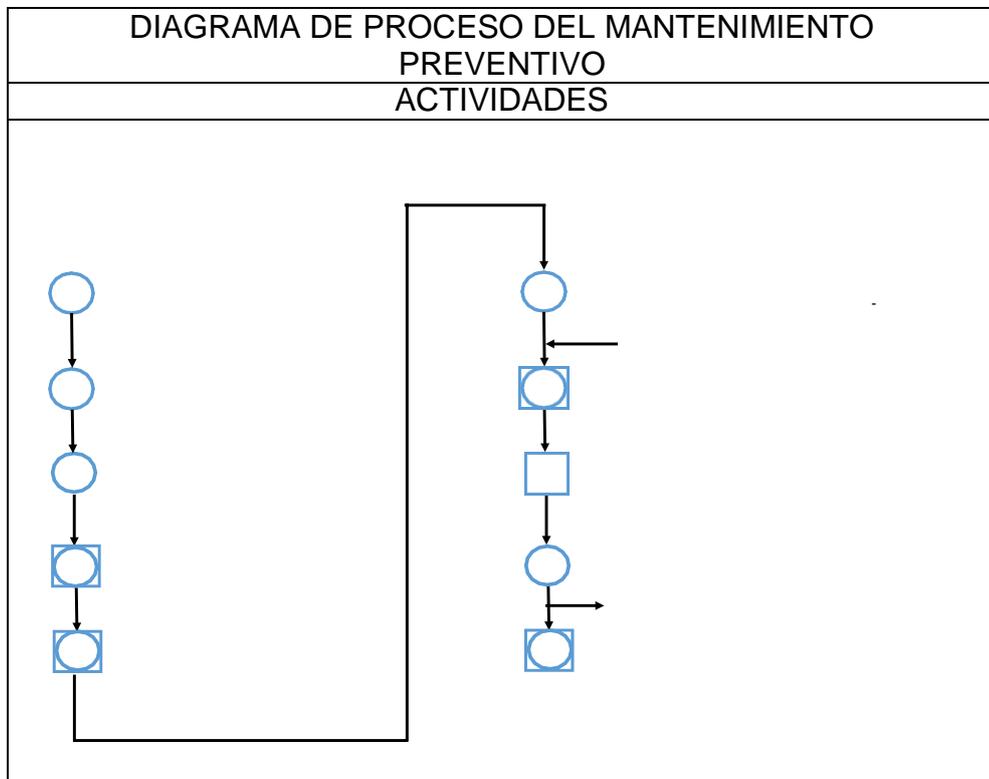


Figura 5.20. Diagrama de procesos de aplicación del plan de la planta de producción de tubos estructurados de polietileno modelo LSWP-1500

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en el anterior diagrama, Del Proceso del plan de mantenimiento preventivo, en específico para la planta de producción de tubos estructurados de polietileno modelo LSWP-1500, estuvo compuesto por

diversas actividades entre ellas tenemos la matriz de autodiagnóstico, en donde se empleó la realización y presentación de un plan de mantenimiento, dirigido a la alta dirección. Seguidamente se formó el comité para la elaboración del plan, seguidamente se diseñó una serie de documentos con la finalidad de cumplir con las normas y políticas de Calidad, seguridad, entre otros, para tener todos los alcances fiables a la hora de ejecutar el plan en la máquina, antes mencionada.

5.3.2. Análisis y raíz de las causas del problema (ISHIKAWA)

Deficiencias encontradas en la planta de producción de tubos estructurados de polietileno modelo LSWP-1500.

Tabla 5.30. Ishikawa

Orden	Causas	Porcentaje
1	Definición de los proceso de mantenimiento	10 %
2	Deficiente en los servicios de mantenimiento	14 %
3	Falta de procedimiento en servicio de mantenimiento	14%
4	Personal no capacitado en relación al mantenimiento de la maquinaria.	25%
5	Datos de entrada de los servicios de mantenimiento incompletos	10%
6	Impuntualidad de los servicios de mantenimiento	15%
7	Mala coordinación con los clientes.	12%

Fuente: Elaboración propia.

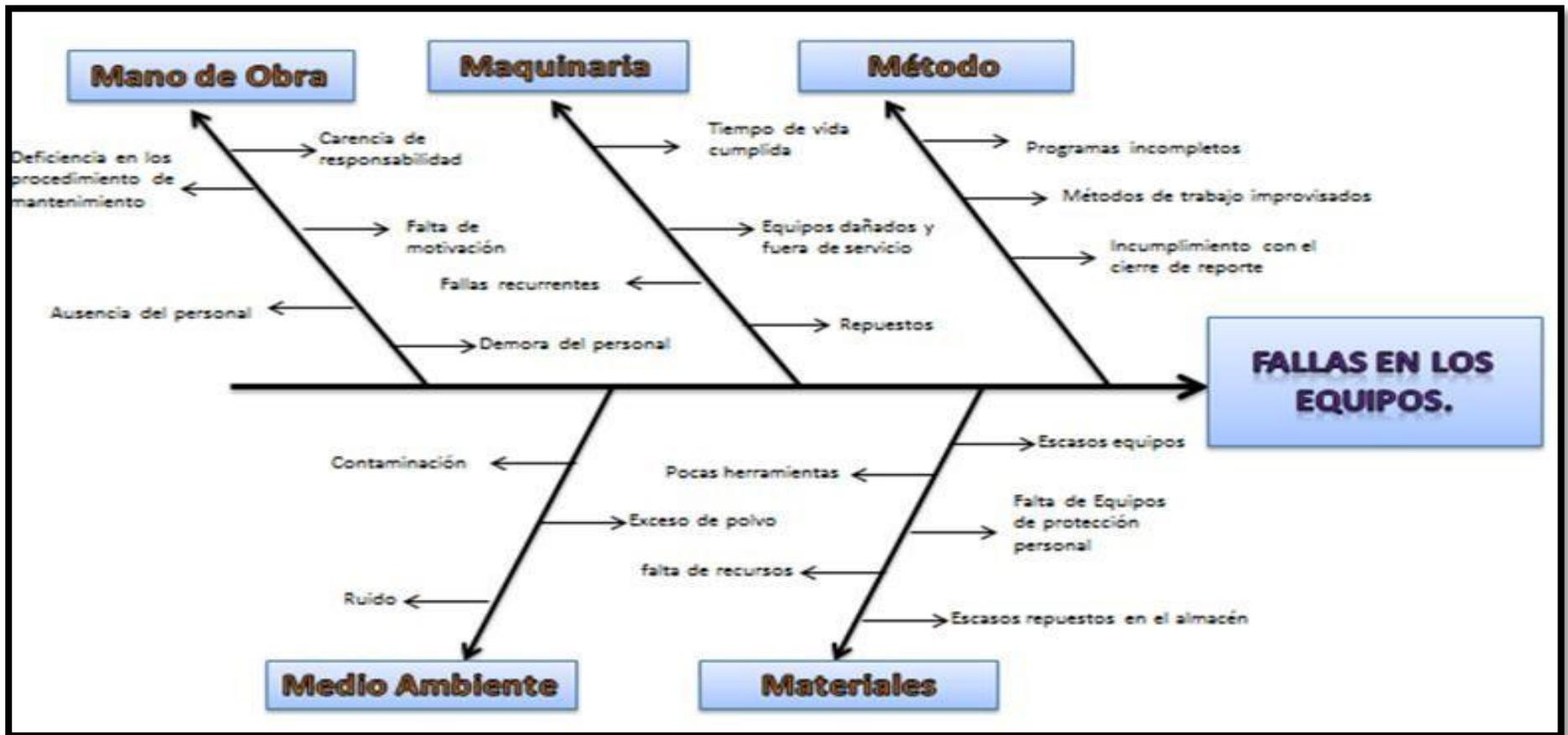


Figura 5.21. Diagrama Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 5.29, en donde se expone de manera ordenada las causas, se plantea en la figura 5.21, el diagrama Ishikawa, mostrando las necesidades de cambios que requiere la empresa para mejorar la producción de tubos estructurados de polietileno modelo LSWP-1500.

De acuerdo a las incidencias graficadas en el Diagrama Ishikawa se muestran en este apartado los eventos que ocasionen pérdidas, tiempos de respuesta no aceptables o no cumplimiento de Acuerdos de Niveles de Servicio existentes de determinado servicio de mantenimiento.

5.3.3. AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla

Equipo:	Máquina de producción de tubos espiralados			AMEF N°:	1											
Modelo:	LSWP-1500			Elaborado:	JJGG											
Sistema:	Sistema de extrusora LSS-65			Fecha:	04/08/2017											
Componente / Operación	Función	Modo de falla potencial	Efecto de la falla	Severidad	Causa de la falla potencial	Ocurrencia	Controles actuales de detención	Detención	NPR	Acciones recomendadas	Área/ Individuo responsable a la fecha de terminación	Seguridad Medio ambiental	Severidad	Ocurrencia	Detención	NPR
Resistencia eléctricas	Calentar el material plástico para su extrusión	corto circuito y enfriamiento del sistema.	Obstrucción del material Parada del equipo	9	mal fabricado la resistencia eléctrica	4	Revisión de resistencia despues de cada parada	3	108	Cambio progresivo de todas las resistencias	Técnico engargado de manito y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	4	1	2	8
Valvulas	regulan el paso del aire y del agua para el enfriamiento del equipo	obstrucción y evitar que se refrigere el sistema	Recalentamiento del sistema, parada del equipo	8	Mala calidad de las valvulas	7	Revisión de resistencia despues de cada parada	7	392	Cambio progresivo de todas las resistencias	Técnico engargado de manito y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	3	1	1	3
Transmisión de caja	Proporciona el aumento de fuerza al tornillo sin fin para trasladar el plástico caliente	Falla en los engranajes o rodamientos	Obstrucción, parada del equipo	10	Mala calidad de los rodamientos	2	Realizar analisis de aceite	3	60	Cambio total de rodamientos cuando presente contaminación en el aceite	Técnico engargado de manito y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	4	1	1	4
Termocuplas	Miden la temperatura, para que no se sobrepase a lo indicado ni tampoco disminuya.	Falla de las termocuplas y no emite señal	Recalentamiento del sistema, parada del equipo	9	Mala calidad del producto	6	Revisión de resistencia despues de cada parada	8	432	Cambio progresivo de todas las termocuplas	Técnico engargado de manito y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	3	2	1	6
Motor eléctrico	Proporciona la fuerza a la transmisión, que a su vez mueve el tornillo sin fin	corto circuito interno del motor	Se quemie el motor y proporciona una parada inesperada.	10	Mal armado del aislamiento dentro del motor	2	Revisar amperaje en el fundonamiento	2	40	Controlar el amperaje con las horas trabajadas, cambiar rodajes al detectar pequeñas fallas	Técnico engargado de manito y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	4	1	1	4
Retenes	Se encarga de evitar la contaminación del aceite al ambiente y a la matena prima.	Rotura de los labios de sellos o desgaste prematuro	Producto contaminado, contaminación en el ambiente	2	Mala calidad del reten	3	tomar en cuenta la calidad y las horas de trabajo	7	42	Reemplazar los retenes de acuerdo a un control de horas de desgaste	Técnico engargado de manito y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	1	1	1	1

Figura 5.22. Análisis de modos de fallo integral.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, llega el momento de clasificarlos según su importancia, para ello a cada

modo de fallo le asignaremos tres valores:

S: nivel de severidad (gravedad del fallo percibida por el usuario)

O: nivel de incidencia (probabilidad de que ocurra el fallo)

D: nivel de detección (probabilidad de que NO detectemos el error antes de que el producto se use)

$$NPR = S * O * D$$

Incidencia de prioridad de fallo = Severidad * Probabilidad de Incidencia * Probabilidad de no Detección

Este valor nos dirá la importancia del modo de fallo que estamos analizando.

