



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL INCREMENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD EN EL SUBPROCESO DE EXTRUSIÓN DE PERFILES
DE PVC EN LA EMPRESA PETROCASA MADERA SINTÉTICA, S. A.-
PLANTA GUACARA II.**

Tutora académica:

Ing. Jadlyn González

Tutora empresarial:

Ing. Tivisay Bolívar

Autores:

Ana C. Mosquera C.I 17.701.358

Erik G. Doria C.I 19.000.179

Valencia, Febrero 2013



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL INCREMENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD EN EL SUBPROCESO DE EXTRUSIÓN DE PERFILES
DE PVC EN LA EMPRESA PETROCASA MADERA SINTÉTICA, S. A.-
PLANTA GUACARA II.**

Trabajo Especial de Grado, presentado ante la Ilustre Universidad de
Carabobo para optar al Título de Ingeniero Industrial

Tutora académico:

Ing. Jadlyn González

Tutora empresarial:

Ing. Tivisay Bolívar

Autores:

Ana C. Mosquera C.I 17.701.358

Erik G. Doria C.I 19.000.179

Valencia, Febrero 2013



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado “PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SUBPROCESO DE EXTRUSIÓN DE PERFILES DE PVC EN LA EMPRESA PETROCASA MADERA SINTÉTICA, S. A.- PLANTA GUACARA II.”, el cual está adscrito a la Línea de Investigación “INGENIERÍA DE LA PRODUCTIVIDAD E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA” del Departamento de MÉTODOS, presentado por la Bachiller ANA MOSQUERA, C.I. 17.701.358 y el Bachiller ERIK DORIA, C.I. 19.000.179, a los fines de cumplir con el requisito académico exigido para optar al Título de Ingeniero Industrial, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho Trabajo Especial de Grado, por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día Jueves 07 de Febrero de 2013, a las 11:00 am, para que los autores lo defendiera en forma pública, lo que estos hicieron, en el Salón SDC, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el Reglamento del Trabajo Especial de Grado de la Universidad de Carabobo y a las Normas de elaboración de Trabajo Especial de Grado de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.
2. Finalizada la defensa pública del Trabajo Especial de Grado, el Jurado decidió aprobarlo por considerar que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el precitado Reglamento.

En fe de lo cual se levanta la presente acta, a 07 días del mes de Febrero del 2013, dejándose también constancia de que actuó como Coordinador del Jurado el Tutor, Prof. Jadlyn González

Firma del Jurado Examinador

Prof. Jadlyn González
Presidente del Jurado

Prof. Ilse Pérez
Miembro del Jurado

Prof. Ruth Illada
Miembro del Jurado

AGRADECIMIENTOS

A Dios sobre todas las cosas, por ayudarme en los momentos difíciles, darme vida, salud y permitir alcanzar mis objetivos.

A mis padres, Betty y Gregorio, les doy las gracias por su apoyo incondicional, por nunca dudar de mí y confiar en que lograría cumplir esta meta sin importar cuán difícil fuese. Todo lo que soy se los debo a ustedes, espero retribuirles todo lo que han hecho por mí.

A mi hermano Gregorio, por ayudarme en todo momento que lo necesitaba.

A Alexandra, mi novia y amiga, gracias por estar en todo momento conmigo apoyándome incondicionalmente, por acompañarme a lo largo de todo este camino que hemos recorrido y continuar por el que nos falta por recorrer.

A Jadlyn González, por guiarnos a lo largo de todo el proyecto brindándonos su apoyo, por ser paciente en todo momento. Gracias por ser una tutora excelente y acompañarnos en esta experiencia.

A Anita mi compañera de tesis, por en el desarrollo de este Trabajo Especial de grado.

A todos los que de alguna forma u otra hicieron posible el alcance de esta meta, un millón de gracias.

Erik Doria

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero A Dios Todo Poderoso; por darme vida, salud, fuerza, confianza, tolerancia, para alcanzar esta meta que con esfuerzo y dedicación logre. Sin ti Jesús no hubiese sido posible, gracias por haberme acompañado en todo este tiempo.

A mi Madre Yolida por ser mi apoyo, mi fortaleza por los consejos y todo ese ánimo que me dio en este camino... Gracias por creer en mí y no abandonarme en todo este tiempo. Te Amo enorme.

A mi Padre Carlos por ser mi apoyo, mi fuerza, tus palabras siempre me motivaron a seguir adelante, siempre creyendo en mí en que lo lograría. Nunca olvidare esas palabras que fueron el motor que me impulsaron a seguir y no desistir. Te Amo enorme.

A mis hermanos Diego y Agustín; por su admiración, su confianza y su apoyo, son los mejores hermanos que Dios pudo darme, los amo enorme.

A mi Esposo José por esperar con paciencia y con una sonrisa siempre dispuesto a ayudarme y a darme apoyo, Te Amo enorme.

A la Profesora Jadlyn; por guiarnos con cariño, paciencia y profesionalismo durante todo el trayecto de esta investigación. Usted es la mejor tutora que alguien pudiera tener, ha sido un honor.

A todos los profesores, personal administrativo y obrero que forman parte de la Ilustre Universidad de Carabobo y que contribuyeron en el logro de esta manera por esa educación, consejos que me impartieron durante mi carrera.

A mi compañero de tesis, Erik, por el apoyo brindado en el desarrollo de este Trabajo Especial de grado.

Ana Cristel Mosquera Soto

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico en primer lugar a Dios todo poderoso, a mis padres Betty y Gregorio, que me enseñaron y guiaron para poder alcanzar esta meta, por eso este logro es de ustedes, los quiero muchos.

Erik Doria

DEDICATORIA

A mi Señor Jesús Cristo por este y todos los logros que me ha regalado y los que vendrán.

A mis Padres por darme la vida, por confiar en mí y no dejar que me rindiera, por haberme educado gracias a ustedes soy lo que soy, son mi ejemplo a seguir, los amo.

A mis hermanos por ser los mejores compañeros y amigos, los amo de manera incondicional.

A mi esposo por su amor incondicional, su confianza y su apoyo, te amo, gracias a Dios por haberme permitido conocerte.

Ana Cristel Mosquera Soto

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	19
1.1 Generalidades de la empresa.....	19
1.1.1 Historia	19
1.1.2 Visión	20
1.1.3 Misión.....	20
1.2 Descripción general del proceso.....	20
1.3 Organigrama de la organización	22
1.4 Planteamiento del problema	23
1.5 Formulación del problema	27
1.6 Objetivo general.....	27
1.7 Objetivos específicos	27
1.8 Alcance	28
1.9 Justificación	28
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	30
2.1 Antecedentes.....	30
2.2 Bases teóricas	31
2.2.1 Ingeniería de métodos.....	31
2.2.2 Productividad.....	33
2.2.3 Manejo de materiales	34
2.2.4 Eliminación sistémica de desperdicios (ESIDE)	35
2.2.5 Plan de mantenimiento productivo (TPM)	37
2.2.6 SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE).....	40
2.2.7 Metodología las 5S.....	45
2.2.8 El método de Kaplan-Meier	46

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	48
3.1 Nivel y diseño de la investigación	48
3.2 Unidad de análisis.....	49
3.3 Fuentes y técnicas para la recolección de información.....	50
3.4 Fases de la investigación.....	51
CAPÍTULO IV DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	53
4.1 Descripción del sistema	53
4.1.1 Producto.....	54
4.1.2 Descripción de insumos.	55
4.1.3 Cliente	56
4.1.4 Proveedor.....	56
4.1.5 Descripción de equipos y herramientas.	56
4.1.6 Espacio	60
4.1.7 Descripción de actividades.....	61
CAPÍTULO V ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	64
5.1 Impactos de elementos del sistema sobre los indicadores.	64
5.2 Identificación y descripción de los desperdicios.....	65
5.3 Cuantificación de los desperdicios.....	77
5.4 Análisis de causa de los desperdicios.	79
5.5 Técnicas para eliminar los desperdicios.	82
5.6 Análisis de los indicadores que afectan la productividad en el área de extrusión.....	84
5.7 Análisis de las paradas no programadas por fallas en los equipos del área de extrusión.....	85
CAPÍTULO VI PROPUESTAS DE MEJORA	93
6.1 Implantación de un Plan de mantenimiento planificado	93
6.1.1 Aplicación del plan de mantenimiento planificado	95
6.2 Plan de adiestramiento para la implementación de un mantenimiento autónomo preventivo y correctivo.....	116
6.3 Delimitación del almacén en tránsito.	125

6.4	Aplicación de la metodología 5 S.....	128
6.4.1	Clasificación (Seiri):.....	128
6.4.2	Orden (Seiton):.....	134
6.4.3	Limpieza (Seiso):.....	137
6.4.4	Estandarización (Seiketsu):.....	138
6.4.5	Disciplina (Shitsuke):.....	140
6.5	Adquisición de una mesa neumática para el paletizado del perfil de tablero rígido.	144
6.6	Adquisición de una sierra caladora para el área de extrusión.	146
6.7	Tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC	148
6.8	Aplicación de la metodología SMED	152
6.8.1	Observar e identificar las actividades, en la situación actual, de la máquina extrusora.	152
6.8.2	Mejoras generales.....	155
6.9	Normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión.....	166
6.10	Evaluación del impacto económico	172
6.10.1	Inversión.....	172
6.10.2	Beneficios.....	173
6.10.3	Tiempo de Pago	177
6.11	Plan de acción	177
	CONCLUSIONES	179
	RECOMENDACIONES	182
	REFERENCIAS	184
	APÉNDICE	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Descripción del sistema de Extrusión	53
Tabla 2.Descripción de Insumos.....	55
Tabla 3. Descripción de equipos y herramientas	56
Tabla 4. Impactos de elementos en los indicadores	64
Tabla 5. Lista de desperdicios que presentan los elementos del subsistema de extrusión.	65
Tabla 6. Descripción de desperdicios que presentan los elementos en el subproceso de extrusión.....	66
Tabla 7. Cuantificación de los desperdicio en el subsistema de extrusión. ..	78
Tabla 8. Análisis de Causas de Desperdicios en el subproceso de Extrusión.	79
Tabla 9. Algunas técnicas para eliminar los desperdicios.....	83
Tabla 10. Fallas mecánicas presentes en los equipos de la línea de extrusión.	90
Tabla 11. Pasos del mantenimiento planificado.....	94
Tabla 12. Responsable de reporte de fallas.....	96
Tabla 13. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto en la línea 4.....	109
Tabla 14. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto en la línea 5.....	109
Tabla 15. Manual de mantenimiento de la máquina cortadora	111
Tabla 16. Manual de mantenimiento de los intercambiadores de calor	112
Tabla 17. Manual de mantenimiento del calibrador de vacío.....	112
Tabla 18. Manual de Mantenimiento de Matriz	113
Tabla 19. Evaluación de la propuesta del plan de mantenimiento planificado.	115
Tabla 20. Contenido a discutir en los talleres de adiestramiento para los empleados de la línea de extrusión.	117
Tabla 21. Actividades a realizar en cada etapa para lograr un Mantenimiento Autónomo.....	119

Tabla 22. Evaluación de la propuesta del plan de mantenimiento planificado.	124
Tabla 23. Materiales y mano de obra necesarios para marcar el almacén.	126
Tabla 24. Evaluación de la propuesta, delimitación del almacén en tránsito.	127
Tabla 25. Evaluación de la propuesta de implementación la metodología 5 S.	142
Tabla 26. Evaluación de la adquisición de la mesa elevadora.	145
Tabla 27. Evaluación de la adquisición de una sierra para el corte del perfil rígido de PVC.	147
Tabla 28. Evaluación diseño de tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC.	151
Tabla 29. Clasificación de las actividades del proceso de cambio de producto.	152
Tabla 30. Método actual para proceso de cambio de producto	156
Tabla 31. Método propuesto para proceso de cambio de producto	157
Tabla 32. Evaluación de operaciones de cambio de producto en paralelo.	159
Tabla 33. Evaluación de la adquisición de la llave neumática.	161
Tabla 34. Evaluación de la adquisición de la fresadora mototool	163
Tabla 35. Evaluación del formato de control y verificación de herramientas.	165
Tabla 36. Evaluación de normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión.	171
Tabla 37. Inversión total.	172
Tabla 38. Plan de acción de las propuestas de mejora.	178

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloque del proceso de producción de TPR.....	21
Figura 2. Organigrama.....	22
Figura 3. Tablero de perfil rígido de 816 mm	54
Figura 4. Tablero de perfil rígido de 716 mm	54
Figura 5. Vista de planta del área de extrusión.....	60
Figura 6. Producto defectuoso	70
Figura 7. Desplazamientos innecesarios del montacarguista al momento de ubicar la paleta.....	70
Figura 8. Desplazamientos innecesarios del operador debido a la ubicación de los intercambiadores de calor.	71
Figura 9. Desplazamientos innecesarios del analista de calidad para buscar la paleta a inspeccionar.	71
Figura 10. Condiciones que provocan fatiga durante el corte de material defectuoso.	72
Figura 11. Condiciones que provocan fatiga al realizar movimientos disergonómicos.....	72
Figura 12. Presencia de fluidos y virutas en el área de extrusión.	73
Figura 13. Ubicación de los TPR en el área designada al paso peatonal.....	74
Figura 14. Inadecuada distribución de equipos y materiales.	75
Figura 15. Condiciones ambientales inadecuadas.....	76
Figura 16. Operaciones de preparación.....	77
Figura 17. Tiempos de paradas no programadas en el subproceso de extrusión	85
Figura 18. Distribución de las fallas que afectaron el subproceso de extrusión.	87
Figura 19. Equipos que ocasionan paradas no programadas en la línea 4. .	88
Figura 20. Equipos que ocasionan paradas no programadas en la línea 5. .	89
Figura 21. Fallas en la matriz.....	91

Figura 22. Fallas en el intercambiador de calor.	91
Figura 23. Fallas en la máquina cortadora.....	92
Figura 24. Formato de reporte de fallas.....	97
Figura 25. Formato de descripción detallada de fallas.....	100
Figura 26. Análisis de supervivencia de las fallas en las electroválvulas del intercambiador de calor.....	102
Figura 27. Análisis de riesgo de las fallas en las electroválvulas del intercambiador de calor.....	103
Figura 28. Análisis de supervivencia de los filtros en los intercambiadores de calor	104
Figura 29. Análisis de riesgo de los filtros en los intercambiadores de calor	104
Figura 30. Análisis de supervivencia por descalibración del sistema de corte	105
Figura 31. Análisis de riesgo por descalibración del sistema de corte	106
Figura 32. Análisis de supervivencia por desajuste de la tornillería.....	107
Figura 33. Análisis de riesgo por desajuste de la tornillería	107
Figura 34. Diagrama de actuación relativo a la detección de defectos	121
Figura 35. Hoja de instrucciones generales.....	122
Figura 36. Frecuencia diaria	123
Figura 37. Delimitación de almacén en tránsito.	126
Figura 38. Organización Inicial en el área de extrusión	129
Figura 39. Tarjeta roja para la organización.....	129
Figura 40. Organización Inicial en el área de extrusión	130
Figura 41. Plan de acción para identificación de áreas.....	135
Figura 42. Programa de Orden y limpieza.	137
Figura 43. Programa de Verificación.....	140
Figura 44. Mesa neumática.....	145
Figura 45. Sierra caladora.....	146
Figura 46. Vista completa del tornillo toma muestra	150
Figura 47. Detalle superior del tornillo toma muestra.....	150

Figura 48. Llave neumática.....	160
Figura 49. Fresadora mototool	162
Figura 50. Formato de control y verificación de herramientas	164
Figura 51. Análisis de supervivencia por desajuste del pistón que alza la sierra.....	208
Figura 52. Análisis de riesgo por desajuste del pistón que alza la sierra....	209
Figura 53. Análisis de supervivencia por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles	210
Figura 54. Análisis de riesgo por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles	211
Figura 55. Análisis de supervivencia en la falla en la termocupla	212
Figura 56. Análisis de riesgo en la falla en la termocupla	213
Figura 57. Análisis de supervivencia fallas en las electroválvulas	214
Figura 58. Análisis de riesgo fallas en las electroválvulas	215
Figura 59. Análisis de supervivencia de los filtros obstruidos con virutas. ...	216
Figura 60. Análisis de riesgo de los filtros obstruidos con virutas.	217
Figura 61. Análisis de supervivencia por la descalibración en el sistema de corte.....	218
Figura 62. Análisis de riesgo por la descalibración en el sistema de corte .	219
Figura 63. Análisis de supervivencia en el desajuste de la longitud de corte	220
Figura 64. Análisis de riesgo en el desajuste de la longitud de corte.....	221
Figura 65. Análisis de supervivencia por desajuste de la tornillería.....	222
Figura 66. Análisis de riesgo por desajuste de la tornillería.....	223
Figura 67. Análisis de supervivencia por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles	224
Figura 68. Análisis de riesgo por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles	225
Figura 69. Análisis de supervivencia en la falla en la termocupla	226
Figura 70. Análisis de riesgo en la falla en la termocupla	226



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL INCREMENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD EN EL SUBPROCESO DE EXTRUSIÓN DE PERFILES
DE PVC EN LA EMPRESA PETROCASA MADERA SINTÉTICA, S. A.-
PLANTA GUACARA II.**

Autores:

Tutora académica:
Ing. Jadlyn González

Ana C. Mosquera C.I 17.701.358
Erik G. Doria C.I 19.000.179

Resumen

El presente Trabajo Especial de Grado se desarrolló en la empresa PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. dedicada a la fabricación de puertas y láminas de pvc. La investigación tiene como objetivo incrementar la productividad en las líneas de extrusión de tableros de perfil rígido. Actualmente la empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo adecuado para los equipos, esto se hace notar con el alto índice de paradas por mes (4300 minutos aproximadamente), además de tener tiempos elevados en preparación y ajuste y bajos índices de calidad, dando como resultado que la disponibilidad de los equipos de las líneas de extrusión sea de 77% y la calidad de los productos sea de 74%. En la investigación se aplicó la metodología ESIDE, la cual permitió identificar los desperdicios en el sistema para dar paso a propuestas de mejora que eliminen o reduzcan los mismos. Para lograr el cumplimiento de los objetivos trazados, se propuso la implementación de un plan de mantenimiento planificado, la metodología SMED, 5's, entre otros; dichas mejoras requieren una inversión económica de Bs 118.387,56 y un tiempo de recuperación de 12 días.

Palabras clave: productividad, ESIDE, subproceso de extrusión, disponibilidad y calidad.

INTRODUCCIÓN

Al transcurrir del tiempo, todas las industrias trabajan para mejorar la eficiencia con que utilizan sus recursos y así alcanzar los objetivos trazados; para esto, deben producir con calidad, ser productivas y rentables. Es aquí donde la mejora continua juega un papel muy importante para permanecer en un mercado cada vez más competitivo y cambiante.

Para la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A., es fundamental enfocarse en el estudio y evaluación de sus procesos de producción con el fin de mejorarlos, aplicando nuevos métodos y tecnologías que les permita satisfacer a sus clientes en el momento planificado.

En este sentido, en el presente trabajo de investigación se aborda la situación existente en cuanto a la baja productividad en el subproceso de extrusión de la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A., y se propone mejoras que ayuden a incrementarla. Para esto se emplearon los formatos de diagnósticos de la metodología ESIDE (Eliminación Sistemática de Desperdicio, con el fin de orientar el estudio sistemático para la identificación de desperdicios en el área.

Esta investigación consta de seis (06) capítulos, los cuales se describen a continuación:

El Capítulo I contiene la información general de la empresa, sus antecedentes históricos, objetivos, misión y visión, organigrama de la organización, productos que allí se elaboran, descripción general del proceso de producción de TPR (Tablero de Perfil Rígido), planteamiento del

problema, objetivo general, objetivos específicos, alcance, justificación y limitaciones de la investigación.

El capítulo II hace referencia a los antecedentes y bases teóricas en las que se cimentó el estudio.

En el capítulo III se explica la metodología empleada mediante el tipo y nivel de la investigación, la unidad de análisis, las fuentes y técnicas de recolección de información conjuntamente con sus técnicas de procesamiento y análisis; además, se hizo una descripción de las fases que siguió la investigación.

En el capítulo IV se presenta la descripción de la situación actual de la línea de extrusión, describe el producto, clientes insumos y las herramientas que se utilizan, el área donde se desenvuelven y el proceso que llevan a cabo para la producción de tablero de perfil rígido de PVC.

El Capítulo V trata acerca de la identificación, cuantificación y análisis de las causas que generan los desperdicios presentes en la línea mediante la implementación de la metodología de Identificación Sistémica del Desperdicio.

En el capítulo VI se presentan las propuestas de mejoras incluyendo la evaluación donde se especifica las ventajas, desventajas y desperdicios que se eliminan o reducen. Por último se detalla la inversión total, los ahorros obtenidos con la implantación de las mejoras y la recuperación de la inversión.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Generalidades de la empresa

Petrocasa Madera Sintética S.A es una empresa de desarrollo endógeno, que se encarga de transformar materia prima PVC, en puertas y láminas, para impulsar el desarrollo habitacional del país facilitando la adquisición de una vivienda digna a todas las familias venezolanas, en donde se busca permanentemente la excelencia.

1.1.1 Historia

La planta socialista Madera Sintética, nace en septiembre del 2008, ubicada en la Zona Industrial El Tigre Municipio Guacara, en el estado Carabobo, con una inversión de 56 millones de dólares, con la finalidad de articular sus productos entre las cadenas de distribución socialista como Petrocasa perfiles y el mercado privado, ofreciendo un producto de calidad a bajo costo, gran durabilidad y excelentes características físicas y mecánicas. Todo esto enmarcado bajo el esquema de mejorar la calidad de vida de la población, específicamente de los sectores con mayor pobreza y fortaleciendo la política gubernamental en el desarrollo y crecimiento de la nueva economía social, en concordancia con los lineamientos establecidos en la constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

1.1.2 Visión

Según la Gerencia General (Petrocasa, 2012), la visión de la empresa es:

“Consolidarnos como una empresa modelo de carácter social basado en una planificación participativa y protagónica en el desarrollo habitacional de los pueblos, mediante la mejora continua de los procesos y servicios, para contribuir a elevar la calidad, de acuerdo a los lineamientos del ejecutivo nacional en pro del bienestar del país.”

1.1.3 Misión

Según la Gerencia General (Petrocasa, 2012), la misión de la empresa es:

“Ser una empresa de producción social (EPS) que fabrica puertas y láminas de PVC a precio accesible y de calidad, a través de equipos y maquinarias con tecnología de punta, además de un personal calificado, comprometido y enfocado a cubrir las necesidades de los pueblos, en armonía con el medio ambiente.”

1.2 Descripción general del proceso.

El proceso para la producción de Tablero de Perfil Rígido (TPR) inicia cuando la materia prima de PVC en forma de polvo es colocada en la tolva de la extrusora. Entra en los tornillos sin- fin de la máquina, es amasada, mezclada, comprimida y calentada continuamente hasta alcanzar su temperatura de extrusión.

El material pasa por una malla que evita que impurezas solidas de ciertos diámetros entren en la matriz; la matriz (molde), a su vez, da la forma

aproximada del perfil deseado. Luego el perfil es calibrado en un extremo llamado calibrador. Este fuerza el perfil, a través de succión, a tomar la forma exacta deseada.

Inmediatamente el perfil es enfriado. Para esto se tienen tres sistemas de enfriamiento: a seco, sin contacto con el agua; por inmersión en contacto con el agua mediante una bañera de enfriamiento y por vacío; el perfil es halado por un sistema de arrastre llamado oruga, que está perfectamente sincronizado con la velocidad de extrusión.

La próxima etapa es el corte del perfil en tamaños predeterminados, hecho con sierras circulares automáticas, accionado por medios neumáticos y eléctricos. Una vez cortado el perfil es trasladado a un lado del almacén, para luego ser inspeccionado por el departamento de calidad, donde se verifican sus características tales como dimensión, dureza, calidad del color y que no posea marcas algunas, para que pueda estar conforme y pase al subproceso de mecanizado.

En la Figura 1, se puede observar de forma gráfica como se lleva a cabo el proceso de producción de TPR:

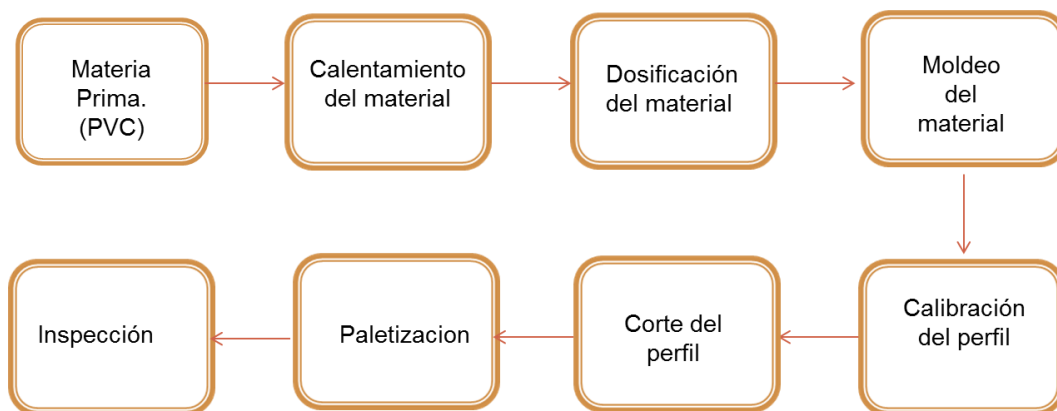


Figura 1. Diagrama de bloque del proceso de producción de TPR.