5.3.4. Análisis de Criticidad

ITEM	Nombre de los sistemas de los equipos	Nivel de Criterios							Criticidad General
		Disponibilidad de Maquinaria	Costos de reparación	La Producción	Calidad	Frecuencia de falla	Seguridad Industrial	Seguridad Medio ambiental	
1	1.- Sistema de extrusora LSS-80	3	3	3	1	1	3	1	15
2	2.- Sistema moldeador de núcleo de tubo rectangular.	3	2	2	2	1	2	1	13
3	3.- Unidad de calibración en vacío.	3	2	2	3	1	1	1	13
4	4.- Unidad de refrigeración por aspersión.	2	1	1	1	1	1	2	9
5	5.- Sistema formador (enrolladora de perfil).	3	3	2	3	2	3	1	17
6	6.- Sistema de extrusora LSS-65	3	2	2	2	2	3	1	15
7	7.- Unidad de Corte	1	1	1	1	1	2	1	8
8	8.- Sistema de apilado	1	1	1	1	1	1	1	7

Figura 5.23. Evaluación de criticidad de los equipos.

Fuente: Elaboración propia.

ITEM	Variables	VALORES		
		1	2	3
1	Disponibilidad de Máquina	Tiempo muerto de < 8 Hs	Tiempo muerto de 8-24Hs	Tiempo muerto > 24 Hs
2	Costos de reparación	Costos asociados menores a \$. 4,000.00	Costos asociados entre \$4-8M	Costos asociados mayores a \$. 10,000.00
3	La producción	Ocasiona una reducción < 40% en la velocidad de producción	Ocasiona una reducción > 40% en la velocidad de producción	Ocasiona detención completa de la unidad
4	Calidad	Producto con desviación en especificaciones pero en un 90%	Producto con desviación en especificaciones pero en un 90%	Producto inaceptable
5	Frecuencia de falla	Costos asociados menores a \$. 2,000.00	Costos asociados entre \$2-4M	Costos asociados mayores a \$. 4,000.00
6	Seguridad Industrial	Ocasiona accidentes sin incapacidad médica	Ocasiona accidentes con incapacidad médica	Ocasiona accidentes graves con fatalidades
7	Seguridad Medio ambiental	Genera emisiones por vapores a la atmosfera por sobrecalentamiento	Genera emisiones por vapores / gases tóxicos	Genera contaminación al ambiente total

Figura 5.24. Descripción de variables y valores.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5. Prototipo del plan de mantenimiento

Tabla 5.31. Modelo de plan de mantenimiento.

ACTIVIDAD	min	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE SUPERFICIES Y ASEO GENERAL DEL EQUIPO	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TENSIÓN Y ALINEAMIENTO DE FAJAS	15		X		X		X		X		X		X
INSPECCIÓN RODAMIENTOS DE LOS MOTORES	5			^			^		^		^		^
AJUSTE DE PRISIONEROS	5			^			^		^		^		^
MEDICIÓN Y REGISTRO DE CONSUMOS ELÉCTRICOS	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AJUSTE CONEXIONES ELECTRICAS DEL MOTOR	10			X			X		X				X
MEDICIÓN Y REGISTRO DE AISLAMIENTO BOBINAS DEL MOTOR	10						X						X
TOTAL MINUTOS		20	35	40	35	20	65	20	35	40	35	20	65
													430
													HORAS 7.17
	No	PU	T/D	T/H	F								
TÉCNICOS	1	22	22	2.8									
TÉCNICOS	2	10	20	2.5									
SUPERVISIÓN	0.5	48	24	3									
TOTAL US \$ / HORA				8.3	1	8.3							
COSTO ANUAL US \$ GASTOS GENERALES	59.1												TOTAL MENS US \$ 7.8
COSTO TOTAL ANUAL US \$	93.5												

Fuente: Elaboración propia.

En la planta de producción, se evidenció los reportes entregados durante los meses productivos, en el caso de la supervisión general de la maquinaria, ha sido todo el año, en el caso del alineamiento de fajas ha sido 6 veces al año, en relación a la inspección de rodamiento de los motores han sido revisados 4 veces al año, para el ajuste de prisioneros han sido revisados 4 veces al año, para el caso de la medición de registros de consumos eléctricos se ha realizado todos los meses del año, para el cajo de ajuste de conexiones eléctricas del motor han sido 4 veces y por último en la medición y registro de aislamiento bobinas del motor han sido 2 veces al año. Sin embargo, todo este tiempo que ha recibido mantenimiento correctivo la maquina se realizado en un periodo de 5 a 15 minutos.

5.3.6. Plan de Mantenimiento Preventivo

Tabla 5.32. Prototipo de plan de mantenimiento.

ITEM	ACTIVIDAD	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	SISTEMA EXTRUSORA LSS-80												
	Inspección de resistencias eléctricas	x		x		x		x		x		x	
	Inspección de válvulas de bola	x		x		x		x		x		x	
	Inspección de rodamientos	x			x			x			x		
	Verificación y ajuste de termocuplas	x			x			x			x		
	Inspección de retenes	x				x				x			
	Inspección de batidora de tornillo	x						x					x
2	SISTEMA MOLDEADOR DE NÚCLEO DE TUBO RECTANGULAR (CABEZAL A LA SALIDA DE LA EXTRUSORA)												
	Inspección de cabezales	x			x			x			x		
	Inspección de resistencias eléctricas	x		x		x		x		x		x	
	Verificación de aisladores de cables conectores de resistencia	x			x			x			x		
3	SISTEMA DE CALIBRACIÓN EN VACÍO												
	Inspección de placas de uniformidad de perfil	x			x			x			x		
	Verificación y ajuste de abrazaderas	x				x				x			
	Inspección de válvulas de bola	x		x		x		x		x		x	
	Verificación de sellos y bobinado de motobomba	x		x		x		x		x		x	
4	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ASPERSIÓN												
	Inspección de válvulas de bola	x		x		x		x		x		x	
	Verificación y ajuste de abrazaderas	x			x			x			x		
	Limpieza, inspección de partes y operatividad de Torre de enfriamiento	x		x		x		x		x		x	
	Limpieza, verificación de parámetros e inspección de Chiller	x		x		x		x		x		x	
5	SISTEMA FORMADOR (ENROLLADOR DE PERFIL)												
	Inspección de contactos eléctricos	x		x		x		x		x		x	
	Verificación y ajustes de soplador		x			x			x			x	

	Inspección de válvulas de bola	x		x		x		x		x		x	
	Inspección de tambor enrollador	x			x			x				x	
	Inspección de Rodamientos	x			x			x				x	
6	SISTEMA DE EXTRUSORA SOLDADORA LSS-65												
	Inspección de resistencia eléctrica	x		x		x		x		x		x	
	Verificación de contactos eléctricos	x			x			x				x	
	Inspección de aisladores de cables conectores de resistencia	x				x				x			
	Verificación y ajuste de termocuplas	x					x						x
	Inspección de batidora con motoreductor	x			x			x				x	
7	SISTEMA DE ROSCADO Y CORTE												
	Inspección de contactos eléctricos	x			x			x				x	
	Inspección y ajuste de reguladores de aire	x					x						x
	Verificación de protector de cortadora de tubos												
	Inspección de rodillo para roscado interior	x					x						x
8	SISTEMA DE SUSTENTACIÓN GRADUABLE												
	Verificación de contactos eléctricos	x				x				x			
	Inspección y ajuste de soporte de chumaceras		x					x					x
	Verificación de chumaceras	x				x				x			
	Inspección de sensores infrarrojos	x		x		x		x		x		x	

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno, basado en las teorías del mantenimiento en los equipos

El Programa de Mantenimiento preventivo elaborado, tiene como objetivo principal, mejorar la producción en cantidad y calidad, en la planta de tubos estructurados CIDELSA, será efectivo para los trabajadores y para la empresa, pues incrementará la producción y disminuiría el costo de producción, además que disminuirá considerablemente cualquier posible accidente al realizar mantenimientos y reparaciones programadas, a diferencia de las reparaciones inmediatas y mantenimientos correctivos.

La programación de actividades del mantenimiento preventivo, generará inspección en los equipos, tanto del funcionamiento como de limpieza y calibración, que debe revisarse de forma periódica para asegurar la buena confiabilidad en la planta, previniendo las fallas, manteniendo los equipos en optima operación.

La característica principal del mantenimiento preventivo es inspeccionar los equipos, para prevenir las fallas o corregirlas en el momento oportuno.

- **Objetivo del plan de mantenimiento preventivo**

El objetivo al generar el plan de mantenimiento preventivo, será la producción como en el momento del inicio de producción de la planta en el 2016 o superior, pues la cantidad de producción normal ha ido disminuyendo con los años, permitiendo una producción con menores paradas imprevistas y lograr el término de la producción en los tiempos establecidos.

- **Justificación del plan de mantenimiento preventivo**

El plan de mantenimiento preventivo busca ser una herramienta de gran utilidad en la planta de tubos estructurados, ya que no cuenta con mantenimiento preventivo, solo aplican mantenimientos correctivos, desde su instalación en el año 2016.

El plan de mantenimiento preventivo elaborado busca ser una herramienta útil en la planta de tubos estructurados, además de beneficiar a los técnicos a tener un mayor tiempo de incursión en las máquinas y aprovechar los beneficios que esto abarca para el buen funcionamiento de las mismas, generar diagnósticos oportunamente para beneficiar el buen funcionamiento de los equipos.

Factores de un plan de mantenimiento preventivo y factores de seguridad

Según Angel Partida; Ingeniero Técnico Industrial; Fundador de “Mantenimiento & Mentoring Industrial” (27/07/2012), Existen factores que influyen a la hora de implementar un sistema de mantenimiento preventivo y que, por lo general, no se tienen en cuenta. Evidentemente estos factores suponen una carga adicional de trabajo, sin embargo, es mucho mayor el beneficio económico y de tiempo que podemos obtener.