1.3 Organigrama de la organización

La empresa está constituida por un organigrama vertical lo que representa la máxima autoridad de arriba hacia abajo, en donde la máxima autoridad la posee el gerente general. (Ver Figura 2)

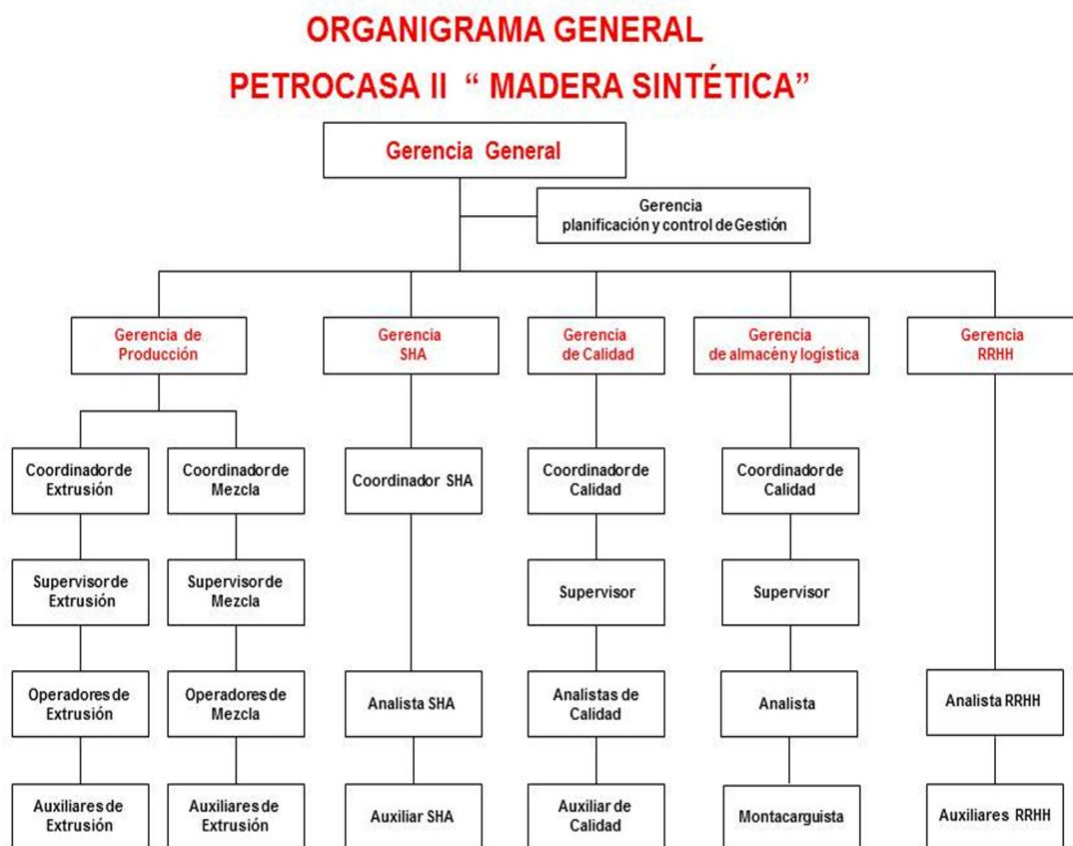


Figura 2. Organigrama

Fuente: RRHH Petrocasa Madera Sintética S.A

1.4 Planteamiento del problema

En la actualidad, para las organizaciones empresariales la productividad se ha convertido en una variable importante y se esfuerzan hoy en día en conseguirla, debido a esa necesidad de utilizar lo más eficiente y racional posible los recursos, además de prestarle un beneficio a la población, en particular sobre los niveles de ingreso real y empleo.

Según Hayes, Wheelwright y Clark (1988), en las dos últimas décadas, muchas empresas descubrieron que frecuentemente el arma secreta de las otras organizaciones para lograr el éxito no estaba basada en una mayor potencia comercial o una superior fuerza financiera, sino en la capacidad para elaborar sus productos de una forma más eficiente, fiable y precisa. Dentro este contexto, la medición de la productividad, sus métodos y utilidad práctica han cobrado gran significancia interdisciplinaria en los procesos producción, para estudiar el escenario de la gestión empresarial, pues en ella se reflejan características fundamentales, tales como avance tecnológico, mejoras, aportes y participaciones de los insumos, utilización de los tiempos, y otros.

En este sentido, las empresas hoy en día deben enfocar sus esfuerzos en aprovechar eficientemente sus recursos con el fin obtener una mejor productividad.

De esa realidad, no escapa PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A., una empresa dedicada a la elaboración de puertas y láminas de Policloruro de Vinilo o PVC, que actualmente desea lograr la excelencia en sus procesos de producción aprovechando sus recursos de forma más eficiente.

PETROCASA MADERA SINTÉTICA, S.A. labora 3 turnos de trabajo y cuenta con dos líneas de producción en el subproceso de extrusión, que se divide en 5 operaciones: el sistema dosificador, la extrusora, la bañera de

enfriamiento, corte y paletizado de los Tableros de Perfil Rígido de PVC (TPR). Ambas funcionan de la misma forma y pueden fabricar los dos tipos de TPR, de 816mm y 716mm de ancho, tienen una capacidad de 28 TPR/hora.

Por medio de observación directa al proceso de producción y datos suministrados por la Gerencia de Perfiles, se identificaron algunos problemas que afectan la productividad en esta área, entre los cuales se resaltan las paradas no programadas en la línea de extrusión.

Tomando como referencia los registros históricos de dos turnos de trabajo de los meses de junio, julio y agosto de 2012, proporcionado por los supervisores del área de extrusión, se calculó el tiempo de estas paradas en cada mes y se promedió, arrojando como resultado 4300 minutos/mes de tiempo improductivo, esto representa un 15% de inoperatividad de las líneas, dejando de producir en promedio 2007 TPR/mes en dos turnos de trabajo, todos estos debido a fallas en los equipos. Es importante mencionar que cada vez que hay una parada no planificada se realiza el arranque de la línea; este proceso genera, en promedio, 500 kg/parada de desperdicio de materia prima.

Estas fallas no solo ocasionan paradas no programadas en la línea si no que, además, generan producto no conforme. Según registros históricos de los meses junio, julio y agosto del 2012 facilitados por el Departamento de Calidad, el promedio de producto no conforme es de 2000 TPR/mes, por presentar defectos tales como, falta de hermeticidad en el espesor superior e inferior, marcas longitudinales, vetas amarillas o marrones, ondulaciones en la superficie y laterales del perfil, perfil con peso y longitud por encima y debajo de especificación. Todas estas variables afectan la productividad en la

línea de extrusión, además de que al no cumplir con la planificación de producción diaria, se deja de suministrar TPR al subproceso siguiente.

Las causas principales del problema se describen a continuación:

- Fallas en la máquina de extrusión y post extrusión producto del uso y de la falta de mantenimiento preventivo, como:
 - ✓ Los intercambiadores de calor presentan mala circulación de agua, falla en las electroválvulas, además que el operario no tiene una visualización directa a la temperatura de estos intercambiadores teniendo que recorrer constantemente 4 metros para visualizarla y regresar al panel de control. Esto hace que no se controle adecuadamente su temperatura.
 - ✓ Desgarre en las mangueras por donde circula el agua en los intercambiadores.
 - ✓ Los mandriles presentan acumulación de compuesto de PVC solidificados por filtraciones de agua.
 - ✓ Fallas en la máquina cortadora.
- Existen paradas en tiempo de preparación y ajuste por cambio de matriz, de una de 716mm a 816mm o viceversa que, según los registros del Departamento de Mantenimiento, tarda en promedio 236 minutos y varía de acuerdo a las especificaciones de cada producto; es decir, del modelo que se está ejecutando para ese momento y el próximo a producir.

También en la línea de producción de extrusión se identificaron otros problemas existentes que afectan la productividad en esta área, tales como:

- Los procesos de producción no se encuentran normalizados, esto hace que cada operario realice los métodos de trabajo según su criterio,

afectando la productividad del proceso ya que el tiempo de duración de un proceso varía dependiendo el grupo de trabajo que esté de turno.

- Condiciones que generan fatiga, que se puede imputar a la repetición excesiva de movimientos de 4to y 5to orden por carencia de métodos de trabajo, ya que el operario realiza cortes con un cuchillo de sierra al perfil de PVC cuando sale de la extrusora mientras va adquiriendo la característica necesarias para ser halado y por el levantamiento de los TPR para ser paletizados.
- En el área los aditivos que son utilizados para la elaboración del TPR no tienen una ubicación específica ni una identificación, por lo que el operario pierde tiempo buscándolos para poder descargarlo, además de encontrarse charcos de agua y aceite, paletas arrumadas, big bag y herramientas ubicadas en cualquier parte del área de trabajo.
- El departamento de calidad no cuenta con las herramientas adecuadas para realizar inspección del compuesto de PVC producido en el subproceso anterior, esto trae como consecuencia que este compuesto pasa por la línea de extrusión y se obtienen 1200 TPR/mes en promedio que no cumple con las especificaciones.
- No se cuenta con un lugar específico para el producto en tránsito una vez paletizados, por lo que se colocan en cualquier espacio disponible, ocasionando demoras en su búsqueda para trasladarlos al subproceso siguiente.

Los problemas detectados generan baja productividad, costos, desperdicios de materia prima, por lo cual la empresa se ve en la necesidad de disminuir las paradas no programadas, mejorar las condiciones que generan fatiga,

reducir los desperdicios de materia prima y mejorar los espacios de almacén, con el fin de incrementar la productividad.

1.5 Formulación del problema

¿Cómo incrementar la productividad en el subproceso de extrusión de PETROCASA MADERA SINTÉTICA?

1.6 Objetivo general

Proponer mejoras que incrementen la productividad de perfiles rígidos de PVC en el subproceso de extrusión en la empresa PETROCASA MADERA SINTÉTICA, S. A.- Planta Guacara II.

1.7 Objetivos específicos

- Describir la situación actual del proceso de fabricación de TPR de PVC en la empresa PETROCASA MADERA SINTETICA, S. A Guacara II.
- Analizar los factores que afectan la productividad en el proceso de extrusión para la elaboración de TPR de PVC en la empresa PETROCASA MADERA SINTETICA, S. A Guacara II.
- Diseñar soluciones a la problemática planteada que incremente la productividad de TPR de PVC en la empresa.
- Evaluar el impacto técnico y económico de las propuestas planteadas.

1.8 Alcance

La investigación comprende el estudio de los procesos y actividades en el área de perfiles de madera sintética PETROCASA S.A. identificando los problemas actuales que subsisten.

El presente estudio contempla el análisis de factores afectan la productividad de la empresa, y la presentación de propuestas para incrementar la productividad. La implementación quedará a cargo de la gerencia de la empresa.

1.9 Justificación

La investigación tiene como finalidad incrementar la productividad en el subproceso de extrusión en la empresa de madera sintética de PETROCASA S.A., para garantizar la calidad de sus productos y servicios aprovechando los recursos que ya se tienen.

La empresa opera bajo condiciones deficientes, por tal razón surge la necesidad de realizar la presente investigación para determinar las causas y consecuencias de la problemática existente e ir solventando la situación, para esto es necesario utilizar herramientas que brinda el estudio de la ingeniería industrial y ponerlas en práctica, detectando las posibles mejoras en los procesos seleccionados, estas mejoras son traducidas en beneficios económicos y en el logro de los objetivos y estrategias.

La investigación es un aporte para el trabajo que actualmente la Gerencia de Sistema Integrado de Gestión está realizando sobre la normalización de los procesos, utilizando métodos de trabajo más eficientes, aumento de las competencias del personal y un incremento en la productividad.

Además este proyecto servirá como referencia para futuras investigaciones por parte de los estudiantes de la Universidad de Carabobo en materia de Ingeniería de Métodos, con el fin de detectar los problemas existentes, sus causas y proponer mejoras.

Este estudio para los autores permite un crecimiento a nivel profesional, logrando cumplir con el requisito del Trabajo Especial de Grado para así obtener el título de Ingeniero Industrial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Montero y Navas (2012), desarrollaron un trabajo de investigación para elevar la producción en la línea de ventanas en la empresa Petrocasa S.A., proponiendo mejoras en toda el área para eliminar los desperdicios. Para evaluar el cumplimiento de los objetivos trazados se propuso una metodología para la actualización del plan de mantenimiento preventivo, un plan de adiestramiento de mantenimiento preventivo y correctivo, los cuales sirven como referencia para el presente trabajo de investigación.

López y Moreno (2012), desarrollaron un trabajo de investigación basado en proponer mejoras que contribuyan con el incremento de la productividad en el proceso de fabricación de perfiles de PVC en la empresa PETROCASA PERFILES, S. A.- Planta Guácara I, cuyo aporte principal para esta investigación es la utilización de la metodología de ESIDE para realizar una descripción de la situación actual e identificar y cuantificar los desperdicios.

Castillo y Navarro (2008) realizaron un trabajo en la empresa AFINNIA C.A., específicamente en las celdas de mecanizado de discos con cubo, con el objetivo fundamental de aumentar la productividad. Para el análisis de la situación emplearon la metodología ESIDE, con el propósito de identificar los problemas existentes en los procesos. Para mejorar la situación se plantearon las propuestas y su evaluación económica, entre las cuales se encuentran: la aplicación de las 5S de la calidad, SMED y diseños de dispositivos, que sirvieron de base para el trabajo de investigación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Ingeniería de métodos

Llamada en una época Estudio de Movimiento y Tiempos, según Burgos (2009), la ingeniería de métodos está relacionada directamente con el establecimiento de métodos de trabajo, determinación del tiempo necesario para realizar una actividad y desarrollo del material que se requiere para darle un uso práctico a estos datos. Para este mismo autor (Burgos) una definición más formal, y operativa es la siguiente:

“La Ingeniería de Métodos es el estudio de los métodos, materiales, equipos y herramientas involucradas en una tarea particular, con la finalidad de:

1. Encontrar el mejor método de ejecución.
2. Normalizar el método, los materiales, los equipos y las herramientas.
3. Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada y debidamente entrenada realice una tarea, trabajando a ritmo normal.
4. Ayudar al operario a adiestrarse siguiendo el mejor método.

La importancia de Ingeniería de Métodos, permite el logro de ciertos objetivos específicos como son: reducir el costo de operación, eliminar actividades innecesarias y no esenciales, incrementar la eficiencia de cada actividad necesaria, eliminar la duplicación de esfuerzo, hacer el trabajo más seguro y menos fatigoso, eliminar pérdidas de tiempo, energía y materiales, crear conciencia respecto al tratamiento sistemático para la solución de problemas y en generar mejorar la calidad y por ende aumentar la productividad, tal como expresa la Reacción en cadena Edwards Deming.”

Ingeniería de Métodos para mejorar un centro de trabajo existente

Según Burgos (2009), los pasos necesarios para mejorar un centro de trabajo ya existente son:

- a. Realizar una observación e investigación preliminar para familiarizarse con el área a analizar.
- b. Con base en la repetitividad o importancia en la tarea determinar cuál debe ser el grado de profundidad para el estudio a hacer.
- c. Fijar las delimitaciones del estudio.
- d. Reunir toda la información necesaria :
Plano y dibujos, cantidades, capacidades, fechas de entrega, materiales, transformaciones requeridas.
- e. ordenar la información.
- f. Presentar la información.
- g. Aplicar los “criterios de los análisis de la operación”.
- h. Realizar un estudio de movimientos si se justifica.
- i. Generar métodos alternativos de ejecución.
- j. Seleccionar el mejor método.
- k. Hacer el “registro normalizado” del método propuesto.
- l. Realizar estudio de tiempo.
- m. Comparar el método actual con el propuesto.
- n. Presentar el nuevo método.
- o. Hacer correcciones de tiempo.
- p. Verificar y controlar la ejecución del nuevo método, de acuerdo con el “registro normalizado”.

2.2.2 Productividad

Según Burgos (2009), desde el punto de vista económico, la productividad es la relación que existe entre los productos o bienes obtenidos y la cuantía de los recursos utilizados para obtenerlos.

Dicho de otra manera, es la relación entre lo producido en calidad y cantidad y los insumos o recursos que al afecto se movilizaron.

No debe confundirse el término Productividad con el término Producción. Desde el punto de vista económico, producción es aquel proceso por el cual se crea valor o utilidad, o se incrementa, por los factores: tierra, capital, trabajo. El incremento de producción no implica necesariamente un aumento de productividad.

El incremento de la productividad puede lograrse cuando:

Aumenta la producción sin aumentar los insumos.

Aumenta la producción y disminuye los insumos.

Se obtiene la misma producción disminuyendo los insumos.

Aumenta la producción en proporción mayor de lo que aumenta los insumos.

Decrece la producción pero en proporción menor a lo que decrece los insumos.

En el subproceso de extrusión los indicadores que afectan la productividad son la disponibilidad de equipos y la calidad de los productos.

Disponibilidad de los equipos: resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo. El tiempo que la máquina podría haber estado produciendo es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo de operación} - \text{tiempos perdidos}}{\text{tiempo de operación}}$$

Calidad: resulta de dividir la producción aprobada entre la producción total

$$\text{Porcentaje de calidad} = \frac{\text{Producción aprobada}}{\text{Producción total}}$$

2.2.3 Manejo de materiales

Según Rachadell y Gómez (2003), el manejo de materiales consiste en el suministro, mediante el uso del método correcto, de la cantidad exacta de material adecuado, en lugar indicado, en el momento preciso, en la secuencia indicada en las mejores condiciones y al mínimo costo posible. Las técnicas de manejo de materiales aplicadas adecuadamente pueden mejorar las operaciones de las siguientes maneras:

- A. Reducción de costos
- B. Reducción de la mano de obra
- C. Mayor seguridad
- D. Incremento de la capacidad productiva
- E. Reducción de desperdicios
- F. Mejora servicio de los clientes
- G. Mayor productividad

En la producción de TPR en el subproceso extrusión se tienen métodos de trabajo inadecuados que afectan el manejo de materiales, esto debido a falta de equipos que ofrezcan mayor seguridad, mejor productividad e incremento en la capacidad productiva.

2.2.4 Eliminación sistémica de desperdicios (ESIDE)

Según, Ortiz e Illada (2007), el ESIDE es una metodología que busca la identificación y eliminación de todo tipo de desperdicio, el cual puede estar presente en cualquier actividad. Desperdicio es todo aquello que no agrega valor al producto y/o servicio, según sea la óptica del cliente, ya sea externo o interno. Esta metodología consiste en la aplicación de 10 pasos.

2. Recolectar y organizar la información: para el registro y análisis de información existen diferentes herramientas que pueden ser usadas, las cuales constituyen una valiosa ayuda a la hora de estudiar un proceso con ideas de mejorarlo, una clasificación de estas herramientas puede ser la siguiente: Diagrama del proceso (de operaciones, de flujo del proceso, de recorrido), representaciones (fotográficas, videos), modelos (planos de distribución del área de trabajo, plantillas, planos de piezas y productos, prototipos). También cuenta con una herramienta denominada “Descripción del sistema”, en el formato se encuentran los siguientes elementos:

- Producto
- Insumo
- Actividades
- Recursos
- Equipo
- Herramientas

3. Decidir el alcance del estudio: en esta fase del análisis se decide cual o cuales de los elementos que conforman el sistema son los que realmente ameritan de un estudio detallado para mejorar el desempeño global, debido a que pueden existir limitaciones y restricciones tales como: tiempo para conseguir soluciones, recursos humano y financieros,

magnitud, aspectos legales y técnicos. Se cuenta en con una forma denominada “Identificación de prioridades de estudio.”

4. Identificar los desperdicios presentes: para detectar los desperdicios presentes en cada componente del sistema, se cuenta con una lista de chequeos de los desperdicios comunes, la cual sirve de referencia para tal propósito. Se utiliza una forma denominada “Lista de desperdicios comunes.”
5. Cuantificar los desperdicios. Permite jerarquizar las variables creando un orden natural de ataque y posteriormente ayuda a justificar la inversión que requerirá la mejora que se diseñe. Se utiliza una forma denominada “Cuantificación de los desperdicios.”
6. Diseñar y seleccionar las soluciones: Analizar los desperdicios: se requiere aplicar la forma denominada “Análisis de causas de los desperdicios” donde se hace una pregunta sistemáticamente ¿Por qué? para conocer la causa raíz del desperdicio poder erradicarlo.
7. Diseñar y seleccionar las soluciones: para reducir o eliminar las causas que originan los desperdicios se pueden aplicar distintas soluciones, que pueden ser generadas por el conocimiento previo de los analistas o utilizando metodologías diseñadas para tal fin. ESIDE cuenta con una forma denominada “Técnicas para eliminar desperdicios.”
8. Evaluar el impacto de las soluciones en el sistema: Antes de que sean implantadas las soluciones, estas deben pasar por un proceso de evaluación, con el fin de determinar los beneficios, costos y desventajas que estas generan, comparándolas con alternativas y/o el método actual. Así se demostrar las mejoras que proporcionan y poder ser aceptadas con más facilidad en el sistema. ESIDE utiliza una forma denominada “Evaluación de Soluciones” para tal fin.

9. Planificar para la acción-control: el definir acciones a seguir en la implementación de la propuesta, permite llevar un seguimiento durante el tiempo especificado para ello. Será necesario en el proceso de planificación determinar todos los recursos necesarios para tal fin, así como controlar el recurso tiempo asignando responsabilidades. El plan debe responder claramente el qué hacer, cómo hacerlo, cuándo hacerlo, donde hacerlo y quién debe hacerlo. ESIDE cuenta con una forma denominada “Plan de acción”.

Debidos a las características de este trabajo de investigación solo se aplicará la metodología hasta el paso nueve (9), quedando la implementación por parte de la gerencia de la empresa.

2.2.5 Plan de mantenimiento productivo (TPM)

Según Cuatrecasas y Torrell (2010) la meta del TPM es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa.

En definitiva, mediante el TPM se trata de relacionar la gestión de los equipos que integran los procesos de producción, de forma que pueda optimizarse el rendimiento de los equipos y la productividad de tales sistemas.

El subproceso de estudio para esta investigación es el de extrusión por lo que el plan de mantenimiento propuesto está dirigido a este subproceso específicamente.

En este subproceso de fabricación casi todos los procesos son automatizados, por esto es de vital importancia el correcto funcionamiento de

los equipos, para evitar las averías, reducir los tiempos de espera y preparación, una utilización eficaz y eficiente de los equipos y herramientas y la calidad del producto.

Objetivos del TPM:

Según Cuatrecasas y Torrell (2010) los principales objetivos del TPM son:

1. Reducción averías de los equipos.

La prevención de errores, problemas, averías, disfunciones defectos e incluso una necesidad excesiva de mantenimiento dedicado a lo que se conoce comúnmente como apaga fuegos en la que se pueden ver involucrados los equipos, van a formar el grupo que de cuestiones que van a requerir una especial atención en el TPM.

En los subprocesos de extrusión y mezcla la mayoría del mantenimiento realizado es correctivo, ya que los electricistas y mecánicos realizan las limpiezas, calibración, entre otros, una vez que los equipos fallan.

2. Reducción de los tiempos de esperas y de preparación de los equipos.

En el área de extrusión la puesta a punto es un proceso bastante tedioso y complejo por lo que el tiempo es largo, debido a esto fundamental el desarrollo de este plan para reducir al máximo este tiempo.

3. Utilización eficaz y eficiente de los equipos.

El TPM permite mejorar la eficacia con la que operan los equipos e instalaciones productivas y como resultado de ello puede aumentar considerablemente la eficiencia del sistema de producción en las áreas de estudio.

La implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total no solo va a centrarse en la reducción de averías, sino tratara de atacar cualquier elemento, acción o falta de ella, que obstaculice o reste eficacia al equipo intentado llevarlo a término del mínimo coste

4. Formación y entrenamiento de los recursos humanos.

Abarca no solo las operaciones del proceso, sino el mantenimiento productivo y la forma de llevarlo a cabo, prevención de fallas y la realización de fallas pertinentes. Se debe tomar en cuenta para las formación y entrenamiento las causas de los errores de operación y reparación, medidas para evitar las distracciones, perfeccionamiento del control ejercido visualmente, normalización de los métodos de regularización y operación, mejoría en los métodos de montaje/desmontaje y formato de pieza adecuados para evitar equívocos.

Mejora de la gestión de los equipos productivos

La aplicación de un programa TPM garantiza a la empresa excelentes resultados:

- **Productividad de los equipos.**

Una de las principales características del TPM es la reducción a cero de averías en los equipos, los defectos y los accidentes, no se presentaría tantas paradas no planificadas en el área de estudio y esto conlleva a un aumento espectacular de la productividad.

- **Mejoras Corporativas.**

La puesta en práctica del TPM con la participación de todos los empleados es una de las claves del éxito, por ello la gerencia de Perfiles

debe apoyar activamente la implicación de sus trabajadores en el proyecto mediante actividades de mejoras en pequeños grupos, que promueve la responsabilidad individual y el respeto mutuo en grupo y en la organización en general. El TPM pretende desarrollar tanto a la empresa como a las personas y fuerza a un cambio en la mentalidad de dirigir una empresa: se pasa de una dirección tradicional, en mayor o menor medida autoritaria, a una dirección verdaderamente participativa.