- **Algunos factores que pueden tener gran incidencia:**

Codificación. Es uno de los sistemas más eficaces y que se suelen ignorar. Es muy importante el tener un sistema de codificación tanto para la *documentación, gamas de mantenimiento, equipos y repuestos*. Nos facilitará tener localizado el equipo, ver a qué sistema pertenece, qué documentación tiene asociada (datos técnicos, planos y manuales de reparación), los repuestos asignados al equipo y su ubicación en el almacén, las tareas que tiene asignadas. Todo esto supone un gran trabajo, evidentemente, pero los resultados son realmente positivos, obtendremos un gran ahorro de tiempo (y el tiempo es dinero) a la hora de localizar documentación y los repuestos adecuados en la reparación de una avería, nos facilitará la obtención de un *histórico de mantenimiento* o de reparación, que nos ayudará para detectar averías repetitivas y erradicar la causa, hacer estimaciones de costes para una posterior negociación de contratos, control de las tareas e intervenciones en los equipos, actualizaciones de documentación.

Seguridad. Un factor imprescindible. Las tareas de mantenimiento han de realizarse con unas *medidas de seguridad adecuadas*, el mayor activo de cualquier empresa son los empleados y es una obligación cuidar de ellos. Si los operarios se sienten seguros realizarán las tareas de forma más rápida y eficaz. En ocasiones las medidas de seguridad suponen un aumento en el tiempo de intervención, pero mayor es el tiempo perdido por un accidente y una baja.

Medioambiente. Este factor nos puede ahorrar dinero con una correcta gestión de los residuos o de ciertos materiales. Íntimamente ligado en muchas ocasiones con la seguridad. En ocasiones se pierde un tiempo precioso en intentar gestionar los residuos, cuando debe ser algo de sentido común y previsto con anterioridad.

Almacén. Consiste en realizar una correcta discriminación de repuestos, existen críticos, comerciales y de plazo de entrega admisible. Es decir, no es necesario tener repuesto de todo, esto genera un inmovilizado excesivo. Hay que realizar una *discriminación de repuestos necesarios* por su criticidad o

plazo de entrega, ver si una avería puede suponer una parada de la producción. Se puede hablar con los proveedores la posibilidad de almacenaje por su parte, ver los plazos de entrega. Optimizando los repuestos y firmando contratos de suministro a medio-largo plazo, puede suponer un gran ahorro de costes.

Documentación. Disponer de la documentación adecuada, actualizada y de fácil acceso, es fundamental a la hora de realizar *intervenciones eficaces*, tanto a nivel de reparación como de tarea de mantenimiento. Documentación adecuada al equipo o material, actualizada con las últimas modificaciones que se hayan podido realizar y de fácil acceso, lo que *supone disminuir los tiempos de actuación*.

GMAO. Con GMAO nos referimos a un *programa de gestión de mantenimiento*, no tiene por qué ser excesivamente sofisticado y caro, basta con tener ordenados y disponibles ciertos parámetros necesarios, identificar equipos, asociar repuestos y documentación, historial de intervenciones, etc. Supone disponer de una *base de datos necesaria para la correcta sistematización del mantenimiento*.

Relación entre departamentos. El mantenimiento no se puede considerar como sistema aislado, *necesita de una colaboración con otros departamentos*, Producción, Compras, Seguridad, Medioambiente, Recursos Humanos, etc. Si se favorece la comunicación entre los departamentos se potenciará la colaboración, lo que *mejorará la eficacia del trabajo y se aumentará la rentabilidad*. Hay que ver a los otros departamentos como complementarios, no como rivales, algo que sucede con frecuencia.

Formación. Es necesario mantener al personal informado y actualizado con la correcta formación. Formación sobre equipos, sistemas, materiales, seguridad, etc. Todo aquello que sea necesario para realizar y comprender el trabajo, mejoraremos la disposición del empleado y *aumentaremos su motivación* puesto que percibirá que la empresa invierte en él para que tenga todos los medios a su alcance para realizar un trabajo óptimo.

Trabajando con sentido común estos factores obtendremos resultados óptimos, mejoraremos la eficacia del sistema, disminuirémos incidencias y tiempos de respuesta y lograremos mayor rentabilidad en la empresa.

Preguntas de Investigación

- 1.- ¿Conoce la disponibilidad de planta?
- 2.- ¿Conoce las previsiones ante un futuro pedido?
- 3.- ¿Conoce el seguimiento y control de la producción?
- 4.- ¿Tiene entrenamiento para la operación de la Planta de fabricación de tubos?
- 5.- ¿Conoce sobre el trabajo de calidad ejecutado al producto (tubos estructurados)?
- 6.- ¿Considera que la disponibilidad de repuestos principales de la planta se encuentra actualizado?
- 7.- ¿Considera usted que el almacén de la planta posee capacidad suficiente para resguardar los repuestos e insumos?
- 8.- ¿Considera que las cargas de trabajo de los técnicos están bien distribuidas?
- 9.- ¿Considera que el procesamiento de información está debidamente distribuido (O.C., necesidad de materiales, tiempos de producción, paradas, emergencias)?
- 10.- ¿Considera usted que existe una buena gestión de mantenimiento en la planta de tubos estructurados?

5.3.7. Resultados de evaluación económica de la implementación

5.3.7.1 Evaluación económica del proyecto

Se procederá a evaluar cuál sería el impacto económico de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno, para incrementar la producción. Para lo cual, se realizará un análisis en base a los gastos de la aplicación del plan, de los ahorros producidos y del ingreso neto percibido en base al incremento del mantenimiento.

- **Costos de implementación**

Para la aplicación de la propuesta del plan de mantenimiento, consiste en el análisis de los problemas, y ejecutar el plan de acción, se está considerando todos los gastos que incluye su aplicación; en la siguiente tabla se muestra el costo de la propuesta:

Tabla 5.33. *Costos de implementación de la propuesta.*

Recurso	Costo (S/.)	Cantidad	Total
Computadora y Cámara termográfica	17,675	1	17,675
Análisis de los problemas.	8000	1	8000
Generación del plan de mantenimiento preventivo.	5000	1	5000
Preparación para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo.	2500	1	1700
			S/. 32,375.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.34. Costos de la aplicación por cada recurso

CIF FIJOS	RECURSOS
MANO DE OBRA	S/. 3200.00
OTROS COSTOS (Repuestos almacén)	S/. 12,600.00
SERVICIOS (Maestranza, soldeo, limpieza especializada)	S/. 5400.00
DEPRECIACIÓN	S/. 1767.50
COSTOS FIJOS (Grasa, aceite, insumos, electricidad, agua, etc.)	S/. 7800.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La depreciación es calculada del costo total de adquisición de la computadora y la cámara termográfica, los cuales alcanza los S/. 17,675.00, siendo la depreciación por regla el 10% anual es S/. 1,767.50 y por mes S/. 147.00

Tabla 5.35. Evaluación de los resultados del costo inicial de implementación en el Plan de Mantenimiento Preventivo.

Inversión total
(Costo oportunidad) COK **S/. 32,375.00**
20%

Estado de resultados

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 195,000.00	S/. 204,750.00	S/. 214,987.50	S/. 225,736.88	S/. 237,023.72
Costos operativos		S/. 64,200.00	S/. 67,410.00	S/. 70,780.50	S/. 74,319.53	S/. 78,035.50
Depreciación activos		S/. 1,764.00				
GAV		S/. 6,420.00	S/. 6,741.00	S/. 7,078.05	S/. 7,431.95	S/. 7,803.55
utilidad antes de impuestos		S/. 122,616.00	S/. 128,835.00	S/. 135,364.95	S/. 142,221.40	S/. 149,420.67
Impuestos (30%)		S/. 36,784.80	S/. 38,650.50	S/. 40,609.49	S/. 42,666.42	S/. 44,826.20
utilidad después de impuestos		S/. 85,831.20	S/. 90,184.50	S/. 94,755.47	S/. 99,554.98	S/. 104,594.47

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja

Tabla 5.36. Evaluación del flujo de caja, el VAN y el TIR para la aplicación de un Plan de mantenimiento Preventivo.

Flujo de caja

Año	0	1	2	3	4	5
utilidad después de impuestos		S/. 85,831.20	S/. 90,184.50	S/. 94,755.47	S/. 99,554.98	S/. 104,594.47
más depreciación		S/. 1,764.00				
inversión	-S/. 32,375.00				S/. 22,781.64	
	-S/. 32,375.00	S/. 87,595.20	S/. 91,948.50	S/. 96,519.47	S/. 78,537.34	S/. 106,358.47

Año	0	1	2	3	4	5
flujo neto de efectivo	-S/. 32,375.00	S/. 87,595.20	S/. 91,948.50	S/. 96,519.47	S/. 78,537.34	S/. 106,358.47

VAN S/. 240,948.25
TIR 274.10%
PRI 0.6 años

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		195000.00	204750.00	214987.50	225736.88	237023.72
Egresos		107404.80	112801.50	118468.04	124417.90	130665.25

VAN Ingresos S/. 633,218.38
 VAN Egresos S/. 348,908.61

B/C 1.8

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la evaluación económica: Como se aprecia, se obtiene una ganancia al día de hoy de S/. 107,876.02, una tasa interna de retorno de 274.10% y un beneficio costo de 1.8, es decir por cada sol invertido, se obtienen 1.8 soles de ganancia al finalizar la fabricación de tubos, de cada año.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis

Hipótesis General

Se escoge un nivel de significancia del 5% o 0,05, para realizar la comprobación de hipótesis con el valor significativo 0.000 (ver Tabla 27).

De acuerdo al resultado obtenido en el proceso de regresión lineal, el valor significativo es 0,000 (tabla 27), es menor que 0,05, eso significa que rechazamos la Hipótesis nula, se comprueba la Hipótesis General, ya que la demanda de producción de una empresa privada para el periodo Abril – Diciembre 2018 influye moderadamente en la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril - Diciembre 2017.

Siendo la propuesta de un Plan de mantenimiento preventivo en una Planta de Tubos estructurados de Polietileno necesario por las paradas imprevistas y continuas, en la producción de tubos estructurados, debido a la falta de prevención anticipada de falla y además de dispositivos y componentes de baja calidad, que presentan fatiga prematura, los cuales son originales de fábrica.

Hipótesis específica N° 1

H1. La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influirá de manera directa en días de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno, periodo Abril – diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

Se escoge un nivel de significancia del 5% o 0,05, para realizar la comprobación de hipótesis con el valor significativo 0.000 (ver Tabla 32).

De acuerdo al resultado obtenido en el proceso de regresión lineal, el valor significativo es 0,000 (tabla 32), es menor que 0,05, eso significa que rechazamos la Hipótesis nula, se comprueba la Hipótesis Específica H1, ya que

los días de producción de una empresa privada para el periodo Abril – Diciembre 2018 influye moderadamente en los días de producción en una empresa privada para el periodo Abril - Diciembre 2017.

Siendo la propuesta de un Plan de mantenimiento preventivo en una Planta de Tubos estructurados de Polietileno necesario por las paradas imprevistas y continuas, en la producción de tubos estructurados, debido a la falta de prevención anticipada de falla y además de dispositivos y componentes de baja calidad, que presentan fatiga prematura, los cuales son originales de fábrica.

Hipótesis específica N° 2

H2. La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influye de manera directa en las horas de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril – diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.

Se escoge un nivel de significancia del 5% o 0,05, para realizar la comprobación de hipótesis con el valor significativo 0.000 (ver Tabla 37).

De acuerdo al resultado obtenido en el proceso de regresión lineal, el valor significativo es 0,000 (tabla 37), es menor que 0,05, eso significa que rechazamos la Hipótesis nula, se comprueba la Hipótesis Específica H2, ya que las horas de producción de una empresa privada para el periodo Abril – Diciembre 2018 influye moderadamente en las horas de producción en una empresa privada para el periodo Abril - Diciembre 2017.

Siendo la propuesta de un Plan de mantenimiento preventivo en una Planta de Tubos estructurados de Polietileno necesario por las paradas imprevistas y continuas, en la producción de tubos estructurados, debido a la falta de prevención anticipada de falla y además de dispositivos y componentes de baja calidad, que presentan fatiga prematura, los cuales son originales de fábrica.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En nuestra investigación se obtuvo como resultados significativos, valores inferiores a 0.05 dando como resultado hipótesis positiva, lo que evidencia que un plan de mantenimiento preventivo incrementará la producción.

En el estudio realizado por TOLENTINO GARCÍA, Karen Itzel; 2015, las condiciones de falla ocasionadas por transitorios hidráulicos partiendo de la hipótesis de que éstas fueron generadas a partir del cierre de válvulas de seccionamiento ubicadas a lo largo el acueducto Conejos – Médanos en Ciudad Juárez, Chihuahua. Se muestra la falta de análisis a los componentes críticos, que pueden ocasionar falla por mala práctica en el caso de realizar solo un mantenimiento correctivo

Asimismo, en el estudio de MUNCHARAZ, Alejandro Oliver; 2010, propone elaborar y trabajar con una pequeña aplicación en MS Access, para gestionar, a modo de GMAQ, la introducción de máquinas, gestión de repuestos de cada una de ellas y actuaciones sobre las máquinas en concepto de Mantenimiento. En nuestro caso parte de la inversión correspondería a un stock mínimo de repuestos críticos que deben contar en el almacén, en caso que el repuesto demore en importar o sea una parada imprevista.

En el estudio de LAGOS RUIZ, Cristian Leonel; 2008, comprueba que una actividad de reciclaje de los RSD, específicamente PET, y la instalación de una planta recicladora de este producto, obtiene beneficios económicos atractivos para un inversionista, que pueden ser sustentables en el largo plazo, generando además puestos de trabajo, en la recolección del insumo y en la operación de la planta. Asimismo, el estudio de CLAURE ROBLES, Vicente. CORAHUA QUISPE, Alex. VENTOCILLA CARHUAMACA, Elmer. VINELLI RAMIREZ, Luis Miguel; 2017, las mejoras propuestas permitirán incrementar la eficiencia operativa de EPPA mediante balances de línea, cambios en la configuración de la disposición de planta, mejora en la administración de inventarios y procesos que permitirían un impacto significativo positivo en la reducción de los costos operativos. En nuestro caso es reconocido que una

planta de plásticos es rentable, siempre y cuando su manutención y mantenimiento sea el adecuado.

Se puede constatar el estudio de HUALLA PALO, Rody Nelson; 2017, generó un cambio de cultura en los colaboradores, abastecimiento a los equipos de molienda, permitiendo incrementar las horas de trabajo efectivo. y como consecuencia la reducción del inventario de scrap de 323 toneladas en agosto del 2013 a 52 toneladas en julio del 2015, además la disminución de la generación de scrap de 9% en agosto del 2013 a 5.7% en julio del 2015. Económicamente se justificó el proyecto debido a que se obtuvo un ratio VPN de 379,849 dólares, TIR 40% y un ratio costo beneficio de 1.77. En el caso de nosotros un plan de mantenimiento tendrá gran aceptación por parte de los trabajadores, ya que no estarán a la expectativa de que puede ocurrir un problema en cualquier momento.

En el estudio MUÑOZ PINZÓN, Sergio Antonio; 2014, hasta el momento las investigaciones se han enfocado en la soldadura mediante fricción batido de planchas planas de plástico y no existen publicaciones relacionadas con la soldadura en tuberías fabricadas con polímeros, la soldadura de tubería presenta dificultades de accesibilidad por lo que en general únicamente es posible soldar de un solo lado, la cara del diámetro externo de la tubería; esta dificultad impide el uso de la herramienta auto-reactiva o el uso de doble pase por la dificultad de acceder al interior de las tuberías. En este estudio se analiza la factibilidad de usar el método de soldadura por fricción batido en tuberías de polietileno con base en sus propiedades mecánicas y su microestructura. En nuestro caso se aprecia la complejidad con la que la planta fabrica los tubos estructurados soldándolos uniformemente anillo con anillo, por ello es importante el mantenimiento preventivo para que no pierda la sincronización fina que posee la maquina en el soldeo de los anillos entre sí.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

En la realización de investigación para realizar esta tesis, se actuó de acuerdo al Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y con la ética respectiva en la información relevante proporcionada por los encargados de la planta de tubos, además de información adicional proporcionada por experiencias de otros profesionales tomados en consideración, libros y otras tesis, fueron tratados de manera leal. Se tomó en consideración las normas ISO 9001-2015 gestión de calidad, la norma ISO 14001-2015 gestión al ambiente, la norma ISO 27001-2013 gestión de la seguridad de la información, norma que, durante el proceso de formulación de la presente tesis, nos solicitó la empresa CIDESAL, tener mucho cuidado con la información publicada, además de la norma ISO 690 elaboración de citas y referencias bibliográficas.

VII. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la herramienta de encuesta empleada, para la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la producción en la planta de tubos estructurados; es viable debido que el 93% de los que trabajan en la empresa respaldan que se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo.
2. De acuerdo a las herramientas de revisión de estado de los equipos que compone la planta de tubos estructurados, se llega a la conclusión de que posee zonas críticas que deben ser monitoreadas empleando un plan de mantenimiento preventivo propuesto.
3. De acuerdo a la herramienta estadística se comprueba que requiere implementar un plan de mantenimiento preventivo en la planta de tubos estructurados, para incrementar la producción y disminuir las fallas. Con ello podrán ingresar más pedidos de fabricación de tubos.

VIII. RECOMENDACIONES

1. La Implementación del plan de mantenimiento, ayudaría a tener un mejor control de los gastos fijos originados en la planta de tuberías, y tener una proyección de los gastos en los en los siguientes años.
2. El plan de mantenimiento revisaría las etapas más críticas de producción evitando paradas prolongadas por falta de Stock en ciertas piezas críticas, además de contribuir con el bienestar del personal que opera e interfiere directamente en la planta de tubos, ya que una falla imprevista podría ocasionar un accidente de gravedad.
3. Al no tener paradas imprevista y generar tiempos de mantenimiento y revisión, se podrá organizar más pedidos de fabricación, aumentando la producción, y por lo tanto mayor ganancias a la empresa, la cual puede invertir en mejoras a la planta de tubos y de sus trabajadores.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Actual, Diccionario. 2017.** ¿Qué es accesorio para el automóvil? 07 de Marzo de 2017.
- Álvarez, Gabriel Antuán Sierra. 2004.** Programa de mantenimiento preventivo para la empresa Metalmecánica Industrias AVM S.A. 2004.
- Alvarez, Rody Nelson Hualla Palo & Carlos Cárdenas. 2017.** Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PVC y PEAD aplicando herramientas de calidad y lean manufacturing. San Miguel, Peru : s.n., 2017.
- Arana, Pedro Miguel Angulo. 2010.** El plazo razonable y las desacumulaciones. Lima, Peru : s.n., 29 de Mayo de 2010.
- Bravo, Juan. 2008.** Gestión de Procesos. Santiago de Chile, Chile : 2a, 2008.
- Concha Flores, Shirley Inés. 2014.** Diseño del plan de aseguramiento de la calidad del proceso de termofusión de tuberías de polipropileno. Septiembre de 2014.
- DAlessio, Fernando. 2002.** Administracion y Direccion de La Produccion. s.l., MEXICO : 2da, 2002.
- Eduardo Andreu Alabarta, Rafael Martínez-Vilanova Martínez. 2011.** Cómo gestionar una PYME mediante el cuadro de mando. Madrid, España : ESIC Editorial, 2011.
- Escuela Colombiana de Ingenieria. 2018.** [En línea] 2018. [Citado el: 15 de 05 de 2019.]
https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3637_soldadura.pdf.
- Gallegos, Armando. 2015.** Dokumen. [En línea] 2015. [Citado el: 15 de 05 de 2019.] <https://dokumen.tips/documents/mantenimiento-cero-horas.html>.
- García , Santiago. 2012.** *Ingenieria de Mantenimiento - Manual práctico para la Gestión Eficaz*. Madrid : RENOVETEC, 2012.

- García, Karen Itzel Tolentino. 2015.** Propagación rápida de falla en tuberías plásticas”. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis para optar por el grado de: Maestra en Ingeniería. Mexico D.F., Mexico : s.n., Noviembre de 2015.
- Guzman, Jorge Luis Gonzales. 2016.** Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C. Chiclayo, Peru : s.n., 14 de Octubre de 2016.
- Hitpass, B., Rücker, B., & Freund, J. 2014.** Manual de Referencia y Guía Práctica. Santiago de Chile, Chile : 4a, 2014.
- IEPSA.** Manual de Procedimientos. [En línea] [Citado el: 15 de 05 de 2019.] http://www.iepsa.gob.mx/Normateca/P-MA-02_MtoCorr.pdf.
- J., Rodrigo Pascual. 2008.** El Arte de Mantener. Santiago, Chile : s.n., Septiembre de 2008.
- Kotler, P. and Armstrong, G. 2004.** Principles of Marketing. New Jersey, Estados Unidos : 10th Edition, 2004.
- Kotler, Philip y Armstrong, Gary. 2013.** Fundamentos de marketing. s.l., Mexico : Prentice Hall Mexico, 2013.
- Martínez, Eduardo Andreu Alabarta & Rafael Martínez-Vilanova. 2011.** Cómo gestionar una PYME mediante el cuadro de mando. s.l., Madrid, España : ESIC Editorial, 2011.
- Mendo, Verónica Morales Sánchez & Antonio Hernández. 2004.** Calidad y satisfacción en los servicios: conceptualización. Buenos aires, Argentina : s.n., Junio de 2004.
- Muncharaz, Alejandro Oliver. 2010.** Planteamiento para la optimización del mantenimiento preventivo en una instalación industrial. Valencia, España : s.n., Diciembre de 2010.