- **Transformación del puesto de trabajo**

La mejora en la seguridad en el trabajo contribuye a crear un entorno sano y agradable, esta será una meta del TPM.

- **Mejora de la comunicación interna**

El proyecto de implementación del TPM desde sus inicios estandariza no solo las actividades de Mantenimiento autónomo o de primer nivel, y la mejora del puesto de trabajo que repercuten en la mejora del proceso, sino que además el hecho de utilizar métricos e indicadores y exponerlos en paneles próximos al área de trabajo permite que se aborde problemas, se identifiquen y priorice sus causas y se impulse contramedidas con la participación activa de los operarios.

2.2.6 SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE)

Según García y Villanueva, el SMED es el acrónimo de Single Minute Exchange Of Die, que literalmente quiere decir “cambio de una matriz en minutos de un solo dígito”. En la práctica atiende a una sistemática que permite ahorrar tiempo en los cambios de máquina. Dicha sistemática consta de cuatro etapas que se exponen en el epígrafe siguiente. Pero ¿cuánto tiempo se puede ahorrar? Lógicamente todo el que se quiera, a costa de

realizar inversiones, pero la idea es ahorrar todo el tiempo que se pueda realizando pocas inversiones.

Es difícil dar un porcentaje exacto, pues depende de varios factores:

1. Generalmente es más sencillo conseguir ahorros más importantes de tiempo cuando la duración del cambio es superior a varias horas.
2. La capacitación de los operarios, pues el tiempo de cambio para una misma máquina es muy diferente en el caso de grupos de trabajo compenetrados que de grupos de trabajo que están empezando a trabajar conjuntamente y a conocer la máquina.

Aun así, con relativa facilidad es posible reducir en torno a un 30 o 40%, aunque sin conocer la situación particular de cada caso es muy poco recomendable aventurarse a dictaminar porcentajes de ahorro.

En la empresa se cuentan con dos tipos de matrices las de 816mm y 716mm de ancho, también se cuenta con una de 900mm pero es utilizada con menor frecuencia como un pedido especial. Actualmente existen paradas menores por el cambio de matriz que se realiza cuando la gerencia lo indica, esta actividad en promedio dura 180min/jornada. Con esta técnica se pretende reducir esta duración a través de sus distintas etapas.

Etapas del SMED

Etapas 1. Observar y medir

Es la primera de las etapas del método, y fundamental para el éxito del análisis posterior. En ella se ha de realizar un análisis profundo de las operaciones que se realizan en el cambio, desglosándolas todo lo posible y determinando el realiza una tarea, ya que simplemente se deba al hábito y no a la necesidad.

Dos herramientas que ayudan en esta etapa son:

1. Manual de la máquina, muchas veces olvidado, pero que en numerosas ocasiones ayuda a entender algunas de las operaciones del cambio y a responder muchas de las preguntas que nos hacemos.
2. La cámara de vídeo, con la que se puede grabar los cambios, para desglosar más fácilmente las operaciones se puede ver en repetidas ocasiones. Por otro lado, será muy útil para determinar los tiempos de cada una de ellas. En el caso de que existan dos personas, se recomienda bien tomar un plano donde entren todas las personas o bien que existan tantas cámaras como personas, lo cual favorecerá la realización de grabaciones mucho más detalladas.

Etapas 2. Separar operaciones internas y externas

La segunda etapa es la más sencilla de todas, simplemente se debe ver aquellas operaciones que se realizan con la máquina en marcha y con la máquina parada.

Etapas 3. Convertir operaciones internas a externas

Una vez se han desglosado todas las operaciones con el mayor rigor que sea posible, es necesario estudiar una por una, haciendo siempre la misma pregunta ¿esta operación se podría hacer con la máquina en marcha? Lógicamente todas aquellas operaciones que se puedan realizar con la máquina en marcha acortaran el tiempo de cambio.

En un primer momento puede pensarse que todas las operaciones que se realizan durante el cambio son necesarias, pero la experiencia indica que son muchos los movimientos innecesarios que se realizan durante el cambio, en algunos casos simplemente por no tener todos los útiles organizados

Para convertir las operaciones internas en externas se ha de estar pensando en modificaciones técnicas, modificaciones del método de trabajo, redistribuciones de operaciones, sincronización de tareas, etc. tiempo que requiere cada una de ellas, además de los utillajes y herramientas que se precisan.

No se debe de conformar simplemente con conocer las operaciones que se realizan, sino comprender por qué se realizan. Cabe destacar que cuando estamos haciendo un proyecto SMED en una máquina, no sólo se debe estar pendientes de los instantes que dura el cambio, sino también de los periodos de fabricación, que influyen directamente de distintas maneras:

1. En el caso de tiradas de fabricación muy cortas puede darse el caso de que los operarios no tengan tiempo suficiente para poder realizar todas las operaciones externas.
2. Si se trata de una máquina que no es completamente automática, o simplemente que los operarios están saturados de trabajo en otras operaciones, será necesario ver cuál es la carga de trabajo de los mismos, de tal manera que se determine si tienen tiempo suficiente para realizar las tareas o no. Encontrarse con estos problemas no suele ser frecuente, aunque cuando se presenten deben ser tratados con sumo cuidado, buscando soluciones para los mismos.

Etapas 4. Mejoras generales

Una vez que ya hemos pasado todas aquellas operaciones internas y que se pueden realizar con la máquina en funcionamiento, a externas, aún se puede recortar más tiempo.

En el caso de que en un cambio intervenga más de una persona, la distribución de tareas puede ser crucial para ahorrar tiempo. La idea es repartir equitativamente la carga de trabajo entre todos los operarios que intervienen en el cambio, es decir, que si un cambio lo realiza una sola persona y dura 10 minutos, al realizarlo dos personas durará cinco minutos. Lógicamente, debido a la naturaleza de las tareas que se han de realizar, es muy difícil que se consigan estos repartos de tareas completamente equitativos.

Una vez que ya se han repartido las tareas entre las personas, en el caso de que dos o más personas intervengan en el cambio, es el momento de empezar a pensar en ideas que nos ayuden a reducir tiempo. Estas ideas deben enfocarse a aquellas tareas que aumentan directamente el tiempo total del cambio. En algunos casos, pasará simplemente por pequeñas actuaciones técnicas, como adquirir destornilladores eléctricos o neumáticos que acorten los tiempos de atornillar o aflojar tornillos. En otros casos se tratará de proyectos de mejora que eliminen operaciones o las hagan más sencillas, y que requerirán un estudio del coste, de la ganancia en segundos y de la relación coste/ganancia, llegando incluso a automatizar algunas de las tareas.

Debido al tiempo que actualmente invierte los empleados en limpieza o cambios de matriz más el proceso de arranque en el área de extrusión, se está en la necesidad de mejorar métodos de trabajo, redistribución de operaciones, sincronización de tareas y utilización de herramientas que sean precisas, para ahorrar tiempo y aumentar el porcentaje de utilización de la máquina.

2.2.7 Metodología 5S

Según Cuatrecasas y Torrell (2010), son 5 aspectos básicos para el desarrollo de las actividades para el desarrollo de la producción y del mantenimiento en particular, con la máxima eficiencia y rapidez. Se trata de 5 términos de origen en japonés que comienzan con la letra S:

SEIRI	⇒	Organizar, clasificar.
SEITON	⇒	Ordenar eficientemente
SEISO	⇒	Limpieza e inspección
SEIKETSU	⇒	Estandarización
SHITSUKE	⇒	Cumplimiento o disciplina

1. Seiri: significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor.
2. Seiton: consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Una vez hemos eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados.
3. Seiso: significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. La limpieza se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos y la habilidad para producir artículos de calidad. Seiso exige que se realice un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo.
4. Seiketsu: es la metodología que nos permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un

proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones. Seiketsu implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente. La estandarización de los métodos (5S) implicaría hacer un esfuerzo doble en una empresa que por ahora no cuenta con los métodos de trabajo normalizados

5. Shitsuke: significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo. Podremos obtener los beneficios alcanzados con las primeras "S" por largo tiempo si se logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos. Su aplicación nos garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos sea excelente.

2.2.8 El método de Kaplan-Meier

El método de Kaplan-Meier es un método que permite estimar la curva de supervivencia. Este método, enmarcado como no paramétrico, requiere muy pocas restricciones para su aplicación, y lo único que supone es que los sujetos censurados se habrían comportado del mismo modo que los seguidos hasta que se produjo el evento.

A simple vista, parece razonable estimar la proporción de pacientes que sobreviven a un determinado tiempo t como el número de individuos cuyo tiempo de observación ha sido superior o igual a t , es decir, los que "sobreviven" sobre todos los pacientes de los que disponemos información hasta por lo menos ese instante.

Para cada periodo de tiempo se calcula la probabilidad de sobrevivir, y la función de Kaplan-Meier es la “probabilidad de supervivencia individual acumulada a lo largo del tiempo”. Este método “actualiza” la estimación de la función de supervivencia en cada momento en que aparece un evento.

Mediante este método también es posible la comparación de dos o más curvas de supervivencia correspondientes a dos o más grupos (hombres/mujeres, tratamiento1/tratamiento2/tratamiento 3) definidos por una variable categórica.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel y diseño de la investigación

El proyecto Factible, según UPEL (2006), “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades”.

Según esta definición, la presente investigación es de tipo proyecto factible ya que se desarrollan propuestas de mejoras en el proceso de producción de perfiles de PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. con la finalidad de incrementar su productividad.

El diseño de la investigación es documental, para la fase de recopilación de la información. Según UPEL (2006), el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del autor. Para este trabajo de investigación se utilizó todos aquellos documentos que contuvieran planos, manuales, información técnica de los equipos, registros

históricos suministrados por la gerencia y supervisores que permitieron el apoyo y familiarización con el estudio.

Se utilizó también la investigación de campo. Según UPEL (2006) “la investigación de campo es el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo”.

Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad ya que se obtuvieron mediante la observación directa y mediciones recolectadas en la empresa, específicamente en el área de perfiles de la planta MADERA SINTÉTICA PETROCASA S.A.

La clasificación del nivel de esta investigación es descriptiva en su primera fase. Según Méndez (2009) el estudio descriptivo “identifica las características de la investigación, señalan formas de conductas y actitudes del total de la población investigada, se establece comportamientos concretos y se descubre y comprueba la asociación entre las variables de investigación”. Este es un estudio descriptivo, ya que se describe la situación actual que presenta el subproceso de extrusión de la empresa de MADERA SINTÉTICA PETROCASA S.A, y luego se analizó para determinar la causa raíz de aquellos elementos que afectan la productividad de la empresa.

3.2 Unidad de análisis

Se realizó en la empresa PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. específicamente en el subproceso de extrusión para elaboración de TPR.

3.3 Fuentes y técnicas para la recolección de información

Fuentes Primarias: según Méndez (2009), esta investigación depende de la información que el investigador debe recoger directamente, utilizando técnicas y procedimientos que suministren la información adecuada, entre ellas se tienen:

La Observación participante: puede ser directa cuando el investigador pertenece al grupo, organización o realidad sobre la cual se investiga, indirecta cuando se hace presente con el único propósito de recoger la información del trabajo propuesto, esta técnica se aplicó en las diferentes visitas a la empresa en estudio.

Entrevista no estructurada: para ellas se contactó al personal encargado del área de perfiles de la empresa de MADERA SINTÉTICA PETROCASA S.A., para obtener información sobre la problemática existente, en este caso al personal de producción, mantenimiento, ingeniería.

Fuentes Secundarias: según Méndez (2009) las fuentes secundarias son las fuentes básicas. Se dividen en dos tipos o clases: internas o externas. Las fuentes secundarias internas son las que están disponibles en la organización para la cual se realiza la investigación, y un ejemplo de esta son sus datos contables, registros de actividades, historia, etc. Las fuentes secundarias externas utilizadas en esta investigación fueron referencias bibliográficas, artículos en internet, registros históricos, tesis de grado y libros.

3.4 Fases de la investigación

Fase/Estrategia/Actividad.

FASE I: Describir la situación actual en el proceso de fabricación de TPR de PVC en la empresa PETROCASA MADERA SINTETICA, S. A Guacara II, se realizó el levantamiento de toda la información que ayuden a determinar los problemas existen pertinente en el sub proceso de extrusión.

Estrategias: Por medio de observación directa y entrevista a los supervisores, mecánicos, operadores y auxiliares

Actividades:

1. Observar los procesos de producción del TPR, conocer y entrevistar a los supervisores, mecánico, operadores y auxiliares, revisar los registros históricos suministrados por la empresa, para identificar las actividades y elementos críticos que afectan la productividad.

FASE II: análisis de la situación actual, mediante un estudio que determinó los factores que inciden en la productividad en el subproceso de extrusión para la elaboración de TPR de PVC en la empresa PETROCASA MADERA SINTETICA, S. A Guácara II.

Estrategia: Adoptar los requisitos de la Metodología ESIDE, aplicando los pasos del 3 al 6.

Actividades:

1. Recolección y análisis de información, con gran parte de la información recopilada en la primera fase.
2. Alcance del estudio.
3. Identificación de los desperdicios presentes.

4. Cuantificación de los desperdicios presentes.
5. Análisis de los desperdicios presentes.
6. Análisis de las paradas no programadas por fallas en los equipos del área de extrusión.

FASE III: Proponer una serie de alternativas que permitan mejorar la situación actual de la empresa, en el área de perfiles MADERA SINTÉTICA PETROCASA S.A., específicamente en las actividades identificadas como posibles mejoras.

Estrategia: Utilizar la metodología ESIDE desde el paso 7 al 9

Actividades:

1. Diseño y selección de soluciones.
2. Evaluación del impacto de las soluciones en el sistema.
3. Planificación para la acción-control.

FASE IV: Evaluar el impacto de las propuestas tanto técnica como económicamente.

Estrategias: Para cada uno de las propuestas de mejoras sugeridas se elaboró una evaluación económica, mediante el cálculo de la inversión inicial, los beneficios y el tiempo de pago. Esta información permitió conocer la factibilidad de su implementación.

Actividades:

1. Elaborar un diseño que permita conocer el costo de las propuestas de mejoras.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 Descripción del sistema

La descripción del subproceso de extrusión está representado en la forma de la metodología ESIDE, llamada descripción del sistema, (ver Tabla 1), donde se identifican sus actividades y descripción general del sistema.

Tabla 1.Descripción del sistema de Extrusión



Tabla 1.Descripción del sistema de Extrusión. (Continuación).

RECURSOS				
MANO DE OBRA	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	ESPACIO	TIEMPO	OTROS
4 operadores	Ver tabla 3	6000 m ² (Ver Figura 5)		
8 auxiliares				
3 supervisor				
1 montacarguista				

4.1.1 Producto

Perfiles de PVC: Pieza plástica de sección constante, que se fabrica en serie por el proceso de extrusión. Cada uno de esos tipos se caracteriza por la forma y dimensión. En la Figura 3 y Figura 4 se muestran imágenes del producto.

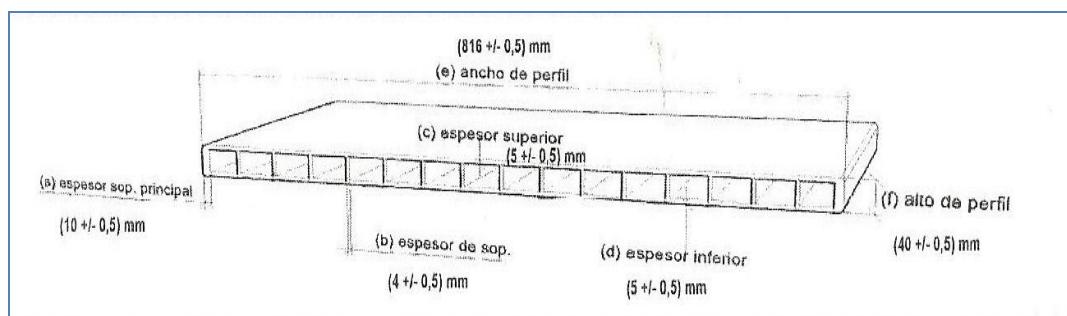


Figura 3. Tablero de perfil rígido de 816 mm
Fuente: Petrocasa Madera Sintética S.A.

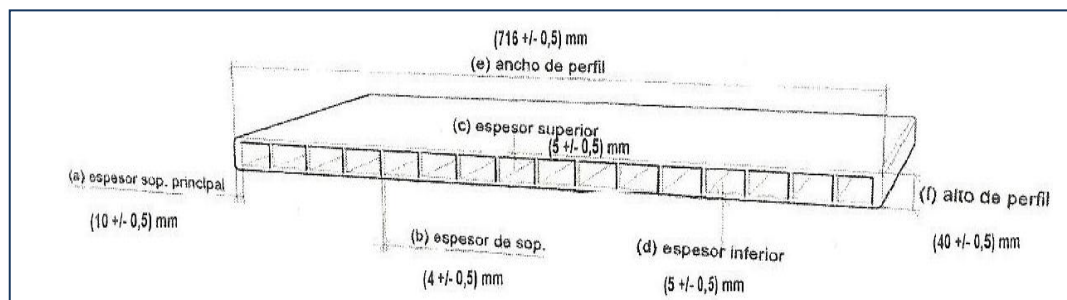


Figura 4. Tablero de perfil rígido de 716 mm
Fuente: Petrocasa Madera Sintética S.A

4.1.2 Descripción de insumos.

El resultado del compuesto de PVC para puertas obtenido del subproceso de mezcla, del espumante luvopor y compuesto de purga, proporcionan los TPR. La descripción de los insumos se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.Descripción de Insumos

INSUMO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Compuesto de PVC	El resultado de la adición de determinados aditivos a la resina de PVC, confiriéndole propiedades físicas, químicas y mecánicas necesarias para procesarlo y evitar su degradación.	
LUVOPOR 9551G	Agentes espumantes, producen gas y con ello generan células en los materiales polímeros, disminuyendo la densidad del TPR.	
Compuesto de Purga	Resina de PVC, Carbonato de Calcio y Estabilizante térmico, utilizado para limpiar los tornillos de la máquina extrusora cuando se realice el arranque y parada del proceso de extrusión.	

4.1.3 Cliente

Del subproceso de extrusión se envía el conjunto de TPR colocados en una paleta al subproceso de mecanizado donde se realizan las diferentes operaciones para formar una puerta.

4.1.4 Proveedor

El subproceso de mezcla es quien suministra el compuesto de PVC al subproceso de extrusión.

4.1.5 Descripción de equipos y herramientas.

La descripción de los equipos y herramientas utilizados en el subproceso de extrusión, se describen en la tabla 3, así como también las cantidades utilizadas de cada uno de ellos.

Tabla 3. Descripción de equipos y herramientas

Equipos y herramientas	Cantidad	Descripción	Imagen
Máquina extrusora	2	Equipo utilizado para transformar por medio de fundición por variaciones de presión y temperatura materiales en polvo (mezcla seca) en otro (piezas sólidas) cuyas características físicas son totalmente diferentes una vez empujado hacia los husillos de la extrusora para lograr su plastificación. Marca Krauss Maffei, voltaje 440, amperaje 451	

Tabla 3. Descripción de equipos y herramientas (Continuación)

Equipos y Herramientas	Cantidad	Descripción	Imagen
Intercambiadores de calor	2	Recircula el aceite hacia la matriz.	
Tolvas de dosificación	2	Es donde llega el compuesto proveniente del Subproceso de Mezcla.	
Martillo de Goma	2	Es utilizado para partir el compuesto solidificado.	
Cuchillo	2	Para realizar cortes de manera transversal en el perfil rígido de 1 m a 1,5 m hasta que estabilice el material.	
Separador de metales	2	Rechaza partículas extrañas que entran a la tolva dosificadora.	
La matriz (716 mm, 816 mm)	2	Dispositivos de diferentes tipos que se adaptan al cabezal de la Extrusora, y por el cual pasa la mezcla plastificada por extrusión, para obtener el perfil deseado.	

Tabla 3. Descripción de equipos y herramientas (Continuación)

Equipos y Herramientas	Cantidad	Descripción	Imagen
Sistema de enfriamiento	2	Es el sistema constituido por las Bañeras, Placas Metálicas, Placas plásticas, Varillas metálicas (Dependiendo del perfil), y en donde se realiza el proceso de enfriamiento del perfil extruido para darle dureza al mismo.	
Sistema de halado	2	Es un dispositivo ubicado al final del sistema de extrusión en donde es halado el perfil por medio de un conjunto de orugas para mantenerlo en la línea de producción.	
Sistema de corte	2	Conjunto de Cierra, Pistones y Tacos, Impresora, Saugboy, PLC de Corte (Longitud, Tipo de Angulo y Codificación), que se utiliza para dar la longitud, ángulo e identificación requerida del perfil (por programación)	
Escaleras	2	Su función es para que el operador suba hasta la tolva de dosificación y agregue el espumante.	

Tabla 3. Descripción de equipos y herramientas (Continuación)

Equipos y herramientas	Cantidad	Descripción	Imagen
Mecate	2	Se utiliza para el halado del perfil una vez que sale de la extrusora	
Espátula de Bronce	2	Se utiliza para remover el compuesto de purga de la matriz.	
Barras de Bronce	2	Extrae el material que se adhiere dentro de los mandriles.	
Tobo	4	Se utiliza para descargar el Espumante en la tolva de dosificación.	
Mesa inclinadora	2	Dispositivo con Sensor longitudinal que desliza el Perfil a las bandas de salida, una vez cortado según las especificaciones.	
Cinta métrica	4	Verificar la exactitud de los TPR después del corte.	
Vernier	3	Se utiliza para medir los espesores internos del TPR.	

4.1.6 Espacio

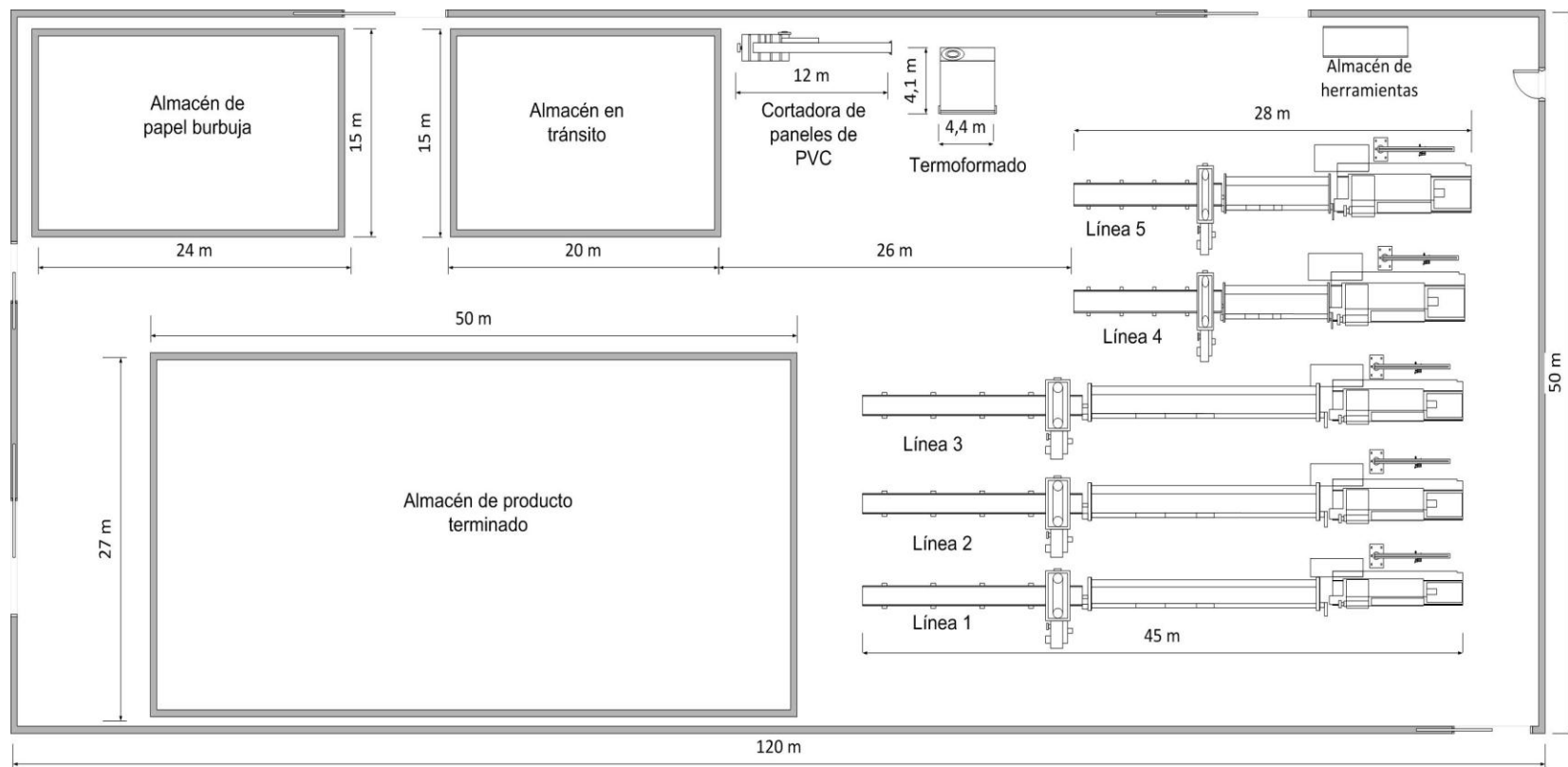


Figura 5. Vista de planta del área de extrusión.

4.1.7 Descripción de actividades

Las actividades del subproceso de extrusión comienzan cuando el operador introduce los parámetros de calentamiento en el panel de control para ajustar los parámetros nominal vs real, enciende los intercambiadores agua-agua, agua-aceite, desactiva el botón de atemperado para dar inicio al calentamiento y pulsa la tecla de controlador de temperatura para alcanzar la temperatura pre establecida.

Durante el tiempo de precalentamiento el operador programa los valores de la sierra y verifica que todos los botones del plc estén en funcionamiento, revisa la posición de la sierra, que las misma se encuentre alineada con la marca de la base, verifica que los datos del perfil sean los adecuados, (nombre del programa, ángulo de corte, longitud), revisa en el panel de control que los valores de temperaturas programados hayan alcanzado lo pre-establecido para el inicio y arranque de la producción, pone en marcha el motor de accionamiento principal.

Luego, el operador programa las revoluciones del tornillo según el valor pre-establecido para el arranque de 3 rpm y η D1 20 rpm, al mismo tiempo acciona el botón de inicio de producción.

Posteriormente, el operador comunica al auxiliar 1, para que agregue paulatinamente material de purga, a través de la caja dosificadora, con esto realizar una limpieza del tornillo de la maquina extrusora antes del arranque.

Una vez que se ha terminado de agregar el material de purga, el operador ajusta gradualmente en el panel de control la dosificación de compuesto nD1 y rpm del husillo, verifica la salida del material por los mandriles e indica al

auxiliar que proceda a realizar cortes longitudinales y transversales de 0.5 a 1 metro de largo aproximadamente.

Para la puesta en marcha de la máquina el operador verifica que las válvulas de agua de calor se encuentren abiertas, enciende la Bomba de agua WP1, ubicado en el panel de control de la oruga para enfriamiento de las placas calibradoras.

Después, el operador verifica la plastificación del material extruido que este bien plastificado y solicita al auxiliar el corte y el doble del materia para ser unido con la sogá de arrastre por uno de los extremos, seguidamente enciende el sistema de arrastre para su halado.

Luego, agrega una pequeña cantidad de agua fría en la unión del material con la sogá de arrastre para acelerar la solidificación del material y exista mejor unión.

Una vez que el material haya abarcado el ancho del perfil en la placa calibradora y el sistema de post-extrusión, el operador da la orden al auxiliar de colocar el espumante, el mismo debe subir por la escalera un tobo con espumante para llenar la tolva dosificadora de, y luego el operario procede al encendido del sistema de dosificación.

El auxiliar tapa los ductos del sistema de desgasificación, pulsa el botón de la mesa calibradora que indica el movimiento hacia delante y baja las tapas de las bañeras de enfriamiento.

Una vez que se ha dado el arranque de la máquina, el operario enciende las válvulas de vacío de la placa calibradora, abre las válvulas de agua, para que el perfil pase por las bañeras de enfriamiento.

Por último, el operador coloca en el panel de control la longitud del TPR a cortar. Después de ser cortados, dos auxiliares cargan los TPR de dos en dos hasta formar una paleta de 30 TPR, luego el montacarguista traslada la paleta al almacén en tránsito, donde esperan a que el próximo subproceso las retire y continúen con el proceso de producción.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para identificar y describir los desperdicios presentes en el área de extrusión y las causas que lo generen, se utilizaron las formas de la metodología de ESIDE.

5.1 Impactos de elementos del sistema sobre los indicadores.

Con el fin de determinar el impacto que tiene cada uno de los elementos sobre los indicadores seleccionado anteriormente, se discutió con la gerencia de la empresa las opiniones al respecto. Para ello se aplicó la forma “impactos de elementos en los indicadores”, de la metodología ESIDE, la cual se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Impactos de elementos en los indicadores

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012				
ELEMENTOS DEL SISTEMA	INDICADORES DE DESEMPEÑO			TOTAL
	Productividad	Tiempo improductivo	Scrap	
Productos	3	0	3	6
Insumos	1	0	1	2
Actividades	2	2	2	6
Mano de obra	2	2	3	7
Equipos	3	3	2	8
Espacios	2	0	2	4

IMPACTO: 3 =Alto; 2 =Regular; 1 = Bajo; 0 = Nulo

De acuerdo a los resultados se centra la atención en el estudio crítico de mayor impacto como son: equipos y herramientas, mano de obra, productos, actividades y espacio, para obtener desperdicios más relevantes en el sistema.

5.2 Identificación y descripción de los desperdicios.

Con la “lista de desperdicios comunes” de la metodología ESIDE, se identificaron a través de los diversos elementos del sistema seleccionados, aquellos desperdicios presentes en el subproceso de extrusión, como se muestra en la tabla 5. Luego se describe cada desperdicio para detallar la situación actual (ver tabla 6).

Tabla 5. Lista de desperdicios que presentan los elementos del subsistema de extrusión.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
ELEMENTO	DESPERDICIO
Equipos y herramientas	✓ Tiempo elevado de preparación y ajuste. ✓ Tiempo elevado de mantenimiento. ✓ Paradas no planificada.
Mano de obra	✓ Desplazamientos innecesarios. ✓ Condiciones que provocan fatiga. ✓ Condiciones inseguras. ✓ Falta de entrenamiento. ✓ Condiciones inseguras.
Productos	✓ Productos defectuosos.
Actividades	✓ Procedimientos no estandarizados. ✓ Operaciones de preparación.
Espacio	✓ Inadecuada distribución de equipos y materiales. ✓ Condiciones ambientales inadecuadas.

Tabla 6. Descripción de desperdicios que presentan los elementos en el subproceso de extrusión.

Desperdicio	Descripción
Elemento: Equipos y herramientas	
Tiempo elevado de preparación y ajuste.	Cada vez que se realiza un cambio de matriz de 716 mm a 816 mm o viceversa, esto de lleva en promedio un tiempo de 236 minutos. Este cambio de matriz lo realizan 10 veces al mes en promedio.
Tiempo elevado de mantenimiento.	El mantenimiento correctivo realizado a la matriz para retirar el compuesto pegado tarda en promedio 180 minutos con una frecuencia de 15 veces/mes en promedio.
Tiempo elevado de mantenimiento.	El mantenimiento correctivo realizado a los intercambiadores de calor ya sea para su limpieza o corrección de cualquier falla es en promedio de 45 minutos con una frecuencia de 20 veces/mes en promedio.
Tiempo elevado de mantenimiento.	El mantenimiento correctivo realizado a la máquina cortadora ya sea por limpieza, lubricación o cambio de sierra es de aproximadamente 60 minutos con una frecuencia de 11 veces/mes.
Paradas no planificada.	Por diferentes fallas en la matriz, intercambiadores de calor y cortadora ocurren paradas con una duración promedio de 4300 minutos/mes, información obtenida solo de dos turnos de trabajo.
Elemento: Mano de obra	
Desplazamientos innecesarios.	El montacarguista tiene que desplazarse en promedio hasta 6 metros para poder ubicar las paletas de TPR 716 mm o 816 mm en el almacén en tránsito con una frecuencia de 8 veces/jornada en promedio, tomándose 10 min en la actividad. (Ver Figura 7).

Tabla 6. Descripción de desperdicios que presentan los elementos en el subproceso de extrusión. (Continuación).

Desperdicio	Descripción
Elemento: Mano de obra	
Desplazamientos innecesarios.	El operador de la extrusora tiene que realizar un desplazamiento de 4 metros para controlar la temperatura del intercambiador de agua, y regresar al panel de control nuevamente. (Ver Figura 8).
	Los analistas del departamento de calidad tienen que recorrer en promedio 15 metros cada vez que va inspeccionar una paleta de TPR. (Ver Figura 9).
Condiciones que provocan fatiga.	En el proceso de arranque el operador tiene que cortar con un cuchillo el compuesto que sale defectuoso de lo mandriles, realizando movimientos de orden superior, en promedio 20 veces por arranque. Esta actividad ha sido motivos de ausencia por lesiones musculo esqueléticas para los auxiliares en promedio 10 veces al año, según registro históricos de la gerencia. (Ver Figura 10).
	En el paletizado 2 auxiliares cargan 2 TPR 716 mm o 816 mm, para trasladarlos desde la banda transportadoras que está a una altura de 1,10m del piso hasta la paleta, realizando movimiento de 5to orden, esta actividad la realizan en promedio 80 veces por jornada. El peso de cada TPR es de 12 kg o 14 kg respectivamente. (Ver Figura 11)
	El mecánico realiza esfuerzos para destorquear 40 tornillos en la limpieza de la matriz.
Falta de entrenamiento	Existe un solo mecánico asignado al área de extrusión, el resto del personal no está familiarizado con los mantenimientos básicos para cada una de los equipos de la línea.

Tabla 6. Descripción de desperdicios que presentan los elementos en el subproceso de extrusión. (Continuación).

Desperdicio	Descripción
Elemento: Mano de obra	
Condiciones inseguras	En el área de trabajo se encuentra charcos de agua y aceite, viruta, equipos como matriz, bañera de enfriamiento, calibrador ubicado en cualquier lugar del área de extrusión, que podría ser causa de accidentes en el área. (Ver Figura 12).
	El corte que realiza el auxiliar al perfil en el arranque de la línea, debido a que realiza movimientos de orden superior que pueden causarle lesiones músculo esqueléticas.
	El paso delimitado para el montacarguista está obstaculizado con las paletas de TPR, haciendo que tanto el paso peatonal como el del montacarguista sea el mismo. (Ver Figura 13).
Elemento : Producto	
Producto defectuoso.	En la matriz se acumulan compuesto que ocasiona manchas, vetas y ondulaciones en los TPR, generando un 24 % de producto defectuoso. (Ver Figura 6)
	La línea de extrusión es alimentada en promedio con 1200 kg/mes compuesto de PVC defectuoso, aproximadamente 11 veces al mes.
Elemento: Actividad	
Procedimientos no estandarizados.	Los operadores y auxiliares realizan sus actividades de forma diferente.
Operaciones de preparación	La lectura de la hoja de procedimiento de cambio de producto, la búsqueda de herramientas y equipos, se realiza como actividades internas.
	La búsqueda de herramientas toma alrededor de 20 min, ya que éste se encuentra desordenado en el almacén de herramientas. (Ver
	Figura 16)
	El mecánico retorna al almacén de

	herramientas en búsqueda de las faltantes invirtiendo 5min en el traslado.
--	--

Tabla 6. Descripción de desperdicios que presentan los elementos en el subproceso de extrusión. (Continuación).

Desperdicio	Descripción
Elemento: Espacio	
Condiciones ambientales inadecuadas	El orden y limpieza son deficientes en el área de extrusión, el piso de la misma está llena de viruta, charcos de agua y aceite, además de otros materiales de desechos. Las maquinas se encuentran lleno de tierra, escombros. Las herramientas se encuentran desordenadas. (Ver Figura 15).
Inadecuada distribución de equipos y materiales.	No está destinado un lugar específico para colocar los TPR una vez paletizado. (Ver Figura 7 y Figura 13)
	No está destinado un sitio específico para colocar los big bag de purga y el espumante (luvopor), los equipos como la matriz, el calibrador, las bañeras de enfriamiento que no están siendo utilizadas y las mesas de trabajo. (Ver Figura 14).



Figura 6. Producto defectuoso



Figura 7. Desplazamientos innecesarios del montacarguista al momento de ubicar la paleta.



Figura 8. Desplazamientos innecesarios del operador debido a la ubicación de los intercambiadores de calor.

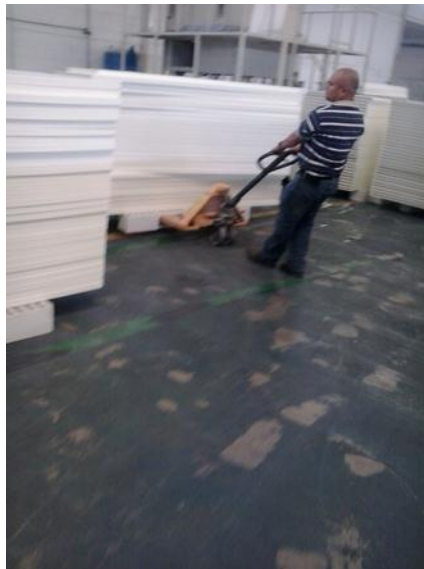


Figura 9. Desplazamientos innecesarios del analista de calidad para buscar la paleta a inspeccionar.



Figura 10. Condiciones que provocan fatiga durante el corte de material defectuoso.

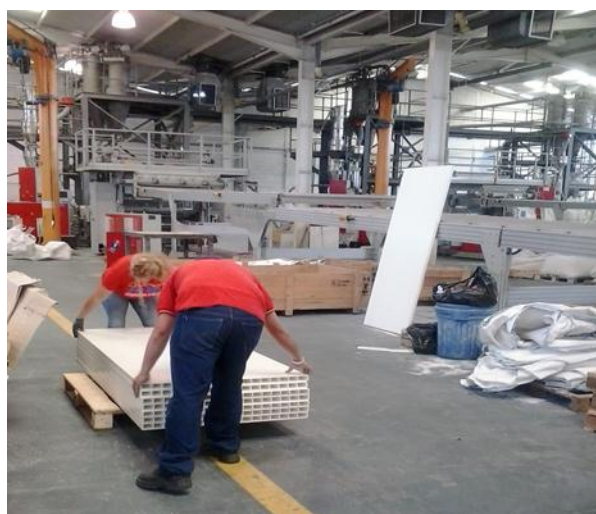


Figura 11. Condiciones que provocan fatiga al realizar movimientos disergonómicos.



Figura 12. Presencia de fluidos y virutas en el área de extrusión.

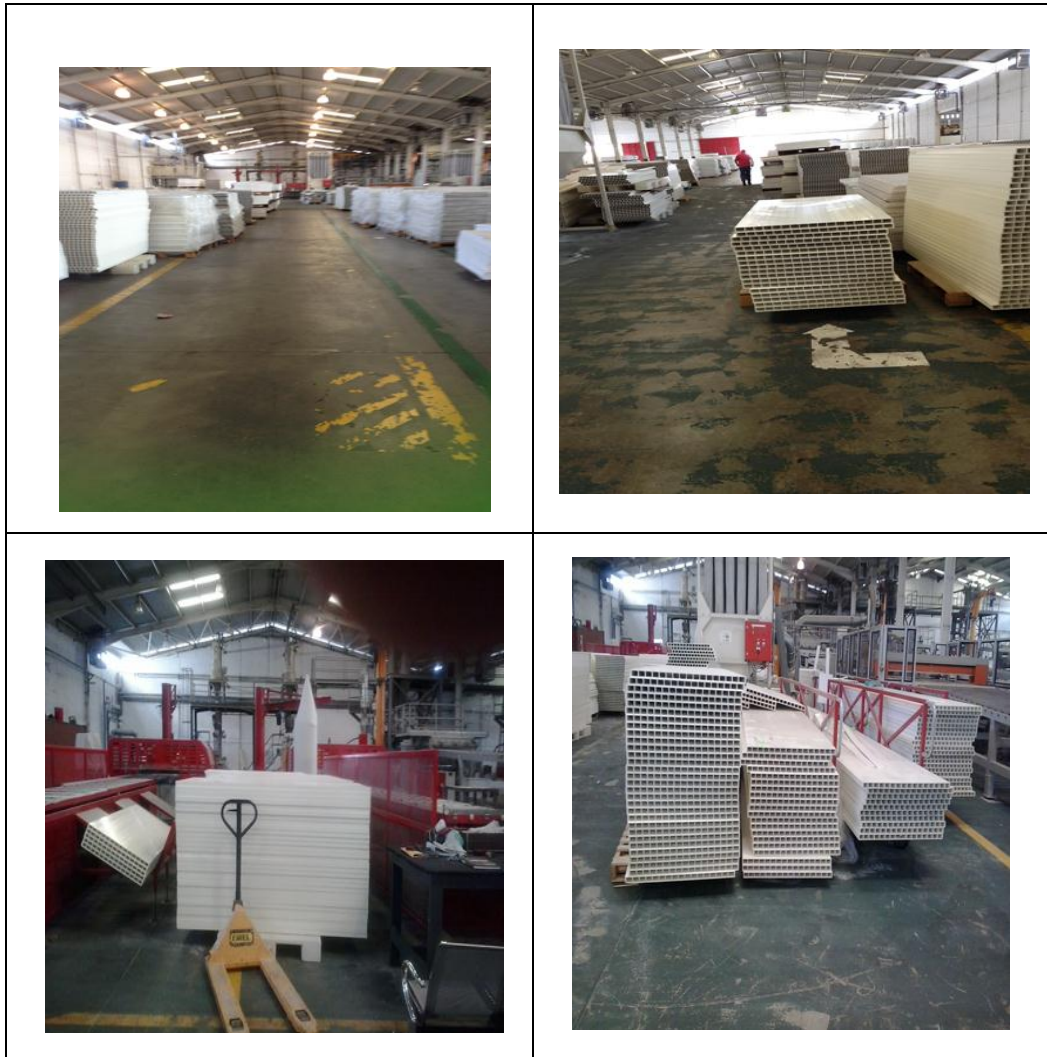


Figura 13. Ubicación de los TPR en el área designada al paso peatonal.



Figura 14. Inadecuada distribución de equipos y materiales.



Figura 15. Condiciones ambientales inadecuadas

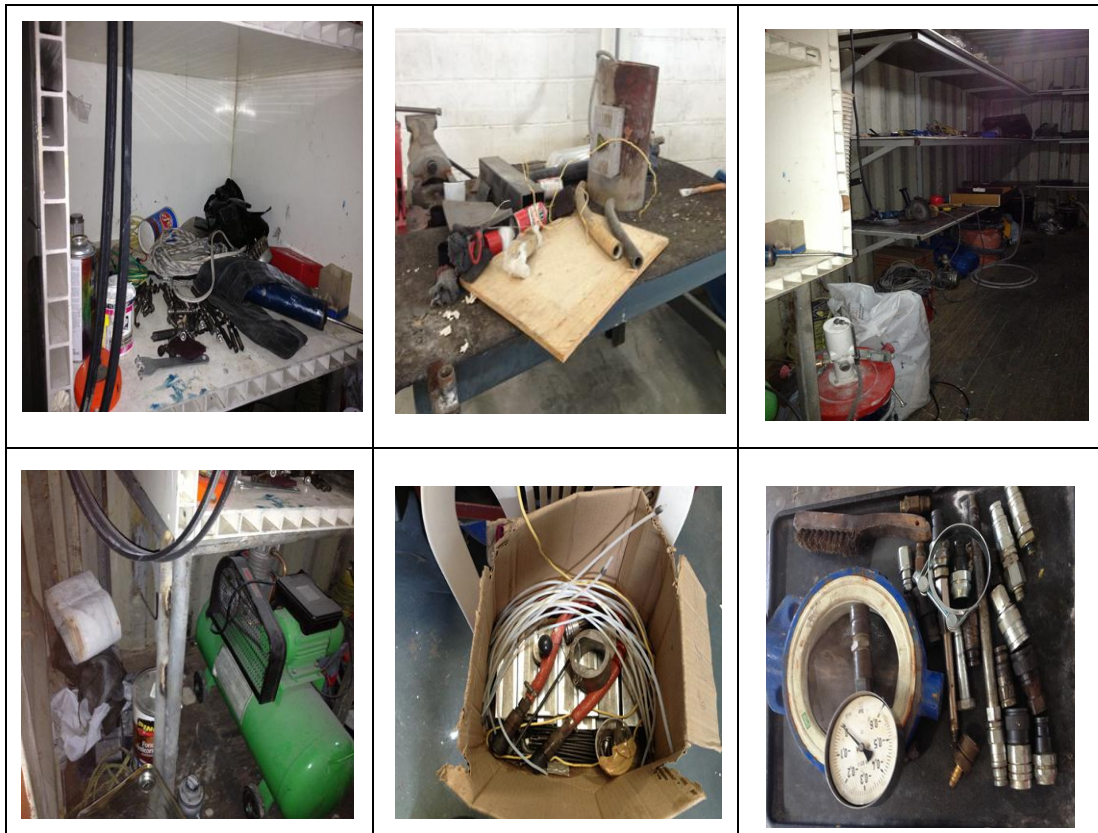


Figura 16. Operaciones de preparación.

5.3 Cuantificación de los desperdicios

Una vez descritos los desperdicios presentes en el área de extrusión, se cuantificaron. Para tal fin se utilizó la forma de la metodología ESIDE denominada “Cuantificación de desperdicios”, (ver Tabla 7).

Es importante mencionar que los cálculos se realizaron con información obtenida a través de observación directa y otras suministradas por el departamento de mantenimiento.

Tabla 7. Cuantificación de los desperdicios en el subsistema de extrusión.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012				
ELEMENTO	DESPERDICIO		UNIDAD	CANTIDAD
Producto	Producto defectuoso		TPR/mes	3200
Equipos y herramientas	Tiempo elevado de preparación y ajuste		Min/PAP	236
	Tiempo de elevado de mantenimiento		Min/falla	285
	Paradas no planificadas por fallas en la máquina		Min/mes	4300
Mano de obra	Desplazamientos innecesarios		m/jornada	25
	Falta de pericias o poco entrenamiento.		Cualitativo	Deficiente
	Condiciones Inseguras		Cualitativo	Alto
	Condiciones que provocan fatiga	Corte de compuesto	Veces/arranque	20
		Paletizado	Movimientos/jornada	80
		Destorque	Movimientos/limpieza	40
Espacio	Inadecuada distribución de equipos		Cualitativo	Deficiente
	Condiciones ambientales inadecuadas		Cualitativo	Deficiente
Actividad	Procedimientos no estandarizados		Porcentaje	100
	Operaciones de preparación	Inicio de proceso de producción	Min/jornadas	60
		Condición de equipos y herramientas.	Cualitativo	Deficiente
		Selección de herramientas	Min/PAP	20
		Traslado de herramientas faltante.	Min/PAP	5

Fuente: Gerencia de Perfiles de Petrocasa Madera Sintética

5.4 Análisis de las causas de los desperdicios.

Con la finalidad de hallar la causa raíz que originan los desperdicios presentes en el subproceso de extrusión y las oportunidades de mejoras se utilizó la herramienta de los 5 ¿Por qué?, según el paso 6 de la metodología ESIDE, denominada “Análisis Causas de Desperdicios” (ver Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de Causas de Desperdicios en el subproceso de Extrusión.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012			
Elemento: PRODUCTO			
Desperdicio	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Producto defectuoso	No cumple con las especificaciones debido a fallas de la máquina.	No se le realiza mantenimiento preventivo a las máquinas.	No se cuenta con un adecuado plan de mantenimiento.
	El departamento de calidad aprueba compuesto de PVC que no cumple con las especificaciones.	No se inspecciona todos los batch de compuesto de PVC en el big bag.	No se cuenta con la herramienta adecuada.
Elemento: EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			
Desperdicio	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Paradas no planificadas	Las máquinas fallan.	No se le realiza mantenimiento preventivo a las máquinas.	No se cuenta con un adecuado plan de mantenimiento.
Tiempo elevado de mantenimiento	Se deben corregir las fallas que presentan los equipos.	No se le realiza mantenimiento preventivo a las máquinas.	No se cuenta con un adecuado plan de mantenimiento.

Tabla 8. Análisis de Causas de Desperdicios en el subproceso de Extrusión. (Continuación)

Elemento: EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			
Desperdicio	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Tiempo elevado de preparación y ajuste	La puesta a punto solo está a cargo del mecánico.	Es la única persona capacitada para realizar la PAP	
	El proceso de desajuste y ajustes de los tornillos tardan en promedio 20 minutos.	No se cuenta con la herramienta indicada	
Elemento: Mano de Obra			
Desperdicio	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Desplazamientos innecesarios.	El operador se desplaza 4 metros de forma constante	Para ver la temperatura del intercambiador	El panel del intercambiador no está a la vista del operador
	El montacarguista se desplaza 6 metros por el almacén con una frecuencia de 8 veces/jornada.	No hay una ubicación específica para los TPR de 716 mm y 816 mm.	No hay una delimitación del almacén en tránsito.
	Los analistas de calidad deben recorrer 15 m.	Para realizar la inspección de los TPR de 716 mm y 816 mm.	No hay una delimitación del almacén en tránsito.
Condiciones que provocan fatiga.	Los auxiliares realizan movimientos bruscos.	Para realizar el corte del TPR.	No cuentan con la herramienta adecuada
	Los auxiliares realizan movimiento de 5 ^{to} orden.	Deben cargar los TPR de 12 Kg. y 14 Kg, desde la banda transportadora hasta el suelo.	No cuentan con el método indicado.
	El mecánico realiza esfuerzo.	Para quitar los tornillos de la matriz.	No cuentan con la herramienta adecuada.