- Negrón, David F. Muñoz. 2009.** Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios. s.l., Mexico : Cengage Learning Editores, 23 de Febrero de 2009.
- Pinto, Alan Kardec. 2002.** Mantenimiento: función estratégica. s.l. : Qualitymark, 2002.
- Prompyme. 2005.** Manual de la gestión de la producción. s.l., Ecuador : 1era, 2005.
- RENOVETEC.** Ingeniería del Mantenimiento. [En línea] RENOVE Tecnología. [Citado el: 15 de 05 de 2019.] <http://ingenieriadelmantenimiento.com/>.
- Ruiz, Raul Vilcarromero. 2015.** La Gestión en la producción. 2015.
- Schiffman, Leslie Lazar Kanuk & Leon G. 2010.** Comportamiento del consumidor. s.l., Mexico : Pearson, 2010.
- Tolentino, K. 2015.** Propagación Rápida de Falla en Tuberías Plásticas. *Tesis de Maestría en Ingeniería*. [Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Ingeniería Civil – Hidráulica]. México D.F. : Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.
- Torres, Juan Carlos Valdivieso. 2010.** Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa EXTRUPLAS S.A. Cuenca, España : s.n., 2010.
- Torres, Julia Irene Iturralde. 2011.** La evaluación del desempeño laboral y su incidencia en los resultados del rendimiento de los trabajadores de la Cooperativa de Ahorro y Crédito OSCUS LTDA de la ciudad de Ambato en el año 2010. Ambato, Ecuador : s.n., 2011.
- Velasco, José Antonio Pérez Fernández de. 2010.** Gestión por procesos. s.l., Mexico : 4a, 26 de julio de 2010.
- Ventilación Mecánica.* **Urrutia, Isabella y Cristancho, William. 2006.** Colombia : Universidad del Cauca, 2006.

Vicente Claire Robles, Alex Corahua Quispe, Elmer Ventocilla

Carhuamaca & Luis Miguel Vinelli Ramírez. 2017. Diagnóstico Operativo Empresarial de la Empresa de Plásticos Perú Alfa S.R.L. Surco, Peru : s.n., Octubre de 2017.

X. ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UNA PLANTA DE TUBOS ESTRUCTURADOS DE POLIETILENO, PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN

AUTORES: JORGE JAVIER GAVELÁN GAMARRA - MIGUEL ANGEL CCAMA TITO

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA				
1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3. OBJETIVOS	4. HIPÓTESIS	5. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN
<p>Una de las líneas de producción de la empresa CIDELSA, es la nueva planta de tubos, que consta de una maquinaria de producción de tubos estructurados HDPE (Poliétileno de alta densidad) adquirida a la empresa fabricante de máquinas LIANSU (de la República Popular China) a principios del año 2016, conformada por ocho partes principales, las limitantes de la producción de las tubos estructurados son las fallas continuas que se suscitan en toda la maquinaria y por tanto no poder cumplir con las entregas en los tiempos establecidos.</p> <p>No se cuenta con información impresa y/o en digital que el fabricante, LIANSU, haya proporcionado respecto a los procedimientos y directivas recomendadas para el mantenimiento y conservación del equipo, tampoco existen indicaciones o recomendaciones respecto a las medidas de seguridad que deben considerarse al realizar labores de</p>	<p>2.1 PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿En qué medida un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno incrementará la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril – diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018?</p>	<p>3.1 OBJETIVO GENERAL</p> <p>Proponer un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno para incrementar la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril – Diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.</p>	<p>4.1 HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en una planta de tubos estructurados de polietileno incrementará la demanda de producción en una empresa privada para el periodo Abril – diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.</p>	<p>5.1 LIMITANTE TEÓRICO</p> <p>La poca o casi nula existencia de información técnica por parte del fabricante y también de la empresa, hacen que no se realicen mantenimientos a la máquina productora de tubos estructurados. No existe un plan de mantenimiento preventivo, no hay programa de actividades para intervenir a la planta ante una parada en la producción, no hay lista de repuestos críticos, en fin ninguna recomendación por parte del proveedor para poder dar soporte técnico programado.</p>
	<p>2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO</p> <p>a. ¿En qué medida la propuesta del plan de mantenimiento preventivo influye en los días de producción de una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018?</p> <p>b. Determinar en qué medida la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo influirá en las horas de producción de una planta de tubos</p>	<p>3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO</p> <p>a. Determinar como la propuesta del plan de mantenimiento preventivo influirá en los días de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.</p> <p>b. Determinar en qué medida la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo influirá en las horas de producción de una planta de tubos estructurados de</p>	<p>4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>a. La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influirá de manera directa el día de producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.</p> <p>b. La propuesta del plan de mantenimiento preventivo influirá de manera directa en las horas de</p>	<p>5.2 LIMITANTE TEMPORAL</p> <p>Falta de capacitación al personal que opera la máquina, poca disponibilidad de tiempo por parte del personal para programar capacitaciones y evaluar el funcionamiento en base al seguimiento detallado del comportamiento de la maquinaria a través de sus parámetros de operación.</p> <p>La poca o incontinua producción por falta de pedidos (situación económica del país), hace que el seguimiento a la operación de la máquina sea muy lento o se tenga que postergar.</p>

<p>mantenimiento. No se detalla el perfil del personal técnico que debe intervenir este tipo de maquinarias. En fin, es poca o casi nula la documentación técnica que se tiene archivada.</p> <p>Las frecuentes fallas en la maquinaria de la planta de tubos, ocasionan continuas paradas imprevistas, debido a que no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.</p> <p>Asimismo también debemos mencionar que la baja confiabilidad de algunos accesorios, componentes y requerimientos adicionales, distribuidos en toda la maquinaria de la planta de tubos, como son: rodamientos que se fragmentan en corto tiempo, así como el deterioro rápido de las válvulas, finales de carrera, resistencias, acoples, sellos, fabricados con materiales inadecuados y de baja calidad, problemas en la operación del chiller (enfriador del agua que interviene en el proceso), electrobombas, torre de enfriamiento, etc., provocan fatiga y degradación prematura debido a su inadecuada manufactura, lo que redundaría en una incorrecta fabricación de tubos estructurados.</p>	<p>estructurados de polietileno periodo Abril - Diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.</p>	<p>polietileno periodo Abril - Diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.</p>	<p>producción en una planta de tubos estructurados de polietileno periodo Abril - diciembre 2019 a diferencia de los años 2017 y 2018.</p>	<p>5.3 LIMITANTE ESPACIAL</p> <p>Limitación en cuanto a espacios para el análisis y toma de datos, para el almacenamiento programado de repuestos, para las intervenciones técnicas ante una urgencia por interrupción de la producción a causa de la inoperatividad de la maquinaria.</p> <p>El ambiente de trabajo, planta de producción, está ocupado en gran parte por la maquinaria para la producción de tuberías.</p> <p>Una correcta ubicación de los insumos para la producción y otros que intervienen en los procesos, seguido de una señalización adecuada, orden en la distribución de material disperso y otros, hará que el espacio de trabajo mejore considerablemente.</p>
---	--	---	--	---

**ANEXO 2. ENCUESTA DEL PERSONAL PARTICIPANTE DE LA PLANTA
DE TUBERÍAS**

ENCUESTA DEL PERSONAL PARTICIPANTE DE LA PLANTA DE TUBERÍAS				
ENCUESTA N°				
Objetivo: Es recabar información necesaria de todos los participantes del proceso de fabricación de tubos estructurados, desde el personal operario hasta el personal administrativo, para identificar que tanto conoce el personal sobre las principales condiciones de producción de tubos estructurados de polietileno HDPE				
N°	PREGUNTAS	SI	NO	NO SABE / NO OPINA
1	¿Conoce la disponibilidad de planta?			
2	¿Conoce las previsiones ante un futuro pedido?			
3	¿Conoce el seguimiento y control de la producción?			
4	¿ Tiene entrenamiento para la operación de la Planta de fabricación de tubos?			
5	¿ Conoce sobre el trabajo de calidad ejecutado al producto (tubos estructurados)?			
6	¿ Considera que la disponibilidad de repuestos principales de la planta se encuentra actualizado?			
7	¿ Considera usted que el almacén de la planta posee capacidad suficiente para resguardar los respuestos e insumos?			
8	¿ Considera que la carga de trabajo de los técnicos están bien distribuidas?			
9	¿ Considera que el procesamiento de información esta debidamente distribuido (O.C., necesidad de materiales, tiempos de producción, paradas, emergencias)?			
10	¿ Considera usted que existe una buena gestión de mantenimiento en la planta de tubos estructurados?			

DESCRIPCIÓN DE PERSONAL A QUIENES FUE DIRIGIDO
LAS ENCUESTAS

TRABAJADORES DE LA EMPRESA CIDELSA QUE TRABAJAN TIEMPO COMPLETO Y EVENTUALMENTE EN LA PLANTA DE TUBOS ESTRUCTURADOS DE POLIETILENO			
Item N°	Cargo del personal encuestado	Cantidad de trabajadores encuestados	Trabajo del personal encuestado
1	Jefe de Calidad (Encargado de la Planta)	1	Supervisa la calidad de fabricación de los productos que provee la empresa CIDELSA, en este caso la calidad de los tubos estructurados de polietileno
2	Operario Principal de la Planta de tubos	1	Encargo del manejo principal de la planta de tubos estructurados de polietileno (Arranque y Programación de automatización).
3	Operario secundario de la Planta de tubos	1	Encargo del manejo secundario de la planta de tubos estructurados de polietileno (Arranque y Programación de automatización), reemplaza al operario principal cuando
4	Técnico de mantenimiento de la empresa Cidelsa	1	Encargado de las reparaciones y mantenimiento de todos los equipos de la empresa CIDELSA, incluido la planta de tubos estructurados de polietileno.
5	Ayudantes en la manipulación de materia prima	6	Personal encargado de trasladar la materia prima e ingresarla de acuerdo a proporción definida en las dos mezcladoras de Pellets.

6	Encargado de almacen y Ayudantes en apilamiento, movimiento y traslado de tubos al cliente	18	Personal encargado de acomodar los tubos producidos de la planta en los almacenes y de manipularlos para su despacho, y transportarlos en ciertos casos en camiones al cliente.
---	--	----	---

ANEXO 3. “METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN”: DE ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI

Según Sampieri (2014) para la muestra existen dos tipos y se categoriza a estas como probabilística y no probabilística, siendo en este caso el estudio, se tomó la segunda; generando la muestra $n = 28$ trabajadores de la empresa.