Tabla 8. Análisis de Causas de Desperdicios en el subproceso de Extrusión. (Continuación)

Elemento: Mano de Obra			
Desperdicio	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Falta de entrenamiento.	Solo existe un mecánico y un operador, en el área de extrusión que conoce todo el equipo de extrusión y post extrusión.	El resto del personal no ha pasado por un proceso de inducción acerca de las máquinas de la línea de extrusión, ni cuentan con procedimientos de trabajo.	
Condiciones inseguras	En el área de trabajo existen charcos de agua, equipos en cualquier lugar del área.	No hay planificación en el orden y limpieza del área.	
	Los auxiliares presentan lesiones musculo esqueléticas.	Cortan el TPR durante el proceso de estabilización con un cuchillo de sierra.	No cuentan con la herramienta adecuada.
	El paso del montacargas y el de los empleados es el mismo.	La delimitación donde debe pasar el montacarga está obstaculizada con las paletas de TPR.	No existe una delimitación para los TPR en el almacén en tránsito.
Elemento: ESPACIO			
Desperdicio	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Inadecuada distribución de equipos, herramientas y materiales.	Los equipos y materiales se encuentran desordenados en el área	Falta de orden por parte de los operarios.	Falta de cooperación por mantener el orden y la limpieza.
	Los TPR son colocados en cualquier lugar del almacén en tránsito.	No existe una delimitación para su ubicación	
Condiciones ambientales inadecuadas.	Se encuentran desechos en el piso, las herramientas desordenadas y las máquinas sucias.	Existe poca contribución de los operarios y auxiliares.	Falta de cooperación por mantener el orden y la limpieza

Tabla 8. Análisis de Causas de Desperdicios en el subproceso de Extrusión. (Continuación)

Elemento: ACTIVIDADES			
Desperdicio		¿Por qué?	¿Por qué?
Procedimientos estandarizados	no	Cada auxiliar realiza las operaciones de forma diferente	No existen normas y procedimientos.
Operaciones de preparación. (Dura en promedio 271m)		Todas las operaciones se realizan como internas.	
		La búsqueda de herramientas consume 20 min.	Están desorganizados en el almacén.
		El mecánico se regresa al almacén en búsqueda de herramientas.	No hay una lista de chequeo para verificar lo que necesita.

5.5 Técnicas para eliminar los desperdicios.

Una vez determinada la causa raíz de los desperdicios, se propone la utilización de una serie de técnicas para su eliminación o disminución. Para nombrar las técnicas seleccionadas se utilizó la forma de la metodología ESIDE denominada “Algunas técnicas para eliminar los desperdicios”. (Ver Tabla 9)

Tabla 9. Algunas técnicas para eliminar los desperdicios

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
TÉCNICA	DESPERDICIO ELIMINADO O DISMINUIDO
SMED.	✓ Paradas largas de máquina por preparación y/o ajuste. ✓ Operaciones de preparación.
Cinco "S" de la limpieza.	✓ Búsqueda. ✓ Cosas innecesarias (obstáculos). ✓ Espacio físico. ✓ Condiciones ambientales inadecuadas.
Mantenimiento productivo total (MPT).	✓ Tiempo elevado de preparación y ajuste. ✓ Tiempo elevado de mantenimiento. ✓ Paradas no planificada. ✓ Averías.
Implementación de dispositivo.	✓ Producto defectuoso (tornillo para tomar muestra).
Delimitación del almacén en tránsito.	✓ Inadecuada distribución de paletas de TPR. ✓ Condiciones inseguras. ✓ Desplazamientos innecesarios.
Plan de adiestramiento.	✓ Falta de entrenamiento.
Normalización de operaciones, y actividades.	✓ Procedimientos no estandarizados.
Adquisición de equipos.	✓ Condiciones inseguras (sierra) ✓ Condiciones que provocan fatiga (sierra, mesa neumática, llave neumática)

5.6 Análisis de los indicadores que afectan la productividad en el área de extrusión

Actualmente la disponibilidad de los equipos y la calidad de los productos se han visto afectada en vista a los desperdicios descritos anteriormente, estos indicadores afectan a su vez a la productividad en el área de extrusión de la empresa PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A.

A continuación se muestra el cálculo actual de estos indicadores para así evidenciar el impacto de ellos en el funcionamiento del proceso de producción.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(28.800 - 6.616) \text{ min/mes}}{28.800 \text{ min/mes}} = \frac{2.2104 \text{ min/mes}}{28.800 \text{ min/mes}} = 0,77$$

Es importante mencionar que el cálculo de los tiempos perdidos de los equipos se ve afectado por el tiempo de paradas no programadas, el tiempo perdido en búsqueda de herramientas y el tiempo elevado en preparación y ajuste, para dos turnos de trabajo.

$$\text{Porcentaje de calidad} = \frac{9.287 \text{ TPR/mes}}{12.487 \text{ TPR/mes}} = 0,74$$

La producción mensual es de 12.487 TPR al mes en promedio, produciéndose 3.200 TPR en promedio de producto defectuoso, este cálculo se obtuvo de los registros históricos con base a los meses junio, julio y agosto de 2012.

5.7 Análisis de las paradas no programadas por fallas en los equipos del área de extrusión.

Las paradas en las líneas de extrusión afecta de forma influyente el desempeño del proceso de producción, debido a que el nivel de eficiencia de las líneas va a depender principalmente en la disminución de las paradas y fallas durante la jornada de trabajo.

Para conocer la situación actual de la empresa, es necesario saber cuáles son los equipos más críticos que ocasionan las principales paradas que afectan el desarrollo del proceso, añadiendo a esto la ausencia de un buen mantenimiento preventivo en el subproceso de extrusión. A continuación en la Figura 17 se muestran los tiempos de las paradas que afectaron el funcionamiento de las líneas en este subproceso durante los meses de Junio, Julio y Agosto de 2012, que en promedio fue de 4.300 min/mes.

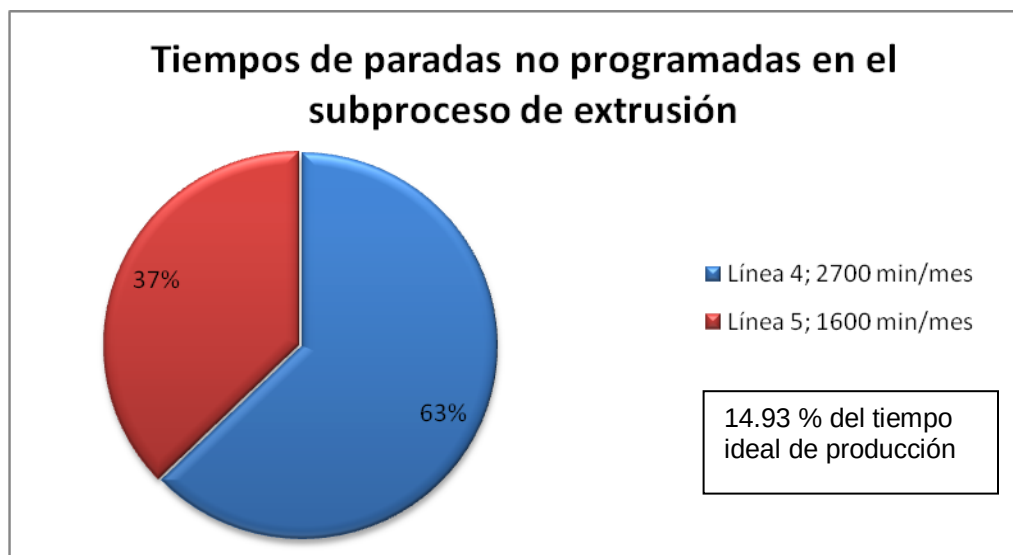


Figura 17. Tiempos de paradas no programadas en el subproceso de extrusión

Los minutos de las paradas fueron proporcionados por los registros históricos del departamento de mantenimiento para dos turnos de trabajo. También hay que hacer notar, que el motivo de estas paradas fue por fallas en los equipos. La descripción de todas estas fallas se pueden observar en los apéndices N° 22, 23, 24, 25 y 26.

Es importante recordar que a pesar que la empresa trabaja 24 horas, la información se recaudó sólo de 2 turnos de trabajo, ya que no hay un supervisor en el tercer turno debido falta de personal. Por lo que el periodo de estudio será de 480 horas/mes laborales.

En la Figura 17 se puede observar que el total en minutos de las fallas en los equipos es de 4300 min/mes (71,66 horas), lo que representa un 14,93% del total del tiempo ideal de producción.

La siguiente Figura 18 muestra que del total de las fallas que afectaron al subproceso se tiene un porcentaje mayor de fallas mecánicas, ya que éstas se solucionan principalmente corrigiendo los problemas una vez que se presentan, debido a que el plan de mantenimiento preventivo existente no cumple con las necesidades de las líneas de extrusión. Esta información se obtuvo de los registros históricos del departamento de mantenimiento.

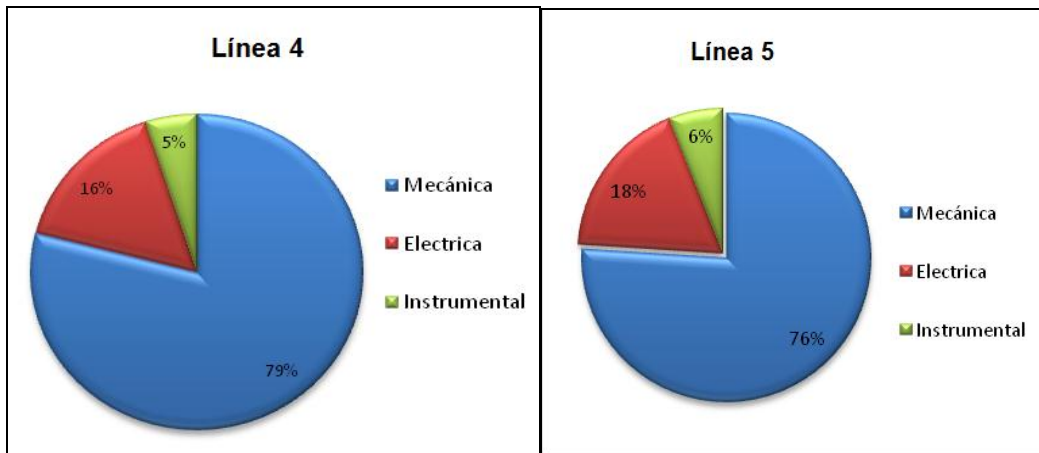


Figura 18. Distribución de las fallas que afectaron el subproceso de extrusión.

Estas fallas mecánicas afectan a todos los equipos que componen a las líneas de extrusión, principalmente a la matriz, la máquina cortadora y el intercambiador de calor, que durante el periodo de estudio incrementaron de manera significativa el tiempo de paradas no programadas.

A continuación se muestran los Diagramas de Pareto (ver Figura 19 y Figura 20) en el cual se representan estos equipos, identificando el tiempo promedio de parada para cada línea, donde se analiza que en la línea 4 el 70,05% de las paradas son ocasionadas por el 37,5% de los equipos y en la línea 5 el 82,45% de las paradas son ocasionadas por el 37,5% de los equipos.

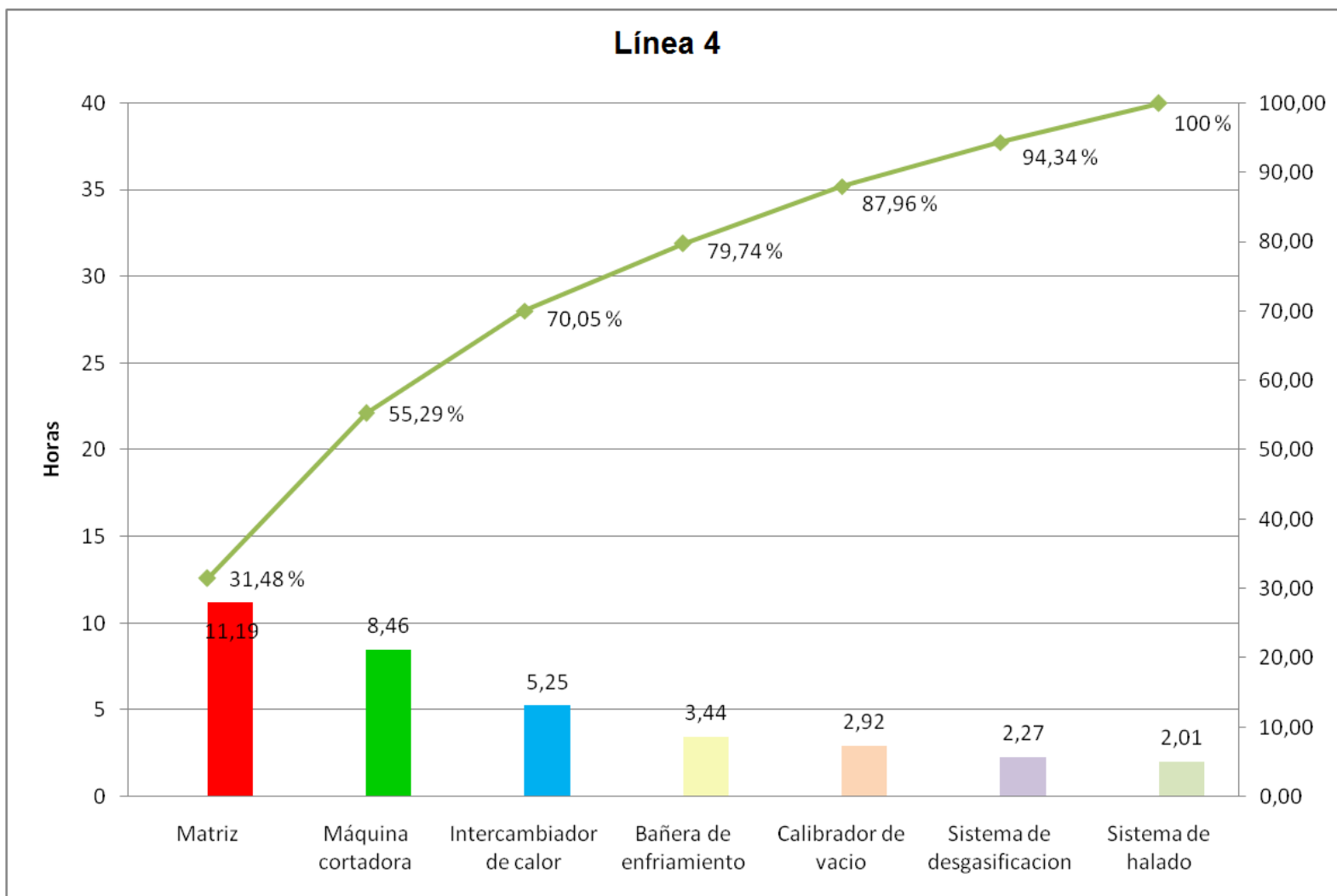


Figura 19. Equipos que ocasionan paradas no programadas en la línea 4.

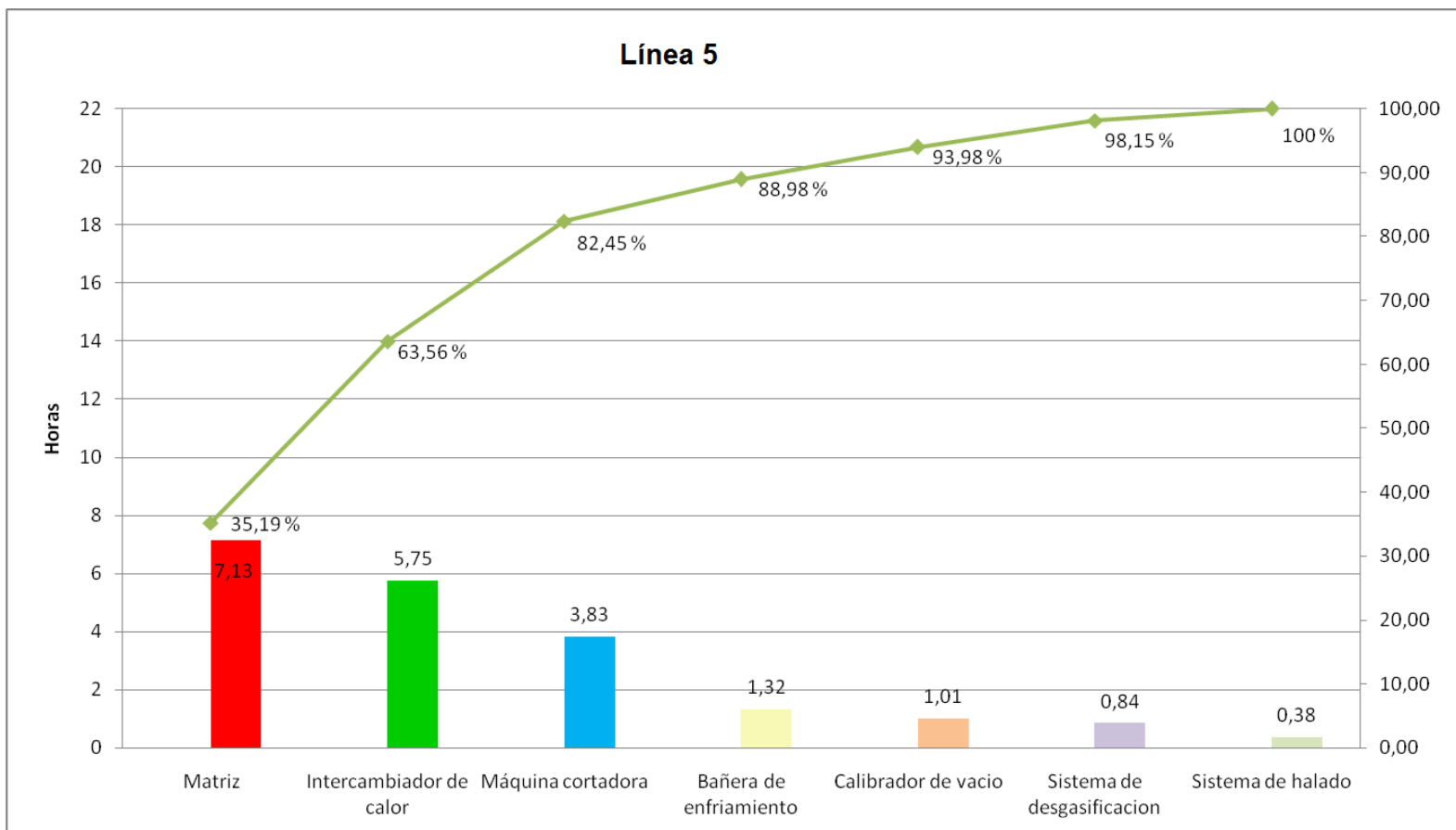


Figura 20. Equipos que ocasionan paradas no programadas en la línea 5.

Estos diagrama muestra que las fallas en la línea 4 en la matriz posee un 31,48%, la máquina cortadora un 23, 81% y el intercambiador de calor 14,76%; para la línea 5 la matriz posee un 35,19%, el intercambiador de calor un 28,38% y la máquina cortadora un 18,89% de duración de paradas no programadas, el resto de las fallas son menores al 10 %.

En este caso se hará énfasis en evaluar las causas principales que son la matriz, los intercambiadores de calor, la máquina cortadora, debido que estas afectan el buen desarrollo del proceso de producción. Las principales fallas mecánicas de las líneas en los equipos mencionadas anteriormente se describen a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Fallas mecánicas presentes en los equipos de la línea de extrusión.

Equipo	Falla
Matriz	• Alineación de la matriz con el calibrador • Desajuste en la tornillería de los portamandriles. • Falla en la termocupla. • Fuga de agua por desgarre de oring. • Fuga de agua por desgarre en las mangueras de recirculación.
Intercambiador de calor	• Limpieza de electroválvulas • Cambio de mangueras. • Limpieza de la bomba de agua. • Limpieza del filtro. • Mantenimiento al sistema de enfriamiento.
Máquina cortadora	• Ajuste de la longitud de corte. • Reparación de la sierra. • Reparación de los rodamientos. • Limpieza de los rieles donde corre la sierra. • Cambio de patines de la sierra. • Desviación en los ejes de movimiento de la sierra. • Calibración en el sistema de corte. • Ajuste del pistón que alza la sierra. • Desajuste de tornillería en el sistema de corte.

A continuación se muestran los gráficos (ver Figura 21, Figura 22 y Figura 23) , donde se puede observar la fallas según el equipo para las líneas 4 y 5 y con esto se puede analizar el impacto de las mismas sobre el proceso de producción, rectificando cuál de estas fallas son las que deben ser prioritaria al momento de empezar hacer un cambio en el mantenimiento de los equipos de la línea de extrusión.

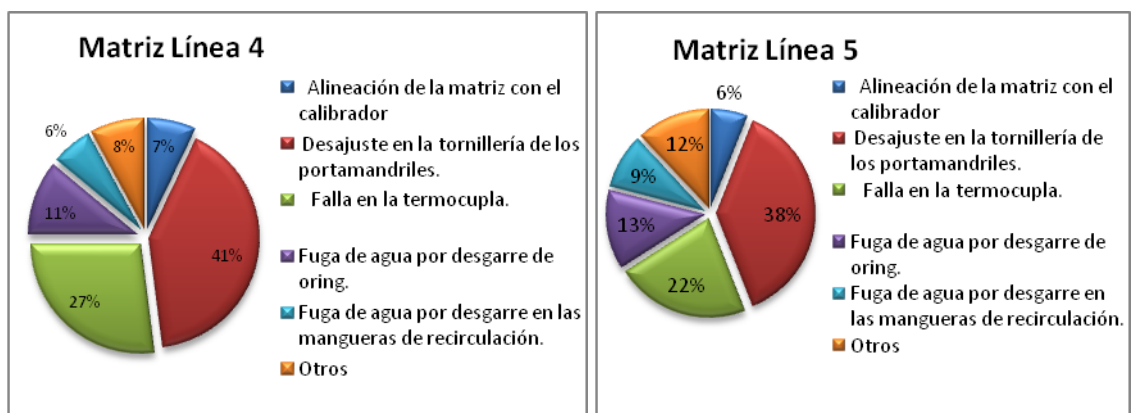


Figura 21. Fallas en la matriz.



Figura 22. Fallas en el intercambiador de calor.

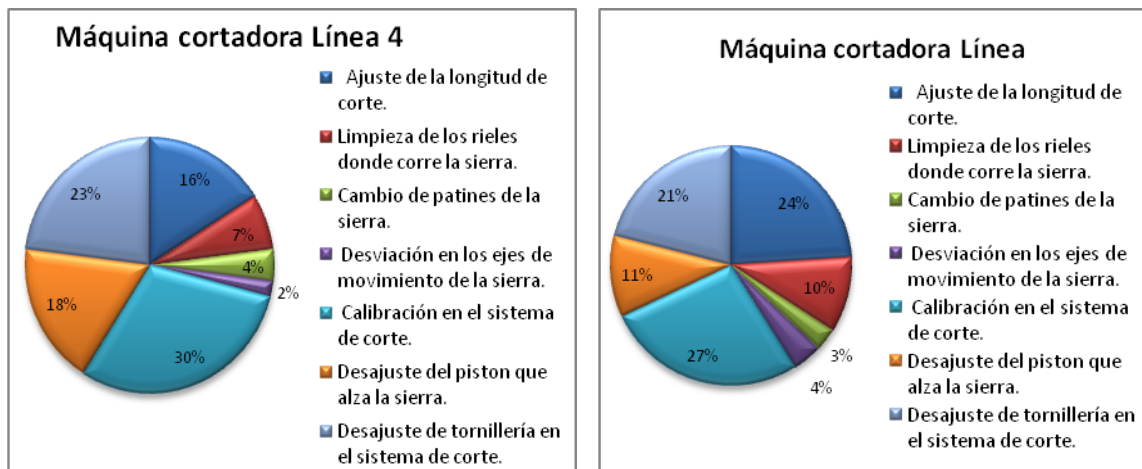


Figura 23. Fallas en la máquina cortadora.

En estas figuras se puede apreciar las fallas que causaron más impacto en estos equipos, teniendo como resultado para la línea 4 y 5, en la matriz, el desajuste en la tornillería y las fallas en las termocuplas, para el intercambiado de calor la limpieza de las electroválvulas y en los filtros, y para la máquina cortadora, la calibración, el desajuste del pistón que alza la sierra, el desajuste de la tornillería y el ajuste de la longitud del corte, todas estas fallas afectaron a los equipos durante el proceso de producción, por eso es necesario realizar un estudio que permita eliminar o reducir la frecuencia de las mimas.

Con este análisis se puede concluir que es imprescindible, la elaboración de un sistema de mantenimiento planificado en el proceso. Con la finalidad de disminuir el número de paradas no planificadas, las averías, pérdidas de producción y despilfarro, que ocurren en la línea de extrusión.

CAPÍTULO VI

PROPUESTAS DE MEJORA

6.1 Implantación de un Plan de mantenimiento planificado

Para ejecutar un plan de mantenimiento planificado en el área de extrusión de la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A. se debe comenzar por el entendimiento de la situación actual, como lo son las paradas no planificadas que tienen un tiempo promedio de 71.66 horas/mes, la mayoría de las causas de éstas paradas son por fallas mecánicas (ver Figura 18), debido a que éstas se corrigen una vez que se presentan. También se debe levantar información de todos los equipos de la planta, definir frecuencia de mantenimiento, conocer los recursos necesarios por equipo para el mantenimiento, cargar toda la información que se necesite en la base de datos y listar los equipos por grado de criticidad.

En la implementación del plan de mantenimiento planificado, se debe crear una cultura organizacional en equipo, mediante una debida educación y motivación fomentada por el departamento de mantenimiento y producción, a través de charlas, que logren que ambos departamento se involucren más y poder cumplir con un sistema de mantenimiento planificado.

Estas charlas deben estar dirigidas a todas las personas que tienen contacto directo con la gestión del mantenimiento plantificado tanto el departamento de mantenimiento como el de producción, para despertar el nivel de compromiso de todos los trabajadores. Las charlas serán dictadas por el gerente y superintendente del departamento de mantenimiento, durante 3 sábados consecutivos ya que son los días donde los empleados tienen

menos carga laboral, con una duración de dos horas cada una; los puntos a tratar serán, explicar la definición del plan de mantenimiento planificado, los objetivos, las actividades de mantenimiento, la función de los equipos y las etapas que se desarrollarán durante su ejecución.