El lugar de estudio es la propia planta de CIDELSA, en Lurín.

Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La técnica utilizada para recolectar los datos fueron los siguientes:

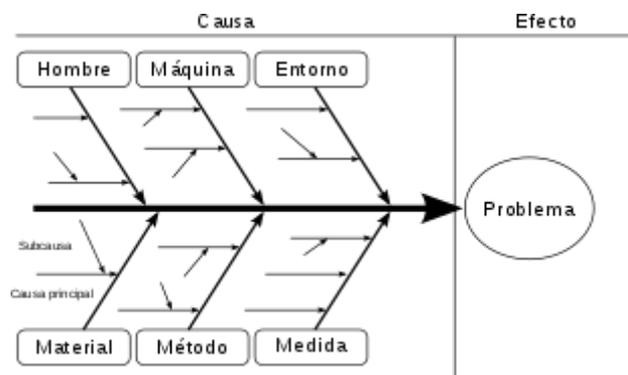
1. Informe de producción del año 2018
2. Cuestionario de 10 ítems, que fue validado mediante una prueba piloto.
3. Para el procesamiento de los datos, se trabajó con el software estadístico SPSS25, en donde se empleó las medidas de tendencia central, modelo de regresión lineal el cual representa al supuesto formulado (Hipótesis). Asimismo, los datos fueron presentados mediante tablas y gráficos con su respectiva interpretación.

ANEXO 4. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (DIAGRAMA ISHIKAWA)

Diagrama de causa efecto o de espina de pez ideado por el ingeniero Ishikawa.

El **diagrama de Ishikawa**, también llamado **diagrama de cola de pescado**, **diagrama de causa-efecto**, **diagrama de Grandal** o **diagrama causal**, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: **diagrama de espina de pez**. Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar.

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un **diagrama causal** es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas u *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control.



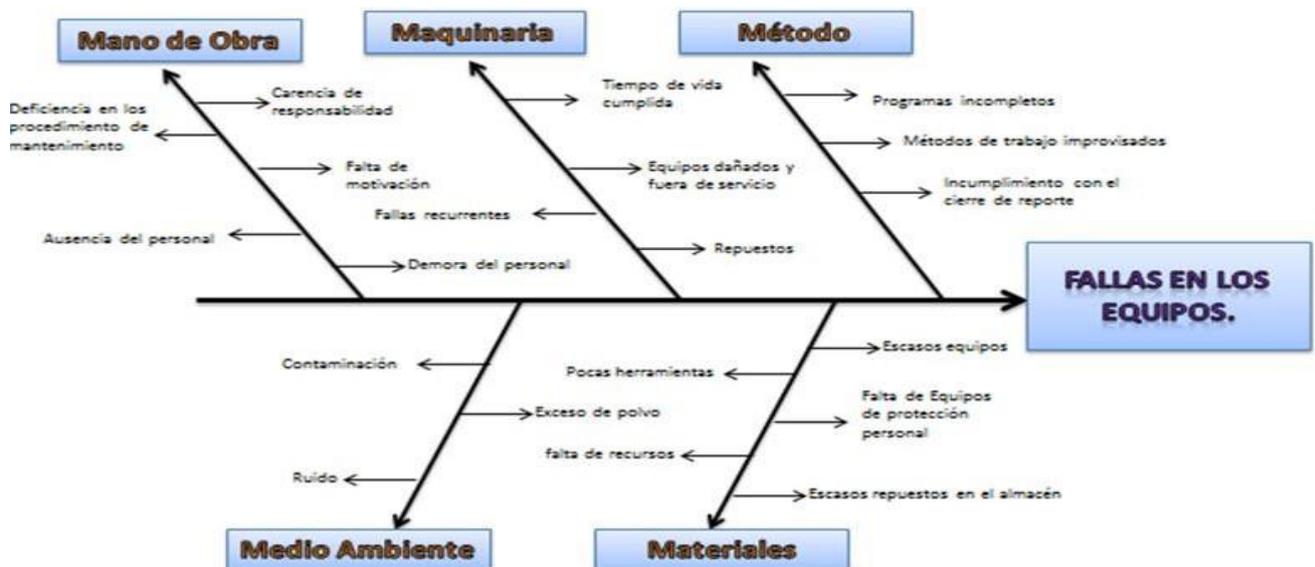
Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas, quien a su vez estaba muy interesado en mejorar el control de la calidad.

Se trata de una herramienta para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan.

Estructura del diagrama Causa-Efecto

El diagrama causa-efecto está compuesto por un recuadro que constituye la cabeza del pescado, una línea principal, que constituye su columna, y de 4 a más líneas apuntando a la línea principal formando un ángulo de unos 70°, que constituyen sus espinas principales. Cada espina principal tiene a su vez varias espinas y cada una de ellas puede tener a su vez de dos a tres espinas menores más.

Esquemáticamente el diagrama causa-efecto para las necesidades de cambios que requiere la empresa para mejorar la producción de tubos estructurados de polietileno modelo LSWP-1500 es el siguiente:



De acuerdo a las incidencias graficadas en el Diagrama Ishikawa se muestran en este apartado los eventos que ocasionen pérdidas, tiempos de respuesta no aceptables o no cumplimiento de Acuerdos de Niveles de Servicio existentes de determinado servicio de mantenimiento.

ANEXO 5. AMEF “Análisis de Modo y Efecto de Falla” (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis)

¿Qué es AMEF?

Tomado de los sectores que apuestan alto como la industria aeroespacial y defensa, el Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un SISTEMA con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Los AMEFs fueron formalmente introducidos a finales de los 40's mediante el estándar militar 1629. Utilizados por la industria aeroespacial en el desarrollo de cohetes, los AMEFs y el todavía más detallado Análisis Crítico del Modo y Efecto de Falla (ACMEF) fueron de mucha ayuda en evitar errores sobre tamaños de muestra pequeños en costosa tecnología.

El principal empuje para la prevención de fallas vino durante los 60's, mientras se desarrollaba la tecnología para enviar un hombre a la luna en la misión Apolo, en este momento la Ford Motor Company estaba siendo presionada por los altos costos de demandas de responsabilidad civil derivados de los problemas de calidad en sus vehículos, por tal motivo introdujo los AMEFs.

En 1993 Chrysler, Ford y GM crearon el documento «Potencial Failure Mode And Effects Analysis» que cubría los tipos vigentes de AMEF. El documento formó parte de la norma QS 9000 (Hoy conocida como ISO 16949).

¿Que se logra al implementar AMEF?

- Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran (principal función).
- Reducir los costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re-trabajos).
- Acorta el tiempo de desarrollo de nuevos productos o procesos.
- Documenta los conocimientos sobre los procesos.
- Incrementa la satisfacción del cliente.
- Mantiene el Know-How en la compañía.

Tipos comunes de AMEF



1-AMEF DE SISTEMA (S-AMEF) – Asegura la compatibilidad de los componentes del sistema

2-AMEF DE DISEÑO (D-AMEF) – Reduce los riesgos por errores en el diseño.

3-AMEF DE PROCESO (P-AMEF) – Revisa los procesos para encontrar posibles fuentes de error.

AMEF de diseño (D-AMEF)

- Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los Modos de Falla asociados con la funcionalidad de un componente, causados por el diseño
- Evalúa subsistemas del producto o servicio.
- Se realiza cuando el Diseño aun esta en planos

AMEF de proceso (P-AMEF)

- Se usa para analizar los procesos de manufactura o servicios, Se enfoca en hallar los riesgos o la incapacidad de cumplir con las expectativas del cliente.
- Los Modos de Falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF de Diseño.
- Asume que el producto según el diseño cumplirá su intención final
- Evalúa cada paso del proceso (producción o servicio).
- Usado en el análisis de proceso y transiciones
- No debe utilizar controles en el proceso para superar debilidades del diseño.

Para nuestro caso se realizó el análisis de la siguiente manera:

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO INTEGRAL.

Equipo:	Máquina de producción de tubos espiralados	AMEF N°:	1																	
Modelo:	LSWP-1500	Elaborado:	JJGG																	
Sistema:	Sistema de extrusora LSS-65	Fecha:	04/08/2017																	
Componente / Operación	Función	Modo de falla potencial	Efecto de la falla	Severidad	Causa de la falla potencial	Ocurrencia	Controles actuales de detención	Detención	NPR	Acciones recomendadas	Área/ Individuo responsable a la fecha de terminación	Seguridad Medio ambiental	Severidad	Ocurrencia	Detención	NPR				
Resistencia eléctricas	Calentar el material plástico para su extrusión	corto circuito y enfriamiento del sistema.	Obstrucción del material Parada del equipo	9	mal fabricado la resistencia eléctrica	4	Revisión de resistencia después de cada parada	3	108	Cambio progresivo de todas las resistencias	Técnico engargado de manto y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	4	1	2	8				
Válvulas	regulan el paso del aire y del agua para el enfriamiento del equipo	obstrucción y evitar que se refrigere el sistema	Recalentamiento del sistema, parada del equipo	8	Mala calidad de las valvulas	7	Revisión de resistencia después de cada parada	7	392	Cambio progresivo de todas las resistencias	Técnico engargado de manto y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	3	1	1	3				
Transmisión de caja	Proporciona el aumento de fuerza al tornillo sin fin para trasladar el plástico caliente	Falla en los engranajes o rodamientos	Obstrucción, parada del equipo	10	Mala calidad de los rodamientos	2	Realizar análisis de aceite	3	60	Cambio total de rodamientos cuando presente contaminación en el aceite	Técnico engargado de manto y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	4	1	1	4				
Termocuplas	Miden la temperatura, para que no se sobrepase a lo indicado ni tampoco disminuya.	Falla de las termocuplas y no emite señal	Recalentamiento del sistema, parada del equipo	9	Mala calidad del producto	6	Revisión de resistencia después de cada parada	8	432	Cambio progresivo de todas las termocuplas	Técnico engargado de manto y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	3	2	1	6				
Motor eléctrico	Proporciona la fuerza a la transmisión, que a su vez mueve el tornillo sin fin	corto circuito interno del motor	Se queme el motor y proporciona una parada inesperada.	10	Mal armado del aislamiento dentro del motor	2	Revisar amperaje en el funcionamiento	2	40	Controlar el amperaje con las horas trabajadas, cambiar rodajes al detectar pequeñas fallas	Técnico engargado de manto y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	4	1	1	4				
Retenes	Se encarga de evitar la contaminación del aceite al ambiente y a la materia prima.	Rotura de los labios de sellos o desgaste prematuro	Producto contaminado, contaminación en el ambiente	2	Mala calidad del reten	3	tomar en cuenta la calidad y las horas de trabajo	7	42	Reemplazar los retenes de acuerdo a un control de horas de desgaste	Técnico engargado de manto y operario principal de planta	Implementar mantenimiento predictivo	1	1	1	1				

Ahora, llega el momento de clasificarlos según su importancia, para ello a cada modo de fallo le asignaremos tres valores:

S: nivel de severidad (gravedad del fallo percibida por el usuario)

O: nivel de incidencia (probabilidad de que ocurra el fallo)

D: nivel de detección (probabilidad de que NO detectemos el error antes de que el producto se use)

$$NPR = S * O * D$$

Incidencia de prioridad de fallo = Severidad * Probabilidad de Incidencia * Probabilidad de no Detección

Este valor nos dirá la importancia del modo de fallo que estamos analizando.