Para llevar a cabo el mantenimiento planificado se describirá cada una de las etapas que se aplicarán, en los equipos con mayor criticidad: matriz, intercambiadores de calor y cortadora (ver Tabla 11)

Tabla 11. Pasos del mantenimiento planificado

Etapas	Actividades principales
1. Análisis y conocimiento de la condición actual operativa de los equipos	• Disponer de registro de mantenimiento.
2. Búsqueda y reconducción del equipo hacia su estado ideal.	• Corregir puntos débiles del diseño. • Contra medidas frente a la repetición de fallas.
3. Establecimiento de un sistema de control de la información.	• Comprensión de la situación actual de partida. • Establecer un sistema de control de datos de fallas. • Establecer un sistema de control de mantenimiento. • Sistema de control de piezas de repuesto/material.
4. Establecimiento de un sistema de mantenimiento sistemático.	• Selección de equipos o componentes. • Planificación del mantenimiento. • Estandarización del mantenimiento. • Control de la evolución.
5. Evaluación del mantenimiento planificado	• Evaluar el sistema de mantenimiento planificado: número de fallas, frecuencia de fallas y tiempo entre fallas.

6.1.1 Aplicación del plan de mantenimiento planificado

En la aplicación de cada etapa se debe levantar toda la información de los equipos de la línea, contar con los mecánicos del área para poder definir frecuencias de mantenimientos, conocer los recursos necesarios para el mantenimiento de los equipos y contar con la base de datos para llevar el control de cada una de las etapas que se expondrán a continuación.

6.1.1.1 Etapa 1. Análisis y conocimiento de la condición actual operativa de los equipos.

➤ Disponer de registro de mantenimiento.

Para lograr los objetivos del mantenimiento planificado, se debe disponer de la mayor cantidad de datos sobre el funcionamiento de los equipos.

A continuación, se detallan los tipos de registro que como mínimo se utilizan en este programa:

➤ **Registro de equipos:** se debe recopilar información sobre, los datos actuales de cada equipo como fecha de compra de instalación, historial de averías y reparaciones, fabricante del equipo, proveedor de las piezas de repuesto, porcentaje de cumplimiento de las actividades propuestas, condiciones deterioradas y sus causas, indicadores de producción esperadas y alcanzadas, tiempo medios entre fallos, registrar las reparación y los servicios llevados a cabo en los equipos, establecimiento de criticidad de los equipos y reportar las fallas diarias.

Actualmente el departamento de mantenimiento cuenta con una base de datos la cual contiene la información mencionada anteriormente, existiendo debilidades al momento de subir la información, en las actividades de reporte

de fallas diarias, registro de la reparación y los servicios llevados a cabo en los equipos.

Para conocer la situación actual y lograr un entendimiento del estado de los equipos que componen la línea de extrusión es necesario reportar todas las fallas de los sistemas, equipos y procesos que se presentan a diario durante los 3 turnos de trabajo. Esto se realizará de la siguiente manera:

Se debe asignar un responsable por turno para que reporten las fallas que se presentan durante el día, las actividades realizadas, los recursos utilizados, el tiempo invertido en cada actividad, el especialista, el equipo y la línea a quien se le realiza el mantenimiento.

Los responsables por turno estarán distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 12. Responsable de reporte de fallas

Turno	Responsable del reporte de fallas
1ro	Supervisor de mantenimiento.
2do	Mecánico de turno.
3er	Mecánico de turno.

La razón de que sea el mecánico el responsable del segundo y tercer turno es que no se cuenta con un supervisor de mantenimiento para realizar estas actividades, por lo que se recomienda la contratación de otro mecánico.

Actualmente para recoger la información de las fallas el supervisor o el mecánico debe llenar un libro diario con la información descrita anteriormente. No todos registran esta información y utilizan terminologías diferentes, ocasionando confusiones al personal encargado de cargar la base de datos.

Para recolectar esta información de manera más precisa, se propone la elaboración de un formato (ver Figura 24), para la estandarización de esta actividad, facilitando el trabajo al personal encargado de cargar la base de datos.



The form is titled 'Reporte de fallas' and is associated with 'Línea de Extrusión' and 'Departamento de Mantenimiento'. It includes a date field and a responsible person field. There are checkboxes for 'Línea 4' and 'Línea 5'. The 'Especialista' section has checkboxes for 'Electricista', 'Mecánico', and 'Instrumentación'. The 'Categoría' section has checkboxes for 'Preventivo' and 'Correctivo'. The 'Hora' section has fields for 'inicio' and 'Fin'. The 'Equipo' section has a text field. The 'Actividad' section has checkboxes for 'Limpieza', 'Chequeo', 'Cambio', 'Desmontaje', 'Montaje', 'Instalación', 'Ajuste', 'Alineación', 'Calibración', and 'Otros'. The 'Recursos utilizados' section has three text fields. The 'Observación' section has three text fields.

PETROCASA

Reporte de fallas
Línea de Extrusión **Fecha:** _____
Departamento de Mantenimiento

Responsable: _____

Línea 4 ☐ Línea 5 ☐

Especialista : Electricista ☐ Mecánico ☐ Instrumentación ☐

Categoría: Preventivo ☐ Correctivo ☐

Hora: inicio _____ Fin _____

Equipo: _____

Actividad: Limpieza ☐ Chequeo ☐ Cambio ☐ Desmontaje ☐
Montaje ☐ Instalación ☐ Ajuste ☐ Alineación ☐ Calibración ☐
Otros ☐

Recursos utilizados: _____

Observación: _____

Figura 24. Formato de reporte de fallas

➤ **Registros de análisis Tiempo entre fallas (MTBF) y tiempo promedio de reparación (MTTR).**

Se debe recopilar datos entre tiempos medios entre fallos y detalles de las averías, esta información se puede recopilar con ayuda del formato de reporte de fallas (ver

Figura 24), ya que aquí se registra la fecha en que ocurre la falla y su tiempo de duración. Esta información permite obtener la frecuencia y severidad de las averías.

6.1.1.2 Etapa 2. Búsqueda y reconducción del equipo hacia a su estado ideal

En esta etapa se debe definir la modalidad del trabajo del mantenimiento correctivo, ya que esta será la base que permitirá asignar la frecuencia de las fallas para un mantenimiento preventivo de los equipos. Por tal razón este paso se debe apoyar en el anterior, específicamente en la recolección de la información del formato de reporte de fallas (ver Figura 24), para conocer la anomalías que son potenciales causas de las fallas.

Para esto se propone que el supervisor de mantenimiento identifique las rutas de inspección por línea y las personas que realizarán el mantenimiento mecánico, los cuales tendrán que realizar una inspección diaria del funcionamiento de los equipos para diagnosticar cuáles presentan algún tipo de anomalía y reportarlas al departamento de mantenimiento.

Y luego el supervisor de mantenimiento debe establecer contacto con los operadores para obtener información de alguna falla que ellos hayan detectado, para esto el personal de mantenimiento debe procurar ayudar a los operarios a comprender y eliminar el alcance del deterioro de los

equipos. Se propone actividades de soporte que deben seguir operarios de producción en su formación:

- Acción rápida frente a fallas descubiertas que no pueden resolver.
- Entrenamiento de los operarios en el mismo lugar de trabajo, acerca de la inspección, restauración y reparación. Para este trabajo de investigación se propone un plan de adiestramiento para la implantación del mantenimiento autónomo, que se explicará posteriormente.
- Preparar estándares de fácil comprensión, estos se detallarán en la etapa 4.
- Identificar focos de contaminación y eliminarlos.

Adicionalmente, el reporte resultante de las rutas de inspección, se deben estudiar y establecer por prioridad cuáles equipos serán atendidos y quien será el responsable de dicha actividad.

Al finalizar la actividad se debe registrar en el formato de Reporte de fallas (ver Figura 24), toda la información de cada equipo que fue atendido y luego repórtalos al departamento de mantenimiento para que dicha información sea cargada en la base de datos y se le lleve un seguimiento de las fallas ocurridas.

Una vez que se hayan estudiado las fallas, identificados sus causas y corregidos sus efectos habrá que tomar medidas para prevenir su reincidencia en el mismo equipo o en otros.

Las siguientes medidas pueden reducir la repetición de fallos en los siguientes equipos:

- Se debe preparar un informe detallado para cada falla, se propone un formato (ver
- Figura 25) donde se detalle, la descripción de la falla, condiciones anormales previas a la falla, ubicación de la falla mediante (croquis, dibujos, diagramas, fotografías) y acciones correctivas.



PETROCASA

Formato de
descripción
detallada de fallas

Fecha: _____

Responsable _____

Línea 4 ☐ 5 ☐

Equipo: Intercambiador de calor ☐ Cortadora ☐

Calibrador de vacío ☐ Matriz ☐

Sistema de desgasificación ☐ Oruga ☐

Bañera de enfriamiento ☐ Husillo ☐

Descripción de la falla: _____

Condiciones anormales previas a la falla: _____

Ubicación de la falla:

Acciones correctivas: _____

Figura 25. Formato de descripción detallada de fallas

- Supervisar constantemente el cumplimiento del mantenimiento en los equipos.

- Capacitación a los operarios para que puedan comprender el equipo.

6.1.1.3 Etapa 3. Establecimiento de un sistema de control de la información.

Actualmente el departamento de mantenimiento cuenta con un sistema informático capaz de gestionar una base de datos, que permite disponer de informes precisos y detallados de datos de fallas, control de mantenimiento, piezas de repuestos/material, en el instante necesario reduciendo las horas hombre administrativas.

6.1.1.4 Etapa 4. Establecimiento de un sistema de mantenimiento sistemático.

- **Selección de equipos o componentes**

Como se describió en la situación actual, la matriz, los intercambiadores de calor y la máquina cortadora, son los equipos que presentan fallas de manera más frecuente. Este análisis se realizó mediante un diagrama de Pareto (ver Figura 19 y Figura 20), también se realizó un análisis donde se detectaron las fallas más críticas de estos equipos (ver Figura 21, Figura 22 y Figura 23)

- **Planificación del mantenimiento.**

Actualmente, las acciones por parte del personal de mantenimiento están dirigidas principalmente a la corrección de los problemas una vez que estos se presentan y el plan de mantenimiento preventivo existente (ver apéndice 14 y 15) no satisface las necesidades operativas de las líneas, restando eficiencia a los equipos y causando tiempos de inactividad no programada.

Se propone, mediante un análisis de supervivencia, utilizando el método de Kaplan-Meier, redefinir la frecuencia del mantenimiento preventivo en las fallas críticas de los equipos seleccionados para el estudio. Definiendo un plan de mantenimiento preventivo en la línea de extrusión, considerando la especialidad del mantenimiento, el equipo a inspeccionar, las instrucciones preventivas a ejecutar y la frecuencia de revisión adecuada, con ayuda del superintendente y mecánicos del departamento de mantenimiento. A continuación se muestran en las gráficas de supervivencia de cada falla

Análisis de supervivencia de las fallas en el intercambiador de calor en la línea 4.

➤ Fallas en las electroválvulas

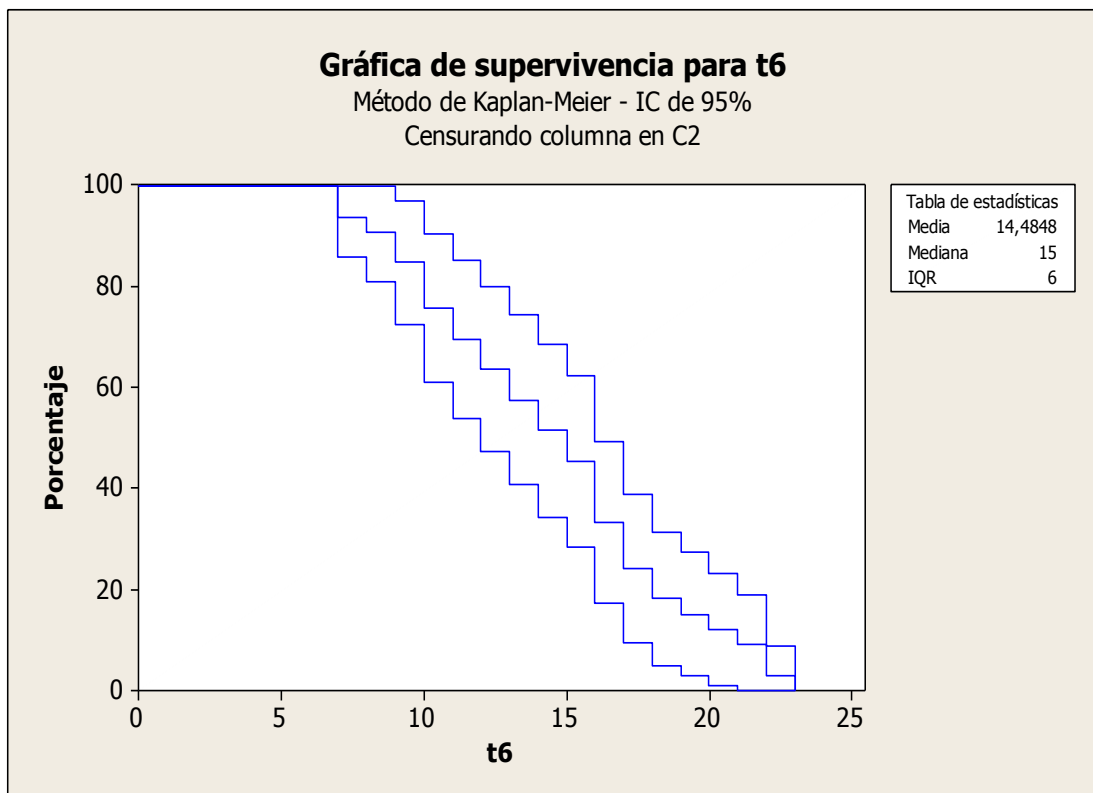


Figura 26. Análisis de supervivencia de las fallas en las electroválvulas del intercambiador de calor



Figura 27. Análisis de riesgo de las fallas en las electroválvulas del intercambiador de calor

Según la Figura 26, se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia del intercambiador de calor en la línea 4 está alrededor de 14,48 días con un intervalo de confianza del 95% entre 13 días y 16 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 14, 48 días. Por último el Figura 27 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 20 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo del intercambiador de calor en la línea 4.

- Filtros obstruidos con virutas.

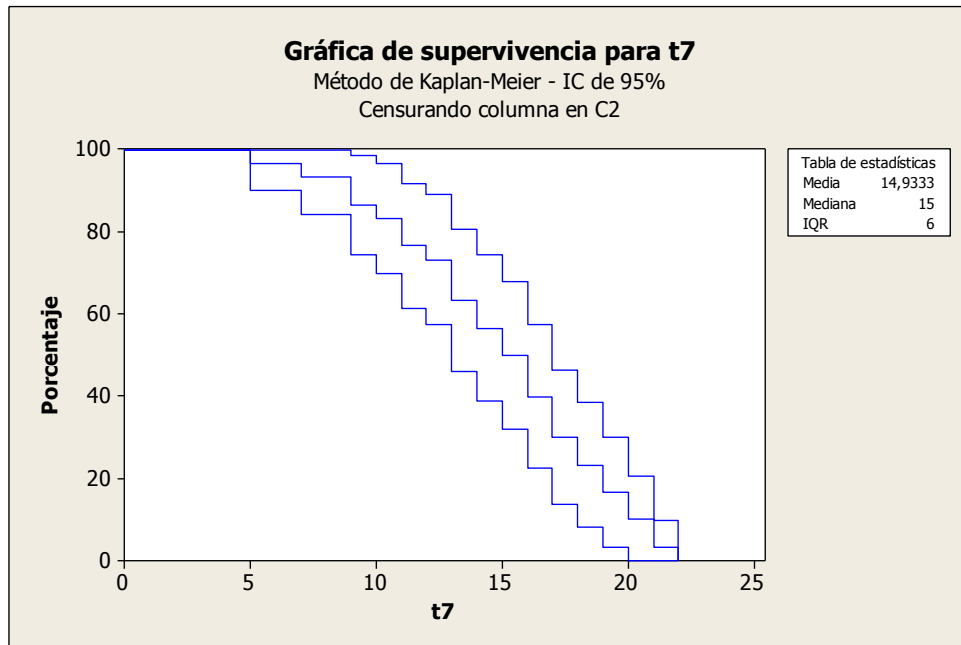


Figura 28. Análisis de supervivencia de los filtros en los intercambiadores de calor

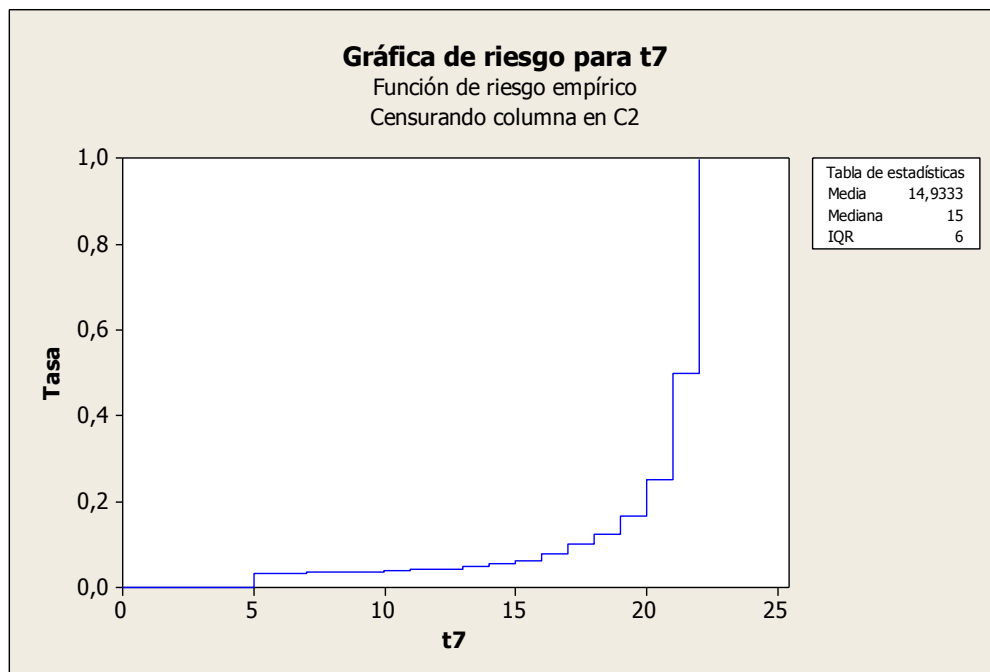


Figura 29. Análisis de riesgo de los filtros en los intercambiadores de calor

En la Figura 28 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia del intercambiador de calor en la línea 4 está alrededor de 14,93 días con un intervalo de confianza del 95% entre 13 días y 17 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 14,93 días. Por último en la

Figura 29 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 20 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo del intercambiador de calor en la línea 4.

Análisis de supervivencia de las fallas en la máquina cortadora en la línea 4.

- Descalibración del sistema de corte

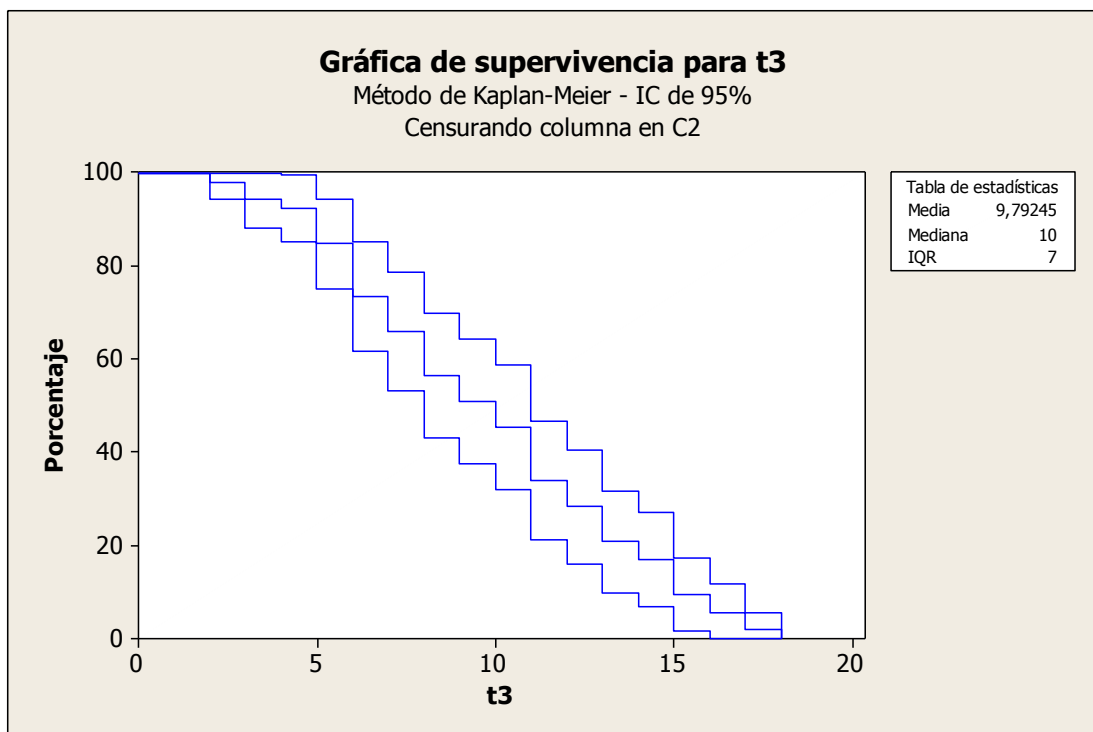


Figura 30. Análisis de supervivencia por descalibración del sistema de corte



Figura 31. Análisis de riesgo por descalibración del sistema de corte

En la Figura 30 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la máquina cortadora esta alrededor de 9,79 días con un intervalo de confianza del 95% entre 8 días y 11 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 9.79 días. Por último en la Figura 31 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 16 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la máquina cortadora en la línea 4.

➤ Desajuste de la tortillería

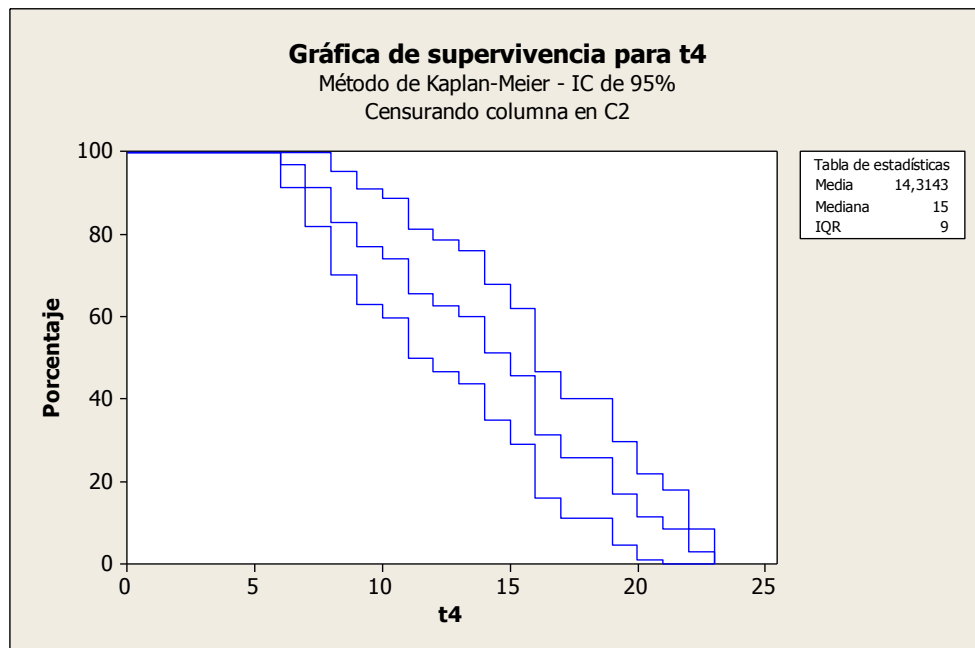


Figura 32. Análisis de supervivencia por desajuste de la tornillería



Figura 33. Análisis de riesgo por desajuste de la tornillería

En la Figura 32 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la máquina cortadora en la línea 4 está alrededor de 14,31 días con un intervalo de confianza del 95% entre 13 días y 16 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 14,31 días. Por último en la Figura 33 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 22 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la máquina cortadora en la línea 4.

Las fallas restante de la línea 4, desajuste del pistón que alza la sierra, desajuste de la tornillería de los porta-mandriles, falla en la termocupla y de la línea 5, falla de electroválvulas, obstrucción en el filtro, descalibración en el sistema de corte, desajuste en la longitud de corte, desajuste de tornillería, desajuste en la tornillería de los porta-mandriles, falla en la termocupla; se muestran en los apéndices 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36.

Una vez conocida la situación actual, gracias a este análisis se pudo notar que el tiempo de mantenimiento programado para los equipos no cumplen con los requerimientos de los mismos (ver apéndice 16, 17, 18, 19, 20 y 21), para solventar esta situación se debió calcular la probabilidad de que los equipos sobrevivan antes de que ocurran una falla, y así poder realizar la actualización del mantenimiento preventivo. En la Tabla 13 y Tabla 14 se muestra la nueva frecuencia para realizar mantenimientos preventivos a los equipos; dicha frecuencia se obtuvo mediante el tiempo de supervivencia de los equipos, tomando en cuenta el intervalo de confianza.

Tabla 13. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto en la línea 4.

Equipo	Actividad	Frecuencia (días)			
		7	14	21	28
Intercambiador de calor	Limpieza de electroválvulas		X		
	Limpieza del filtro		X		
Máquina cortadora	Calibración en el sistema de corte	X			
	Ajuste en tornillería		X		
	Ajuste en el pisto que alza la sierra			X	
Matriz	Ajuste de tornillería de los porta-mandriles	X			
	Chequeo de la termocupla		X		

Tabla 14. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto en la línea 5.

Equipo	Actividad	Frecuencia (días)			
		7	14	21	28
Intercambiador de calor	Limpieza de electroválvulas		X		
	Limpieza del filtro		X		
Máquina cortadora	Calibración en el sistema de corte		X		
	Ajuste en la longitud de corte				X
	Ajuste de tornillería				X
Matriz	Ajuste en la tornillería de los porta-mandriles		X		
	Chequeo en la termocupla		X		

Estas acciones se realizarán los días sábados ya que están dispuestos para las actividades de limpieza y mantenimiento. Durante el turno central, estarán a cargo los mecánicos de extrusión y el supervisor deberá verificar el cumplimiento de las mismas. Se recomienda el cumplimiento de estas nuevas frecuencias para disminuir el número de paradas no programadas.

Se propone que los mecánicos y auxiliares un fin de semana realicen una jornada inicial de mantenimiento, donde se verifique el buen funcionamiento de los equipos, con el objetivo de dar inicio a un nuevo calendario para la realización de estas actividades.

- **Estandarización de las actividades de mantenimiento.**

Se propone la estandarización de las actividades de mantenimiento mediante manuales sencillos y comprensibles, elaborados con la experiencia del personal técnico especialista. Estos manuales contendrán los procedimientos de trabajo de cada actividad para los equipos de mayor criticidad, los cuales hay que revisarlos y actualizarlos a medida que mejoran las técnicas de mantenimiento, los equipos y los materiales.

A continuación en las Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18 se presenta el programa de estandarización de mantenimiento para los equipos, la Matriz, los intercambiadores de calor y la máquina cortadora, que contienen los pasos a seguir para que los equipos se mantengan en óptimas condiciones.

Tabla 15. Manual de mantenimiento de la máquina cortadora

Limpieza
1. La máquina debe estar fuera de servicio para evitar accidentes
2. Se elimina toda la viruta con aire comprimido para evitar que se apelmace e interrumpa el funcionamiento del sistema de succión.
3. Se limpian y se lubrican las guías.
4. Se chequea la tornillería, se ajustan o se cambian.
5. Lubricación los rodamientos.
6. Si hay falla eléctrica, se debe llamar al electricista.
Cambio de Rodamiento
1. Se desactiva la máquina para trabajar con seguridad.
2. Se chequea que rodamiento está dañado.
3. Se verifica si en el almacén hay rodamientos, si hay se desmonta.
4. Se destornillan para desacoplar el rodamiento.
5. Halar el rodamiento.
6. Se coloca el nuevo rodamiento.
7. Se colocan los tornillos y se ajusta el rodamiento.
Cambio de Sierra
1. El disco de la sierra está compuesto por 120 dientes circulares, cada diente lleva punta diamante. Cuando estas puntas se amellan, o se caen, hay que hacer un cambio de disco de la sierra.
2. Se busca la sierra en el almacén
3. Se verifica que sea el mismo disco
4. Se desajustan las dos tuercas y se saca las piezas de sujeción donde está el disco.
5. Se coloca el disco nuevo, se le colocan las piezas de sujeción.
6. se ajustan los tornillos.
Herramientas
1. Llave Allen de 26 mm, 5 mm, 6 mm
2. Destornillador de estría
3. Máquina engrasadora

Tabla 16. Manual de mantenimiento de los intercambiadores de calor

Limpieza
1. Verificar que electroválvula no está funcionando evitando el llenado del tanque.
2. Sacar las electroválvulas del intercambiador.
3. Con aire comprimido eliminar el sucio producto del agua que contiene sedimentación y se pegan en las electroválvulas, evitando que cumpla con su funcionamiento.
4. Verificar si los filtros contienen partículas.
5. Si el filtro contiene partículas que lo tape, da una falsa señal y no permite que se llene el tanque. Sacar el filtro, limpiarlo con aire comprimido.
6. Colocar el filtro de nuevo en el intercambiador.
Herramientas
Llave Allen de 24 mm.
Compresor de aire.

Tabla 17. Manual de mantenimiento del calibrador de vacío.

Limpieza
1. Levantar las secciones superiores del calibrador.
2. Limpiar con aire comprimido para que todos los orificios queden libres de virutas.
3. Verificar los oring, si están dañados cambiarlos y verificar que el calibrador quede bien sellado.
4. Si el calibrador tiene material obstruido, se procede a sacar la tapa superior
5. La frontal, se limpian con una lija 600, una lija 400 y kerosene. Luego de limpiarla se unen las piezas y se alinea con las bañeras.

Tabla 18. Manual de Mantenimiento de Matriz

Limpieza
1. Desconectar los cables y mangueras de la matriz.
2. Colocar el polipasto en el centro de la matriz y se sujeta a las eslingas
3. Tensar las eslingas, y se aflojan los tornillos que unen al adaptador 1 con el 2
4. Aflojar los tornillos que unen la matriz con el adaptador
5. Halar el adaptador 2 hacia el calibrador
6. Desacoplar la matriz para sacarla con el puente grúa.
7. Colocar matriz en la mesa de trabajo.
8. Destorquear los tornillos de los madriles, portamandriles, de la placa y desacoplarlos.
9. Destorquear los tornillos que unen los moldes superior, medio e inferior de la matriz.
10. Separar con el puente grúa las tres secciones de la matriz.
11. Limpiar cada sección cuidadosamente con con una lija 600, una lija 400 y kerosene.
12. Unir las secciones frontal, central e inferior.
13. Montar de nuevo la matriz con ayuda del puente grúa.
Herramientas.
1. Llave Allen telep 6, 7, 8, 10, 12, 14 mm
2. Llave hexagonal métrica 12 , 14, 17, mm
3. Puente grúa
4. Eslingas
5. Cascamos
6. Destornillador de pala
7. Destornillador de estría
8. Grúa polipasto

- **Control de la evolución**

Es fundamental verificar el sistema de mantenimiento planificado, desde el punto de vista del equipo o máquina sujeto al mantenimiento. También es conveniente un control de la evolución desde el punto de vista cualitativo, el cual debe asegurar que el trabajo de mantenimiento propuesto transcurra con lo programado; es por ello que debe controlarse a través de las siguientes acciones:

- Se debe comprobar que la operativa se desarrolle de acuerdo a los estándares.
- Comprobar el trabajo en cuanto se haya acabado.
- Comprobar el trabajo de mantenimiento, calcular diferencias entre hora hombres empleadas y programadas, desviaciones de calendario de mantenimiento, y así utilizar estos datos para revisiones futuras.
- Comprobar la capacitación del personal para las tareas asignadas.
- Procurar continuamente el compromiso de todos los trabajadores con la calidad del mantenimiento.

6.1.1.5 Etapa 5. Evaluación del mantenimiento planificado

Una vez implementado este plan, se debe evaluar los resultados del número de fallas, frecuencia de fallas y tiempo entre fallas, mensualmente, esta información se verificara con la ayuda de los formatos de descripción de fallas. Mediante reuniones mensuales del departamento de mantenimiento y producción, lideradas por sus gerentes, donde se verifique todas las actividades de mantenimiento realizadas, y en función de los resultados revisar las estrategias de mantenimiento, y aceptar o marcar nuevos retos más ambicioso.

En la Tabla 19 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación de un plan de mantenimiento planificado y en el Apéndice 13 se detalla el cronograma de actividades para la implementación de la metodología.

Tabla 19. Evaluación de la propuesta del plan de mantenimiento planificado.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Implementar un plan de mantenimiento planificado en el departamento de mantenimiento de la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A.	
Esta propuesta consiste en una serie de etapas que hay que seguir a cabo poder implementar un plan de mantenimiento planificado con el fin de acercar progresivamente el incremento de la productividad mediante los objetivos de alcanzar: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, y cero accidentes, atendiendo las necesidades concretas del proceso de producción.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos. ✓ Aumenta la velocidad de respuesta de las líneas, por tanto reduce los niveles de almacenamiento de producto terminado. ✓ Elimina los retrabajos de mantenimiento. ✓ Permite el control de gestión de mantenimiento. ✓ Disminuir la frecuencia de fallas y el tiempo improductivo por paradas no planificadas considerablemente. ✓ Se espera reducir en un 45% el tiempo de paradas no planificadas, mejorando así la productividad.	✓ Productos defectuosos. ✓ Tiempo elevado de preparación y ajuste. ✓ Tiempo elevado de mantenimiento. ✓ Paradas no planificada. ✓ Procedimientos no estandarizados
Desventaja	
Esfuerzo en el cambio de cultura y habito de los trabajadores	
Inversión: 31.118,02 Bs (ver apéndice 2)	

6.2 Plan de adiestramiento para la implementación de un mantenimiento autónomo preventivo y correctivo.

En el área de extrusión solo existe un mecánico para atender las necesidades de mantenimiento del proceso de producción, el resto del personal de mantenimiento no está familiarizado con las actividades que se le debe realizar a los equipos y las correcciones que deben tomarse de acuerdo al tipo de falla que presente el equipo, por lo que surgen algunos inconvenientes en ausencia del mecánico si las máquinas fallan, ya que las acciones tomadas por otros mecánicos pueden no ser las más apropiadas, y los operarios de las líneas no poseen el conocimiento necesario para participar en mantenimiento de los equipos, esto se traduce en demoras y productos defectuosos en el proceso.

De manera que los empleados puedan participar en el mantenimiento y mejora de los equipos se propone un plan de adiestramiento a todo el personal de mantenimiento, operarios y supervisores adoptando así un mantenimiento autónomo, incluyendo tareas básicas como limpieza, lubricación y aprietes, esto significa que deben desarrollar la habilidad de mirar la calidad del producto, el funcionamiento del equipo y darse cuenta cuando ocurra algo anormal.

Para ello se requiere capacitar al personal en las siguientes aptitudes:

- Mantenimiento básico del equipo.
- Mantenimiento de las máquinas en buen estado de funcionamiento
- Una respuesta rápida a las anormalidades.
- Entender claramente los criterios y ser capaz de entender si algo está normal o anormal.

Cuando los empleados hayan dominado estas aptitudes, conocerán el equipo lo suficientemente bien para reconocer las causas en su futuro, incrementando la productividad y desarrollando de forma eficiente el plan de mantenimiento planificado.

Dicho plan de adiestramiento constará con la familiarización de los equipos inducción del mantenimiento preventivo, conocer sobre las fallas más frecuentes y cómo deben corregirse, conocer los equipos de protección personal y formar grupo que supervise el cumplimiento del plan. A continuación en la Tabla 20 se mostrará el contenido a discutir en los talleres de adiestramiento:

Tabla 20. Contenido a discutir en los talleres de adiestramiento para los empleados de la línea de extrusión.

Mantenimiento de maquinarias y equipos. Duración 14 horas (teoría: 6 horas, practica: 8 horas)
1. Dar a conocer la importancia de un plan de adiestramiento para el mantenimiento correcto de los equipos.
2. Identificar y describir los componentes de las máquinas y equipos de la línea de extrusión.
3. Describir la característica de seguridad de la máquina.
4. Localizar y solucionar problemas de los componentes mecánicos y eléctricos.
5. Realizar cualquier procedimiento de calibración, limpieza y lubricación necesario para la máquina.
6. Describir la forma de realizar el mantenimiento preventivo.
7. Describir los procedimientos de corrección de las máquinas y sus posibles causas.
8. Equipos de protección personal.
Facilitadores: ✓ Superintendente del Departamento de Mantenimiento. ✓ Mecánico Especialista del área de extrusión.

Este taller se dictará durante 6 sábados consecutivos, se tendrán que dividir los tres grupos de trabajo, el primer grupo asistirá los dos primeros sábados, un sábado asignado para las horas de teoría y el otro sábado para las horas

de práctica, y así respectivamente para los grupos sobrantes. Para realizar este taller se dispondrá del turno central, y asistirá el grupo que no labore durante ese turno de trabajo, pero tendrá que asistir al turno que le correspondan una vez que se haya terminado el taller. Para esta asignación tendrán que estar pendiente de la rotación semanal de estos grupos de trabajo. Estas charlas se dictarán cuando lo disponga el superintendente del departamento de mantenimiento. Las horas de teoría se dictarán en el instituto CUAM, que es el lugar que dispone la empresa para realizar cursos y las horas de práctica en la planta de la empresa.

El incentivo para que los grupos asistan a estos talleres, es que se tomarán como horas extras de trabajo. Es importante que estos talleres se realicen a pesar de la inversión, para poder tener un mejor control de las actividades de mantenimiento de los equipos.

También en este taller se debe dar a conocer a los empleados de la línea de extrusión los seis pasos a seguir de forma minuciosa para la implantación de un mantenimiento autónomo (ver Tabla 21), en que actividades se aplicará y cómo se materializará en los equipos.

Tabla 21. Actividades a realizar en cada etapa para lograr un Mantenimiento Autónomo

Etapa	Actividad
Limpieza	Eliminar suciedades tales como polvos, compuesto de PVC adherido y endurecido en la superficie de la matriz, excrementos de las palomas que siempre están dentro de la planta, exceso de grasa en las articulaciones móviles de las máquinas. Eliminar virutas, metales, que se forman en el interior, provocando obstrucción en los equipos. Revisión de piezas desajustada como tornillos, tuercas, así como anomalías, fugas. Lubricación en los rodamientos de la máquina cortadora.
Contra medidas por causas y efectos de la suciedad	Prevención de las causas que provocan suciedad: evitar que entren metales, virutas, suciedad en el agua que circula en los intercambiadores y tapen los filtros y los tanques, evitar alimentar la línea de extrusión con compuesto defectuoso que ensucien la matriz. Proteger las zonas difíciles de limpiar. Reducción de los tiempos de limpieza.
Estándares de limpieza y lubricación	Establecimiento de los estándares de limpieza y lubricación: realización de estas tareas de forma periódica y reduciendo tiempos. (Ver Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18)
Inspección general	Instrucción al operario para que sea capaz de detectar problemas por inspección, de manera que se puedan corregir ciertos defectos.
Inspección autónoma	Operarios entrenados y establecimiento de un calendario de mantenimiento por parte del departamento: seguimiento de cuando se deben realizar lubricaciones, limpieza, ajuste, etc.
Organización y orden	Estandarización y sistematización: definición de estándares depara lubricación y limpieza mantenimientos de útiles y herramientas.

También se propone que en estos talleres se les dé el debido soporte, y a la vez una visión más global del proceso, a través de documentos relevantes (ver Figura 34, Figura 35 y Figura 36) como: diagramas de actuación frente a la detección de defectos, hojas de instrucciones generales, hoja de registro de datos, de manera que los empleados sepan en todo momento:

- Qué es lo que tiene que hacer.
- Dónde está la información a consultar.
- Qué registro y con qué frecuencia debe tomar.
- Dónde está la hoja de registro.

➤ **Diagramas de actuación frente a la detección de defectos.**

Se propone una diagrama de proceso que le sirva como guía ya sea al operario, supervisor o auxiliar de mantenimiento, de cómo debe actuar al momento de detectar un defecto en el TPR (ver Figura 34)

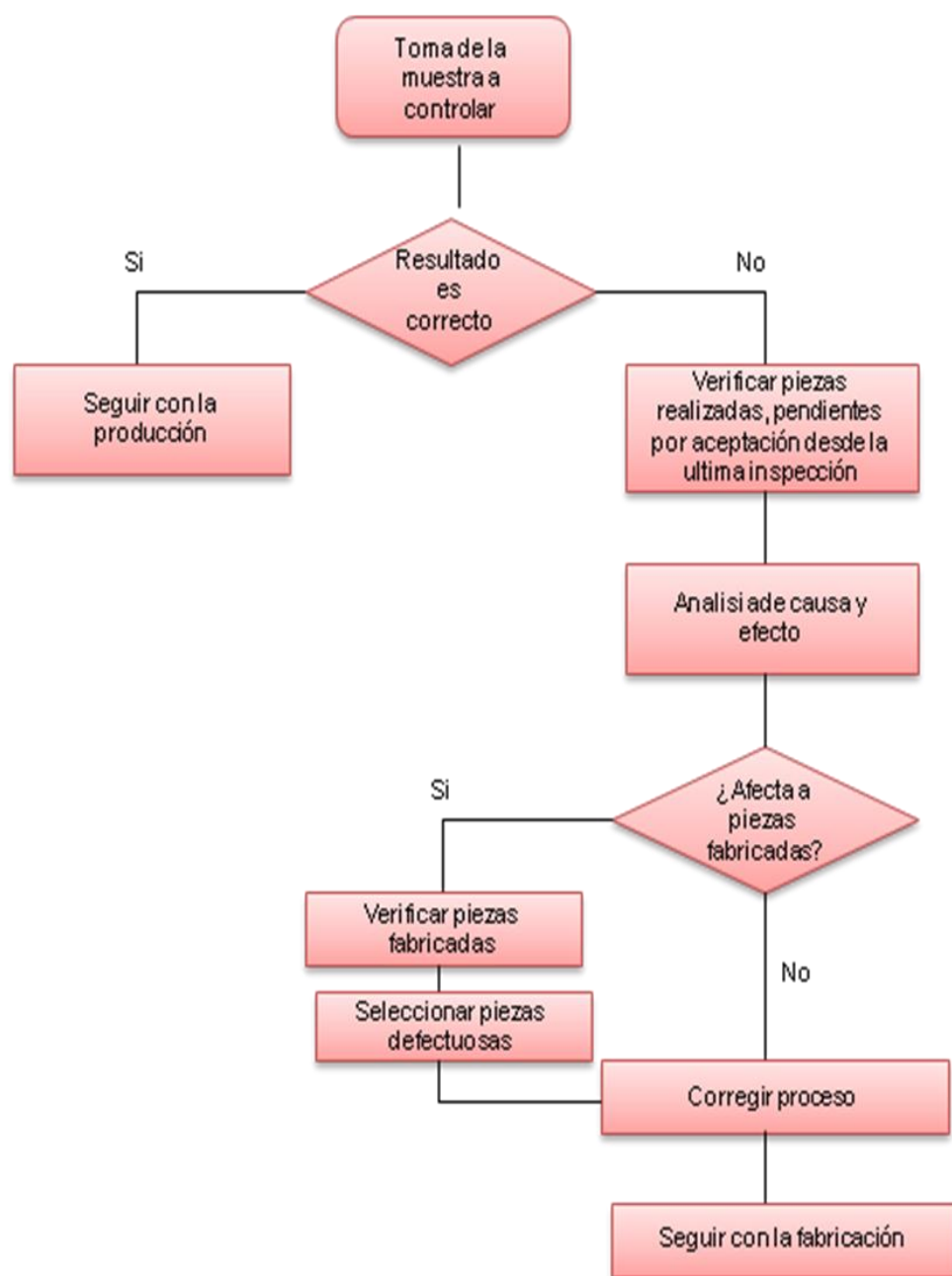


Figura 34. Diagrama de actuación relativo a la detección de defectos

➤ **Hojas de instrucciones generales**

Esta hoja (ver Figura 35) constará de tres partes:

1. **Encabezado:** información necesaria para identificar el equipo y la referencia del conjunto de tareas de mantenimiento que deben realizar sobre el equipo.
2. **Imagen o ayuda visual:** una foto del equipo que permita y facilite la identificación física de las zonas donde se deben realizar algunas de las tareas de mantenimiento.
3. **Instrucciones generales:** relación de instrucciones generales a considerar.

Mantenimiento Autónomo			
Código equipo:		Tipo de mantenimiento:	
Descripción:			
Área de Producción: Extrusión		Especialidad:	
Realizado:	Revisado:		
Instrucciones generales: 1. Antes de la conexión del equipo • Evite obstáculos que impidan el correcto funcionamiento del equipo. • Disponibilidad de toso los elementos del equipo: Herramientas, útiles y elementos de control y verificación. 2. Puesta en marcha • Verificar que no haya ningún impedimento para la conexión. • Verificar que los indicadores den luz verde. • Realizar las tareas de mantenimiento previsto. 3. Durante la jornada • Observar el correcto funcionamiento del equipo. • Observar el producto terminado para descartar anomalías. • Evitar acumulación de residuos y suciedad. 4. Al final de la jornada • Limpieza del lugar de los equipos y lugar de trabajo. • Ordenar todas las herramientas y equipos utilizados.			
Foto del equipo			

Figura 35. Hoja de instrucciones generales.

➤ **Hoja de registro de datos:**

Para el seguimiento de las tareas de mantenimiento realizado por los operarios, supervisores o auxiliares de mantenimiento se propone una hoja de registro de datos (ver Figura 36) donde se pueda anotar rápidamente si se han llevado a cabo, además al tener estos datos será más fácil para el departamento de mantenimiento consultar las operaciones realizadas.

Mantenimiento Autónomo																					
Código equipo:														Tipo de mantenimiento: Especialidad:							
Descripción:																					
Área de Producción: Extrusión																					
Realizado:				Revisado:				Tarea a realizar por:													
Frecuencia diaria																					
frecuencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
Verificar limpieza del equipo																					
Verificar ajustes de los tornillos y tuercas de cada equipo																					
Verificar lubricación de las guías y rodamientos																					
Verificar cada uno de los filtros																					
Foto del equipo																					

Figura 36. Frecuencia diaria

En la Tabla 22 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación de un plan de adiestramiento para la implementación de un mantenimiento autónomo preventivo y correctivo.

Tabla 22. Evaluación de la propuesta del plan de mantenimiento planificado.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Plan de adiestramiento para la implementación de un mantenimiento autónomo preventivo y correctivo en la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A.	
Esta propuesta consiste en la elaboración de un plan de adiestramiento a los mecánicos de otras áreas, operarios y supervisores del subproceso de extrusión, con el propósito de que estén en capacidad de tomar acciones preventivas y correctivas y puedan llevar un mantenimiento autónomo en actividades como limpieza, lubricación y ajuste.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Se evita el deterioro de los equipos y se mantiene un chequeo constante del mismo. ✓ Reduce significativamente el porcentaje de productos defectuosos. ✓ Disposición de mayor cantidad de empleados para realizar las actividades correctivas y preventivas.	✓ Productos defectuosos. ✓ Falta de entrenamiento
Inversión: 12.571,54 (Ver apéndice 3)	

6.3 Delimitación del almacén en tránsito.

Cuando está completa la paleta con los 30 TPR, es trasladada por el montacarguista ubicándola en cualquier espacio del área de extrusión, esto dificulta el trabajo al personal del departamento de calidad y al otro montacarguista al momento de trasladarla al sub proceso siguiente, debido a que se pierde tiempo en la búsqueda, porque tienden a confundir las paletas de los distintos tipos de producto.

Con el fin de disminuir tiempos de búsqueda y recorrido se plantea delimitar un almacén en tránsito después de las líneas de extrusión, marcando dos áreas claramente identificadas, para colocar las paletas con TPR 716 mm y la otra para TPR 816 mm, facilitando la labor para el personal del departamento de calidad al momento de ubicar la paleta para realizar la inspección, al montacarguista que traslada la paleta de la línea de extrusión al almacén, y al montacarguista que busca la paleta en el almacén y la traslada al subproceso siguiente.

El almacén contará con un área de 300 m², de la cual 195 m² estarán destinados a las paletas con TPR 816 mm, donde podrán almacenarse 96 paletas, ya que éste es el producto con mayor demanda y los 105 m² restante para las paletas con los TPR 716 mm, donde se podrán almacenar 48 paletas. Estas áreas se delimitarán con líneas de 10 cm de espesor, de color rojo para los TPR de 816 mm y de color negro para los TPR de 716 mm, como se aprecia en la Figura 37, con base en el tamaño de la paleta, el largo de los perfiles y la capacidad de producción (28TPR/hora) de las líneas en dos días de trabajo.

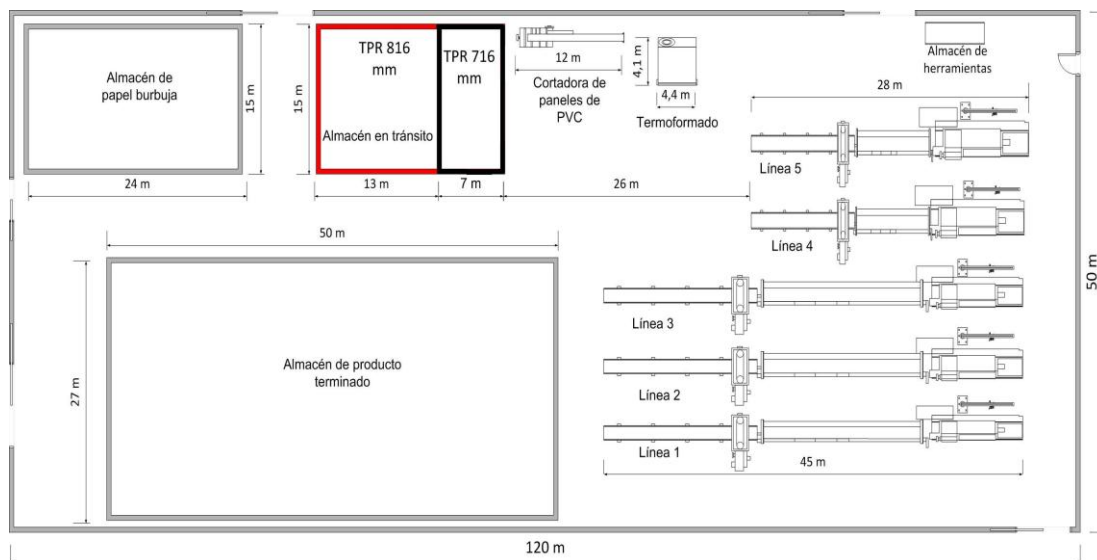


Figura 37. Delimitación de almacén en tránsito.