ANEXO 6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

¿Qué es el análisis de Criticidad?

Es una metodología que permite establecer jerarquías entre:

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipos
- Elementos de un equipo

De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación.

Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

Activo: Término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja. Puede ser humano, físico y financiero intangible. Por ejemplo: el personal, centros de trabajo, plantas y equipos, entre otros.

Acción/recomendación: Es la asignación para ejecutar una tarea o serie de tareas para resolver una causa identificada en la investigación de una falla o problema.

Afectación: Es la limitación y condiciones que se imponen por la aplicación de una ley al uso de un predio o un bien particular o federal, para destinarlos total o parcialmente a obrar de utilidad pública.

Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos (FMECA, Failure Mode, Effects and Criticality Analysis): Es un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

Causa de falla: Circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación, uso y mantenimiento que hayan conducido a una falla.

Confiabilidad operacional: Es la capacidad de un activo (representado por sus procesos, tecnología y gente) para cumplir sus funciones o el propósito que se espera de este, dentro de sus límites de diseño y bajo un Contexto Operacional determinado.

Consecuencia: Resultado de un evento. Puede existir una o más consecuencias de un evento, las cuales sean expresadas cualitativa o cuantitativamente. Por ello, los modelos para el cálculo deben considerar los

impactos en seguridad, higiene, ambiente, producción, costos de reparación e imagen de la empresa.

Consecuencia de una Falla: Se define en función a los aspectos que son de mayor importancia para el operador, como el de seguridad, el ambiental y el económico.

Contexto Operacional: Conjunto de factores relacionados con el entorno; incluyen el tipo de operación, impacto ambiental, estándares de calidad, niveles de seguridad y existencia de redundancias.

Criticidad: Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

Defecto: Causa inmediata de una falla: desalineación, mal ajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros.

Efecto de falla: Describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla.

Falla: Terminación de la habilidad de un ítem para ejecutar una función requerida.

Falla funcional: Es cuando el ítem no cumple con su función de acuerdo al parámetro que el usuario requiere.

Jerarquización: Ordenamiento de tareas de acuerdo con su prioridad.

Modo de falla: Es la forma por la cual una falla es observada. Describe de forma general como ocurre y su impacto en la operación del equipo. Efecto por el cual una falla es observada en un ítem fallado. Hechos que pueden haber causado cada estado de falla.

Mecanismo de falla: Proceso físico, químico u otro que ha conducido un deterioro hasta llegar a la falla.

Prioridad: La importancia relativa de una tarea en relación con otras tareas.

Riesgo: Este término de naturaleza probabilística está definido como la "probabilidad de tener una pérdida". Comúnmente se expresa en unidades monetaria.

Matemáticamente se expresa como:

$$R(t) = P(t) \times C$$

Dónde: $R(t)$ es el riesgo en función del tiempo P_f es la probabilidad de ocurrencia de un evento en función del tiempo, y C sus consecuencias.

Descripción de la metodología de Análisis de Criticidad.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

Figura: Matriz de criticidad



La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis.

Para nuestro caso, se realiza la evaluación de criticidad de los principales equipos que operan en la Planta de Tubos Estructurados de Polietileno.

Evaluación de criticidad de los equipos

ITEM	Nombre de los sistema de los equipos	Nivel de Criterios							Criticidad General
		Disponibilidad de Maquinaria	Costos de reparación	La Producción	Calidad	Frecuencia de falla	Seguridad Industrial	Seguridad Medio ambiental	
1	1.- Sistema de extrusora LSS-80	3	3	3	1	1	3	1	15
2	2.- Sistema moldeador de núcleo de tubo rectangular.	3	2	2	2	1	2	1	13
3	3.- Unidad de calibración en vacío.	3	2	2	3	1	1	1	13
4	4.- Unidad de refrigeración por aspersion.	2	1	1	1	1	1	2	9
5	5.- Sistema formador (enrolladora de perfil).	3	3	2	3	2	3	1	17
6	6.- Sistema de extrusora LSS-65	3	2	2	2	2	3	1	15
7	7.- Unidad de Corte	1	1	1	1	1	2	1	8
8	8.- Sistema de aplado	1	1	1	1	1	1	1	7

ITEM	Variables	VALORES		
		1	2	3
1	Disponibilidad de Máquina	Tiempo muerto de < 8 Hs	Tiempo muerto de 8-24Hs	Tiempo muerto > 24 Hs
2	Costos de reparación	Costos asociados menores a \$ 4,000.00	Costos asociados entre \$4- 8M	Costos asociados mayores a \$ 10,000.00
3	La producción	Ocasiona una reducción < 40% en la velocidad de producción	Ocasiona una reducción > 40% en la velocidad de producción	Ocasiona detención completa de la unidad
4	Calidad	Producto con desviación en especificaciones pero en un 90%	Producto con desviación en especificaciones pero en un 90%	Producto inaceptable
5	Frecuencia de falla	Costos asociados menores a \$ 2,000.00	Costos asociados entre \$2- 4M	Costos asociados mayores a \$ 4,000.00
6	Seguridad Industrial	Ocasiona accidentes sin incapacidad médica	Ocasiona accidentes con incapacidad médica	Ocasiona accidentes graves con fatalidades
7	Seguridad Medio ambiental	Genera emisiones por vapores a la atmosfera por sobrecalentamiento	Genera emisiones por vapores / gases tóxicos	Genera contaminación al ambiente total

Información recopilada de la producción realizada en la Plata de Tubos Estructurados, en los años 2017 y 2018.

PRODUCCIÓN DE TUBOS Ø 900 mm, SN4, de 6 metros de longitud. AÑO 2017													
Peso nominal del tubo de Ø de 900 mm SN4, es 48.62 kg/m. En tramo de 6 m es 291.72 kg.													
Item	N° de Ordenes de Compra	Meses de producción	Semanas de producción	Pedido de ordenes de compra	Demanda de producción	Días de producción	Horas de producción	Promedio de grosor de pared mayor o igual a 4.8 mm	Promedio de grosor de pared menor a 4.8 mm	Tubos aceptados	Tubos rechazados	Porcentaje de rechazados	
1	001 - 2017	Enero	Semana 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	002 - 2017		Semana 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	003 - 2017		Semana 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	004 - 2017		semana 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	005 - 2017	Febrero	Semana 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	006 - 2017		Semana 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	007 - 2017		Semana 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	008 - 2017		semana 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	009 - 2017	Marzo	Semana 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	010 - 2017		Semana 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	011 - 2017		Semana 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	012 - 2017		semana 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	013 - 2017	Abril	Semana 1	21.00	23.00	1.51	36.27	4.84	4.55	21.00	3	12.50%	
	014 - 2017		Semana 2	45.00	50.00	3.29	78.84	4.88	4.42	45.00	3	6.25%	
	015 - 2017		Semana 3	30.00	33.00	2.17	52.04	4.86	4.38	30.00	2	6.25%	
	016 - 2017		semana 4	54.00	59.00	3.88	93.04	4.90	4.62	54.00	2	3.57%	
5	017 - 2017	Mayo	Semana 1	58.00	64.00	4.20	100.92	4.87	4.32	58.00	3	4.92%	
	018 - 2017		Semana 2	53.00	58.00	3.81	91.46	4.85	4.38	53.00	3	5.36%	
	019 - 2017		Semana 3	62.00	68.00	4.47	107.23	4.88	4.46	62.00	4	6.06%	
	020 - 2017		semana 4	67.00	74.00	4.86	116.69	4.86	4.74	67.00	4	5.63%	
6	021 - 2017	Junio	Semana 1	65.00	72.00	4.73	113.53	4.91	4.20	65.00	4	5.80%	
	022 - 2017		Semana 2	70.00	77.00	5.06	121.42	4.86	4.26	70.00	4	5.41%	
	023 - 2017		Semana 3	68.00	75.00	4.93	118.26	4.88	4.52	68.00	4	5.56%	
	024 - 2017		semana 4	57.00	63.00	4.14	99.34	4.84	4.58	57.00	3	5.00%	
7	025 - 2017	Julio	Semana 1	74.00	81.00	5.32	127.73	4.92	4.62	74.00	4	5.13%	
	026 - 2017		Semana 2	66.00	73.00	4.80	115.11	4.94	4.68	66.00	4	5.71%	
	027 - 2017		Semana 3	48.00	53.00	3.48	83.57	4.86	4.72	48.00	3	5.88%	
	028 - 2017		semana 4	74.00	81.00	5.32	127.73	4.95	4.53	74.00	3	3.90%	
8	029 - 2017	Agosto	Semana 1	67.00	74.00	4.86	116.69	4.91	4.44	67.00	3	4.29%	
	030 - 2017		Semana 2	46.00	51.00	3.35	80.42	4.88	4.48	46.00	2	4.17%	
	031 - 2017		Semana 3	73.00	80.00	5.26	126.15	4.95	4.25	73.00	4	5.19%	
	032 - 2017		semana 4	69.00	76.00	4.99	119.84	4.92	4.35	69.00	4	5.48%	
9	033 - 2017	Setiembre	Semana 1	71.00	78.00	5.12	123.00	4.97	4.66	71.00	4	5.33%	
	034 - 2017		Semana 2	68.00	75.00	4.93	118.26	4.85	4.70	68.00	3	4.23%	
	035 - 2017		Semana 3	78.00	86.00	5.65	135.61	4.98	4.48	78.00	4	4.88%	
	036 - 2017		semana 4	49.00	54.00	3.55	85.15	4.82	4.28	49.00	2	3.92%	
10	037 - 2017	Octubre	Semana 1	77.00	85.00	5.58	134.03	4.96	4.22	77.00	4	4.94%	
	038 - 2017		Semana 2	75.00	83.00	5.45	130.88	4.94	4.54	75.00	4	5.06%	
	039 - 2017		Semana 3	80.00	88.00	5.78	138.76	4.98	4.24	80.00	4	4.76%	
	040 - 2017		semana 4	56.00	62.00	4.07	97.77	4.83	4.10	56.00	2	3.45%	
11	041 - 2017	Noviembre	Semana 1	68.00	75.00	4.93	118.26	4.85	4.33	68.00	3	4.23%	
	042 - 2017		Semana 2	66.00	73.00	4.80	115.11	4.88	4.47	66.00	4	5.71%	
	043 - 2017		Semana 3	78.00	86.00	5.65	135.61	4.92	4.22	78.00	4	4.88%	
	044 - 2017		semana 4	68.00	75.00	4.93	118.26	4.96	4.44	68.00	3	4.23%	
12	045 - 2017	Diciembre	Semana 1	74.00	81.00	5.32	127.73	4.94	4.57	74.00	4	5.13%	
	046 - 2017		Semana 2	80.00	88.00	5.78	138.76	4.98	4.62	80.00	4	4.76%	
	047 - 2017		Semana 3	72.00	79.00	5.19	124.57	4.94	4.66	72.00	4	5.26%	
	048 - 2017		semana 4	67.00	74.00	4.86	116.69	4.89	4.58	67.00	3	4.29%	
			Totales =	2294.00	2527.00					2294.00	122		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La cantidad de tubos aceptados, será igual a la cantidad de pedido de orden de compra y no a la demanda de producción, porque los tubos rechazados, supera la unidad por cada orden de compra, y la empresa no quiere arriesgarse con más merma.

PRODUCCIÓN DE TUBOS Ø 900 mm, SN4, de 6 metros de longitud. AÑO 2018													
Peso nominal del tubo de Ø de 900 mm SN4, es 48.62 kg/m. En tramo de 6 m es 291.72 kg													
Item	N° de Ordenes de Compra	Meses de producción	Semanas de producción	Pedido de ordenes de compra	Demanda de producción	Días de producción	Horas de producción	Control de calidad (Espesores de paredes, norma NTP ISO 21138)		Tubos aceptados	Tubos rechazados	Porcentaje de rechazados	
								Promedio de grosor de pared mayor o igual a 4.8 mm	Promedio de grosor de pared menor a 4.8 mm				
1	001 - 2018	Enero	Semana 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	002 - 2018		Semana 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	003 - 2018		Semana 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	004 - 2018		semana 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	005 - 2018	Febrero	Semana 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	006 - 2018		Semana 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	007 - 2018		Semana 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	008 - 2018		semana 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	009 - 2018	Marzo	Semana 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	010 - 2018		Semana 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	011 - 2018		Semana 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	012 - 2018		semana 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	013 - 2018	Abril	Semana 1	18.00	20.00	1.52	31.54	4.80	4.22	18.00	2	10.00%	
	014 - 2018		Semana 2	49.00	54.00	4.10	85.15	4.88	4.34	49.00	3	5.77%	
	015 - 2018		Semana 3	38.00	42.00	3.19	66.23	4.84	4.52	38.00	3	7.32%	
	016 - 2018		semana 4	52.00	57.00	4.33	89.88	4.90	4.41	52.00	4	7.14%	
5	017 - 2018	Mayo	Semana 1	44.00	48.00	3.65	75.69	4.88	4.12	44.00	4	8.33%	
	018 - 2018		Semana 2	48.00	53.00	4.03	83.57	4.85	4.18	48.00	4	7.69%	
	019 - 2018		Semana 3	59.00	65.00	4.94	102.50	4.92	4.58	59.00	5	7.81%	
	020 - 2018		semana 4	63.00	69.00	5.24	108.80	4.94	4.54	63.00	5	7.35%	
6	021 - 2018	Junio	Semana 1	56.00	62.00	4.71	97.77	4.97	4.48	56.00	4	6.67%	
	022 - 2018		Semana 2	68.00	75.00	5.70	118.26	4.88	4.42	68.00	5	6.85%	
	023 - 2018		Semana 3	72.00	79.00	6.00	124.57	4.98	4.53	72.00	6	7.69%	
	024 - 2018		semana 4	55.00	61.00	4.63	96.19	4.92	4.46	55.00	4	6.78%	
7	025 - 2018	Julio	Semana 1	68.00	75.00	5.70	118.26	4.90	4.57	68.00	4	5.56%	
	026 - 2018		Semana 2	72.00	79.00	6.00	124.57	5.02	4.37	72.00	5	6.49%	
	027 - 2018		Semana 3	44.00	48.00	3.65	75.69	4.88	4.28	44.00	3	6.38%	
	028 - 2018		semana 4	75.00	83.00	6.31	130.88	4.98	4.34	75.00	5	6.25%	
8	029 - 2018	Agosto	Semana 1	71.00	78.00	5.93	123.00	4.92	4.17	71.00	5	6.58%	
	030 - 2018		Semana 2	50.00	55.00	4.18	86.73	4.86	4.12	50.00	3	5.66%	
	031 - 2018		Semana 3	67.00	74.00	5.62	116.69	4.94	4.37	67.00	4	5.63%	
	032 - 2018		semana 4	73.00	80.00	6.08	126.15	5.05	4.08	73.00	5	6.41%	
9	033 - 2018	Setiembre	Semana 1	69.00	76.00	5.77	119.84	4.98	4.05	69.00	5	6.76%	
	034 - 2018		Semana 2	74.00	81.00	6.15	127.73	5.10	4.44	74.00	5	6.33%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: Valdivia Camacho Gloria Esther.
- 1.2 Cargo e Institucion donde labora: Decana UNI
- 1.3 Nombre del instrumento motivo de Evaluacion: fichas de recoleccion de datos.
- 1.4 Autor del Instrumento: Jorge Javier Gavelan Gamarra. - Miguel Angel Ccama Tito.

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 -20 %	Regular 21—40%	Bueno 41—60 %	Muy bueno 61—80 %	Excelente 81—100%
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnologia				X	
4. ORGANIZACION	Existe una organizacion ldogica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluacion y desarrollo de capacidades cognoscitivas					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teoricos cientificos de la Tecnologia Educativa				X	
8. COHERENCIA	Entre los indices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al proposito del diagnostico.					X

II. OPINION DE APLICABILIDAD:

Las fichas empleadas y verificadas están de acuerdo a la necesidad del trabajo de investigación y son adecuadas conforme la Plataforma de tubos

III. PROMEDIO DE VALORACION :

84.5%

Lima, 15 de mayo del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

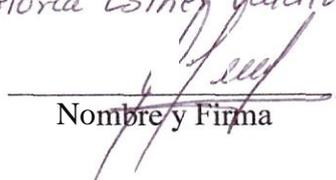
Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACION		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tornado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de ítems es el adecuado?	X		
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?		X	

Aportes y/o sugerencias:

.....
Gloria Esthey Valdivia Camacho


Nombre y Firma

Fecha: 15 / 05 / 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: Valdivia Camacho Gloria Esther.

Especialidad: *Gestión de Proyectos*

Fecha: 15 / 05 / 2019.

II. OBSERVACIONES EN CUENTA A:

1. FORMA:

Tiene forma concisa, de manera que se entiende el requerimiento del mantenimiento.

2. CONTENIDO:

Contiene los conceptos claros para realizar el análisis del problema en la planta.

3. ESTRUCTURA:

Tiene la estructura adecuada para el análisis.

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

.....
.....
.....

kuego, de revisado el documento procede a su aprobacifin.

SI

NOT

GLORIA ESTHER VALDIVIA CAMACHO

[Firma]
Nombre y Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto:..... *Rodriguez Tapanco, Oscar Juan*
 1.2 Cargo e Institución donde labora:..... *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO*
 1.3 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: g...t« ñr<n :.....
 1.4 Autor del Instrumento: *JAVIER GAVELAN GONZALEZ - MIGUEL ANGEL CCAMA TITO*

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0—20%	Regular 21— 40%	Bueno 41—60 %	Muy bueno 61—80 %	Excelente 81—100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado			✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables			✓		
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnología			✓		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica			✓		
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad			✓		
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y de capacidades cognitivas			✓		
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos — científicos de la Tecnología Educativa			✓		
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones			✓		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.			✓		

II. OPINION DE APLICABILIDAD:

III. PROMEDIO DE VALORACION:

Lima, . de .â/ ... del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACION		OBSERVACIONES
		SI	NO	
	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	✓		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	✓		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	✓		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?			
7	¿El número de ítems es el adecuado?			
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	✓		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		✓	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?			

Aportes y/o sugerencias:

Nombre y Firma

✓

Fecha: día / mes / año



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: *OSCAR JUAN RODRIGUEZ TARANCÓ*
Especialidad: *GESTION DE LA CALIDAD*
Fecha: *31/05/19*

II. OBSERVACIONES EN CUENTA A:

1. FORMA:

LA DESCRIPCION DEL CONTENIDO ES COMPRENSIBLE.

2. CONTENIDO:

TEORIA ADECUADA PARA REALIZAR LA INVESTIGACION

3. ESTRUCTURA:

DISTRIBUCION DE CONCEPTOS Y HERRAMIENTAS

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

*REVISAR OTROS TRABAJOS REFERIDOS A TUBOS
PLASTICOS.*

Luego, de revisado el documento procede a su aprobacion.

SI

NO


Nombre y Firma



VALIDACION DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del Experto: Coronado Reyes Eloy Carlos José.

1.2 Cargo e Institución donde labora: Inspector Mecánica - Pluspetrol.

1.3 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: fichas de recolección de datos.

1.4 Autor del Instrumento: Jorge Javier Gavelán Gamarra - Miguel Ángel Ccama Tito.

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40 %	Bueno 41-60 %	Muy bueno 61-80 %	Excelente 81-100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógicamente				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades cognitivas				X	
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos — científicos de la Tecnología Educativa				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				X	

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Las fichas empleadas y verificadas están de acuerdo a la necesidad del trabajo de investigación y son adecuadas para los equipos que conforma la Planta de tubos.

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 15 de mayo del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
CALLAO

Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: Eloy Carlos Jose Coronado Reyes.

Especialidad: Magister en Gerencia del Mantenimiento.

Fecha: 15 / 05 / 2019

II. OBSERVACIONES EN CUENTA A:

1. FORMA:

Posee el adecuado proceso para resolver el problema de las paradas imprevistas en la planta de tubos estructurados de polietileno.

2. CONTENIDO:

Cuenta con los temas necesarios que ayudaran a resolver que la planta de tubos estructurados de polietileno requiere un plan de mantenimiento preventivo.

3. ESTRUCTURA:

Esta de acuerdo a la necesidad que requiere la investigación para la formación de un plan de mantenimiento preventivo a una planta de tubos estructurados.

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

Tomar en cuenta soluciones similares en plantas de plástico.

Luego, de revisado el documento procede a su aprobación.

SI

NO



Nombre y Firma



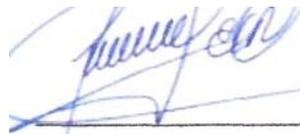
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

VALIDACION DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACION		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de ítems es el adecuado?	X		
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?		X	

Aportes y/o sugerencias:


Nombre y Firma

Fecha: 15 / 05 / 2019