La mano de obra y los materiales necesarios para marcar el almacén en tránsito e identificar las áreas, con colores diferentes, donde se colocarán las paletas con los TPR 816 mm y los TPR 716 mm, se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Materiales y mano de obra necesarios para marcar el almacén.

Materiales	Unidad	Cantidad
Esmalte Rojo	Galón	1
Esmalte Negro	Galón	1
Brocha	Unidad	2
Tirro	Unidad	4
Mano de obra	Pintor	1

En la Tabla 24 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas y desperdicios que se eliminan o reducen con la delimitación del almacén en tránsito.

Tabla 24. Evaluación de la propuesta, delimitación del almacén en tránsito.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A.	
SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR.	
SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión	
REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria.	
FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Delimitación del almacén en tránsito	
Marcar el área que será destinada para el almacén en tránsito, identificando un lugar con color rojo, donde se colocarán los TPR de 816 mm, que tendrá una capacidad de 96 paletas y con un color negro, donde se colocarán los TPR de 716 mm, que tendrá una capacidad de 48 paletas.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Disminuye el tiempo para trasladar la paleta al subproceso siguiente. ✓ Disminuye el tiempo al analista de calidad en la búsqueda de la paleta en el almacén. ✓ La paletas no obstaculizarán el paso para las realizar las otras actividades. ✓ Facilita el proceso para la normalización del proceso.	✓ Procedimientos no estandarizados ✓ Desplazamientos innecesarios. ✓ Demoras en el proceso.
Desventaja	
✓ N/A	
Inversión: 1480 Bs (Ver Apéndice 1)	

6.4 Aplicación de la metodología 5 S

Actualmente en el área de extrusión no se tiene un lugar idóneo para colocar todos los equipos e insumos utilizados para la producción, donde el auxiliar de turno los deja donde mejor le parezca, además de no encontrarse en su totalidad las máquinas y equipos limpios, el piso lleno de charcos de agua y aceite, siendo riesgoso esto último para los empleados; las herramientas e insumos, se encuentran desordenado y mucho de ellos no son necesarios o están en cantidades mayores a las de su uso, todo esto retrasa a los operadores, mecánicos y auxiliares en un tiempo considerable con las actividades que realizan en el proceso de producción.

El objetivo principal es una metodología que sirva como guía de implantación para el área de extrusión, y así incrementar la eficiencia en el área de trabajo creando un lugar en lo posible mucho más organizado, limpio y seguro, tanto en los equipos como en los trabajadores.

Para implementar este programa es necesario recolectar información, para poder identificar todos los aspectos a mejorar, desorden, falta de limpieza, obstáculos en el trabajo, herramientas no identificadas. Esta metodología estructurada cuenta con cinco pasos:

6.4.1 Clasificación (Seiri):

Como primer paso se establece un formato de inventario de los elementos presentes en el área de extrusión (ver Figura 38), y así verificar cuáles son necesarios, en la cantidad necesaria y en el lugar preciso.

Una vez determinado si el elemento es necesario o no, se procederá a identificarlo con una tarjeta roja, en la cual serán identificados los elementos

que se crean necesarios en el área. Al cabo de un tiempo no debería haber elementos con esta tarjeta; si aún quedan elementos con tarjetas rojas el material realmente no se usa, ya que su presencia significa que no han sido utilizado en todo el tiempo; estos elementos podrán ser apartados, desechados o regresado al proveedor.

Con estos formatos (ver Figura 38 y Figura 39), se quiere que el operario se familiarice con su área, equipos y herramientas primordiales y así brindar un entorno de trabajo en el cual se evite problemas de espacio, pérdidas de tiempo y energía.



PETROCASA

ORGANIZAR

**Proceso de Producción de Perfiles
Subproceso de Extrusión**

Elaborado por:				Fecha:			
Artículo	Estado		Cantidad	¿Es necesario?		¿Que hacer?	Frecuencia de uso
	Bueno	Malo		Si	No		

Figura 38. Organización Inicial en el área de extrusión

Tarjeta N° _____

Categoría _____

Fecha: _____ Nombre: _____

Cantidad: _____ Razón : _____

Elaborado por: _____

Figura 39. Tarjeta roja para la organización

Este formato (ver Figura 40) inicial al ser aplicado en el área de extrusión se condujo a las siguientes acciones respecto a los materiales, herramientas, equipos e insumos presentes:



Organizar

Proceso de Producción de Perfiles
Subproceso de Extrusión

Elaborado por: Benito Suarez

Fecha: 12/12/2012

Artículo	Estado		Cantidad	¿ Es necesario?		¿ Que hacer?	Frecuencia de uso
	Bueno	Malo		Si	No		
Grasa de jabón de litio y disulfuro de molibdeno	X		5 litros		X	Trasladar al almacén de herramientas	Mensual
Aceite para transferencia de calor iso vg 32	X		2 litros	X		Colocarlos en los estantes.	Diario
Electrodos 6013	X		10		X	Trasladar al almacén de herramientas	Mensual
Alambre	X		4 m		X	Trasladar al almacén de herramientas	No tiene uso.
Linterna	X		2	X		Trasladar al almacén de herramientas	Semanal
Refrigerante	X		2		X	Trasladar al almacén de herramientas	Mensual
Manguera de recirculación de agua	X		30	X		Colocarlos en los estantes.	Semanal

Figura 40. Organización Inicial en el área de extrusión

Elaborado por: Benito Suarez					Fecha: 12/12/2012		
Articulo	Estado		Cantidad	¿ Es necesario?		¿ Que hacer?	Frecuencia de Uso
	Bueno	Malo		Si	No		
Big Bag lleno de producto defectuoso		X	8 Big Bag		X	El compuesto defectuoso es trasladado hasta el almacén de la empresa.	No se utiliza
Compuesto de Purga	X		4 Big Bag	X		Colocarlo a un lado de la tolva.	Cada vez que realicen arranque de la línea
Espumante	X		10 Cajas	X		Colocarlo a un lado de la tolva.	Tres horas
Aceite para motores de dos tiempos	X		5 litros		X	Trasladar al almacén de herramientas	Mensual
Aceite para motor diesel 15w-40	X		5 litros		X	Trasladar al almacén de herramientas	Mensual
Tubo de goma latex natural 200	X		8		X	Trasladar al almacén de herramientas	Mensual
Camisa para filtro de malla 2 1/2"	X		2		X	Trasladar al almacén de herramientas	Mensual

Figura 40. Organización Inicial en el área de extrusión (Continuación)



Organizar

Proceso de Producción de
Perfiles

Subproceso de Extrusión

Elaborado por: Benito Suarez			Fecha: 12/12/2012			
Artículo	Estado		¿ Es necesario?		¿ Que hacer?	Frecuencia de Uso
	Bueno	Malo	Si	No		
Conector tipo codo de 90° / 2- 1/2 pulgadas p/pegar	X			X	Trasladar al almacén de herramientales	Mensual
Silicón en barra de alta temperatura rojo	X			X	Trasladar al almacén de herramientales	Mensual
Tinta u.v. blanco	X			X	Trasladar al almacén de herramientales	Mensual
Tornillo Allen cabeza cilíndrica m6*30	X		X		Colocarlos en el estante	Mensual
Tornillo Allen cabeza cilíndrica m10*20 inox	X		X		Colocarlos en el estante	Mensual
Grasa de silicón	X		X		Colocarlos en el estante	Mensual
Lijas	X		X		Colocarlos en el estante	Mensual

Figura 40. Organización Inicial en el área de extrusión (Continuación)

Elaborado por: Benito Suarez				Fecha:12/12/2012			
Artículo	Estado		Cantidad	¿ Es necesario?		¿ Que hacer?	Frecuencia de Uso
	Bueno	Malo		Si	No		
Silicón en spray	X		2		X	Trasladar al almacén de herramientas.	Mensual
Cinta dieléctrica de vinilo	X		1		X	Trasladar al almacén de herramientas.	Mensual
Lija 200	X		6	X		Colocar en los estantes.	Diario
Lija 600	X		7	X		Colocar en los estantes.	Diario
Trapos	X		4	X		Colocar en los estantes.	Diario
Tirro plomo.	X		2	X		Colocar en los estantes.	Diario
Manguera para aire comprimido.	X		4	X		Colocar en los estantes.	Diario
Dado estandar métrico con mando 1/2"	X		4	X		Colocar en los estantes.	Diario
Brochas	X		3	X		Colocar en los estantes.	Diario
Llave hexagonal métrica 8,0 mm	X		5	X		Colocar en los estantes.	Diario

Figura 40. Organización Inicial en el área de extrusión (Continuación)

Como acción complementaria se recomienda que los artículos que no son necesarios en el área se regresen al almacén de la planta y se dispongan de ellos cuando realmente sean necesarios. También se puede determinar que sí existen elementos como la purga o el espumante que se utilizan pero en cantidades inferiores al lote marcado por la tarjeta roja y este no ha desaparecido pero ha sido utilizado en parte ello supondrá utilizar lotes inferiores. También si algunos elementos se utilizan con una frecuencia superior al periodo en revisión de las tarjetas rojas, por lo que se puede decidir si mantenerlo en el área o disponer de ellos en áreas anexas.

Se recomienda que los resultados de los ensayos de la tarjeta rojas convendrán que sean debidamente documentados para ser tenido en cuenta en un futuro.

6.4.2 Orden (Seiton):

Como segundo S se tiene el orden, con la finalidad de buscar un lugar correcto para cada elemento (equipos, herramientas, maquinaria, insumos y puesto de trabajo) y de mantenerlo. Esta estrategia destaca el sentido de orden a través de la marcación y utilización de ayudas visuales como señalización y marcación de áreas correspondientes, las cuales sirven para estandarizar acciones y evitar desplazamiento y búsquedas innecesarias.

6.4.2.1 Identificación de las áreas

Se debe delimitar las áreas destinadas a la ubicación de las máquinas y equipos necesarios para el mantenimiento de la línea de extrusión y su almacenamiento, ya que la ubicación actual de los mismos impide el libre tránsito por el área.

En la Figura 41 se muestra un plan de acción para la identificación de las áreas en el subproceso de extrusión.

 Identificar Áreas Proceso de Producción de Perfiles Subproceso de Extrusión Fecha __/__/__				
Actividad	Área	Tiempo	Recursos	Insumos
Identificar áreas de los equipos e insumos.	Bañera de enfriamiento	3 horas	Personal del subproceso de extrusión	Pintura amarilla
	Matriz			Brocha
	Calibrador			
	Intercambiador de Calor			
	Aspiradora			Tirro
	Tobos			
	Purga			
	Espumante			
Identificar áreas de inmuebles y herramientas	Estante de herramientas	3 horas	Personal del subproceso de extrusión	Pintura amarilla
	Mesas de trabajo			Brocha
	Container			Tirro

Figura 41. Plan de acción para identificación de áreas.

6.4.2.2 Adquisición de Nuevos Equipos.

Con la finalidad de mantener las herramientas e insumos en lugares idóneos, se plantea la adquisición de nuevos equipos para su almacenaje. Entre estos equipos están:

- Estantes: Se propone dos estantes metálicos de 2 x 0,93 x 0,40 metros con cuatro peldaños, donde las herramientas, insumos y equipos de protección personal estén a la mano y en un lugar específico, debido a que espacio actual no es suficiente. Los operarios y auxiliares podrán acceder a ellos de una forma rápida y fácil, ya que cada herramienta y equipo estarán debidamente identificada.

- Mesón de trabajo: Los insumos y herramientas como, lija 200, lija 600, tirro plomo, manguera para aire comprimido, dado estándar métrico con mando 1/2 brochas, llave hexagonal métrica 8,0 mm, llave Allen 5 mm, llave Allen 6 mm, llave Allen 7 mm, grasa de jabón de litio y disulfuro de molibdeno, lija 400 y lija 600, son los más usados día a día en la corrección de las fallas de los equipos de la línea de extrusión, por lo que el mesón de trabajo y el lugar de almacenamiento de las mismas no es la más idónea. Se plantea la adquisición de un mesón de trabajo de 2,5 x 1,20 x 1,10 metros, que estará ubicado al lado izquierdo del almacén de herramientas a una distancia de 1,5 metros en cual, el mecánico pueda ubicar rápidamente los repuestos en el mismo lugar donde lo realiza en mantenimiento de válvulas, y de esta manera se tiene un stock de las partes necesitadas.
- Cajas Apilables: estas cajas plásticas con frontal abierto y una dimensión de 150 x 315 x 125 mm organizadoras permitirán el almacenamiento de las herramientas necesarias para la reparación de las fallas presente en los equipos. Dichas cajas permitirán mantener un stock necesario para cuando se requieren.

También para esta S se debe tomar en cuenta que actualmente el operador realiza un desplazamiento innecesario de 4 metros al momento de verificar la temperatura en los intercambiadores de calor, se propone un giro de 180° al intercambiador para que el operador pueda tener una visualización directa al panel de control y desde su puesto de trabajo pueda controlar las temperaturas que regulan a la matriz y al calibrador de la línea de extrusión. Para esto es necesaria la compra de una manguera 20 metros de largo que conecta los intercambiadores con la línea de extrusión.

6.4.3 Limpieza (Seiso):

Esta S creará un hábito de limpieza de los equipos y otros elementos del área de trabajo. Este hábito se creará en los empleados mediante charlas al inicio de cada jornada mientras se espera la planificación del turno por parte de la gerencia de perfiles, que en promedio dura 15 minutos, durante este tiempo se puede invertir 5 minutos para realizar estas charlas, el encargado de exponerlas será el supervisor de turno.

Se planteará en este punto la creación de estándares para procedimientos de limpieza. Se propone el diseño de un programa (Figura 42) y establecer jornadas de limpieza que comprometan al personal de extrusión, con el propósito de involucrarlos en las actividades que promuevan el área y los equipos limpios, asignando una carga de trabajo de limpieza, frecuencia y tiempo para realizar la actividad



Proceso de Producción de Perfiles
Subproceso de Extrusión
PROGRAMA DE LIMPIEZA

Elaborado por: _____
Fecha: _____

Actividad	Elemento	Responsable	Frecuencia		
			Día	Se m	Mes
Barrer el área de mantenimiento	✓ Cepillo ✓ Guantes ✓ Pala ✓ Tapa boca	Personal de extrusión	x		
Barrer el área de las líneas de extrusión	✓ Cepillo ✓ Guantes ✓ Pala ✓ Tapa boca	Personal de extrusión	x		
Limpieza de las máquinas de extrusión		Personal de extrusión			x
Control y recolección de los desperdicios	Contenedores	Personal de extrusión	x		
Organización del área de extrusión		Personal de extrusión		x	

Figura 42. Programa de Orden y limpieza.

Con el uso de este formato se pretende tener un control sobre la limpieza y conocer las personas que participan de manera frecuente en la actividad. Además se deberá realizar un operativo de limpieza inicial a toda el área de extrusión donde participen los operarios, auxiliares y personal de mantenimiento, en total son 7 personas en cada turno. El operativo consiste en realizar limpieza profunda al piso con el uso de desengrasante, cepillos, y se debe utilizar un hidrojet para que la limpieza sea más eficiente.

Limpiar cada equipo de la línea de extrusión, identificar los focos de suciedad y eliminarlos utilizando cepillo, trapos y pala, también deberán limpiar los ventiladores industriales con cepillos, trapos y realizarle lubricación. Este operativo se realizará en una jornada completa un día sábado que está disponible para labores de mantenimiento.

También se propone que entre los operarios y auxiliares creen una cartelera informativa semanal, que permita conocer a todo el personal del área de extrusión sobre la metodología 5 S, donde se publique cada uno de los pasos, una breve explicación de cómo se implementará cada uno, fotos de antes y después de las áreas, las ventajas y buzón de sugerencia con el fin de mantener el compromiso de todos los empleados.

6.4.4 Estandarización (Seiketsu):

Esta etapa sistematiza las actuaciones que se han llevado a cabo en las tres primeras S y así perduren con el tiempo, fijando un programa de actuaciones, periodicidad (diaria, semanal, etc.) y responsable que se encargue de verificar si el resto de sus compañeros están cumpliendo con los pilares anteriores.

Se crearán hábitos mediante las charlas explicadas anteriormente, que permitan conservar el área de trabajo en perfectas condiciones, para lograr esto se propone realizar jornadas continuas de limpieza que consiste en que cada auxiliar debe invertir 10 min en ordenar y limpiar el lugar de trabajo al inicio de la jornada mientras se espera la planificación por parte de la gerencia, retirando la viruta del piso, de las máquinas y los charcos de agua producto del sistema de recirculación.

También se propone un programa de verificación, donde los operarios revisen que estas actividades de orden y limpieza se cumplan y mantenga, dicha estandarización tendrán como objetivo, evitar que:

- ✓ Vuelvan existir elementos innecesarios en el área de trabajo.
- ✓ Hayan elementos que no tenga la ubicación óptima.
- ✓ Focos de suciedad.

Se propone el uso de un formato semanal (Figura 43) donde el operario se encargue de vigilar el cumplimiento y puesta en práctica la clasificación, orden y limpieza del área de trabajo. Contendrá una serie de preguntas básicas de limpieza



**Proceso de Producción de
Perfiles**

Subproceso de Extrusión

ELABORADO POR: _____ FECHA: _____

Metodología S	SI	NO
¿Se encuentra el área de trabajo limpia?		
¿Se encuentra el área de trabajo ordenada?		
¿Las herramientas se encuentran en su lugar?		
¿Hay control y recolección de los desperdicio?		
¿Se encuentran las maquinas limpias?		
¿se han verificado las trajes rojas?		
¿Se cumplieron las normas de seguridad?		
¿Se publico el programa semanal de la cartelera?		

6.4.5 Disciplina (Shitsuke):

Una vez alcanzado la clasificación, el orden, la limpieza y un método de estandarización, se deberá ahora asegurar el cumplimiento de que todo ello se efectué correctamente, haciéndolas de manera tal que sean incorporadas a lo cotidiano.

Para implantar las disciplina se deberá crear un comité de 5 S que se encargue de realizar auditorías semanales, junto el supervisor de turno.

Actualmente en el área de extrusión se están seleccionando los miembros que conformarán dicho comité, con el objetivo de evaluar el estado y los equipos del área. Además de velar por el cumplimiento de la rutina diaria de limpieza propuesta anteriormente en la 4ta S.

El comité de 5'S debe promover reuniones con los supervisores donde también le expliquen la metodología, cómo implementarla y los beneficios que se obtienen en cuanto a la mejora del ambiente de trabajo y la productividad, también contarán con el apoyo de la cartelera informativa y promover operativos de limpieza cuando se presenten paradas no planificadas.

En la Tabla 25 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación de la metodología 5 S.

Tabla 25. Evaluación de la propuesta de implementación la metodología 5 S.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Implementar la metodología 5 S en el área de extrusión de la empresa PETROCASA MADERA SINTETICA S.A.	
Contar con una empresa limpia y ordenada, donde los empleados mantengan el hábito del mantenimiento de los equipos, áreas de trabajo y con esto evitar pérdidas de tiempo, sobre recorridos por búsqueda de herramientas, insumos, materiales, obstaculización en el espacio, aumento de seguridad obteniendo así mayor productividad.	
Ventajas	Desperdicios que elimina/ disminuye
✓ Liberar espacio útil en planta ✓ Reducir los tiempos a 20 min por acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo. ✓ Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos ✓ Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia. ✓ Los operarios aprenden a conocer el equipo y área de trabajo. ✓ Integrar la limpieza como parte del trabajo diario ✓ Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes. ✓ Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.	✓ Obstáculos. ✓ Pérdida de tiempo por averías. ✓ Paradas menores. ✓ Procedimientos no estandarizados ✓ Inadecuada distribución de los equipos y materiales.

Tabla 26. Evaluación de la propuesta de implementación la metodología 5 S. (Continuación).

Ventajas	Desperdicios que elimina/ disminuye
✓ Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza ✓ La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares. ✓ Se espera reducir tiempo en búsqueda de materiales y herramientas en 4,16 % por jornada, mejorando así la productividad.	
Desventajas	
✓ Esfuerzo en el cambio de cultura y habito de los trabajadores.	
Inversión: 7.470Bs (ver apéndice 4)	

6.5 Adquisición de una mesa neumática para el paletizado del tablero de perfil rígido.

Actualmente una vez que se obtiene el perfil rígido, es cortado, formando un TPR de 716 mm o 816 mm cuyo peso es de 12 kg ó 14 kg respectivamente, estos son trasladados a través de una banda transportadora a una mesa donde el auxiliar debe cargar 2 TPR hasta formar una paleta de 30 perfiles.

El auxiliar debe realizar un mayor esfuerzo al momento de cargar 24 kg ó 26 kg y luego desplazarse hasta el piso donde se encuentra la paleta y repetir esta actividad durante toda la jornada de trabajo, haciendo el método de trabajo lento ya que el auxiliar tarda aproximadamente 40 minutos en formar la paleta, generándole dolores en la columna por adoptar una postura incomoda que lo obliga a inclinarse constantemente ejecutando movimientos de quinto orden con una frecuencia de 15 veces por cada paleta durante la jornada además de provocarle fatiga.

Con el objetivo de lograr condiciones de trabajo más ergonómicas y seguras, que permitan eliminar movimiento de 5^{to} orden antes descrita, se propone la adquisición de una mesa neumática en la actividad de paletizado. Esta mesa neumática estará a un lado de la banda transportadora, aquí se colocará la paleta y el auxiliar podrá desplazar el TPR desde de la banda transportadora hasta la mesa, esta irá bajando cada vez que se vaya colocando un TPR hasta formar la paleta.

La plataforma de la mesa neumática tipo tijera es de 0,90m*1,20m y puede soportar hasta 2000 Kg de carga. La Figura 44 es una imagen referencial de la propuesta.



Figura 44. Mesa neumática

En la Tabla 26 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación del dispositivo el paletizado de los TPR.

Tabla 26. Evaluación de la adquisición de la mesa elevadora

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Dispositivo mesa elevadora	
Esta alternativa es de un dispositivo que sirve para facilitar la actividad de paletizado al auxiliar y así evitar levantar 24 kg o 26 kg de forma repetitiva durante la jornada.	
Ventajas	Desperdicios que elimina/ disminuye
✓ Evita fatiga, dolores musculares y ofrece condiciones de trabajo más cómodas para la ejecución de la actividad. ✓ Evita que los operarios flexionen el tronco más de 60° para colocar los TPR en las paletas.	✓ Condiciones que provocan fatiga. ✓ Consumo significativo de tiempo.
Desventajas	
✓ N/A	
Inversión: 17.000 Bs (ver apéndice 5)	

6.6 Adquisición de una sierra caladora para el área de extrusión.

En el arranque de la máquina extrusora se deben realizar ajustes en los parámetros de la máquina hasta obtener el perfil con las características deseadas, durante esta estabilización el compuesto que sale de los mandriles de la extrusora resulta defectuoso, pudiendo presentar ensanchamiento y dureza, por ello, es cortado por el auxiliar con un cuchillo de sierra de forma repetitiva, realizando movimientos de quinto orden que generan fatiga y algunas veces lesiones. Esto también ocasiona que el método de trabajo sea lento por lo que se atrasa el proceso de arranque.

Con la finalidad de mejorar las condiciones de trabajo del área de extrusión, disminuir el impacto de las condiciones que generan fatiga, el consumo significativo del tiempo que lleva realizar esta operación y así evitar las demoras en el proceso de producción, se propone la adquisición de una sierra caladora que facilite el corte del perfil rígido de PVC de una forma continua y más rápida, sin la necesidad de realizar esfuerzos, ni el incremento de la fuerza del auxiliar dependiendo de la dureza del perfil, haciendo que se mejore el método de trabajo actual.

Esta sierra caladora tipo taladro es de marca Milwaukee de 15 A, 3000 RPM, con un peso de 2 kg. La Figura 45 es una imagen referencial de la propuesta.



Figura 45. Sierra caladora

En la Tabla 27 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación de la adquisición de una sierra para el corte del perfil rígido de PVC.

Tabla 27. Evaluación de la adquisición de una sierra para el corte del perfil rígido de PVC

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Sierra para cortar el Perfil Rígido de PVC que será desechado	
Esta alternativa es una sierra que sirve para facilitar la actividad de corte del perfil rígido de PVC al auxiliar y así evitar esfuerzo y movimiento que le generen fatiga y lesiones.	
Ventajas	Desperdicios que elimina/ disminuye
✓ Evita fatiga, dolores musculares y ofrece condiciones de trabajo más cómodas para la ejecución de la actividad. ✓ Disminuye en 16 % el tiempo invertido en el arranque de la línea de extrusión.	✓ Condiciones que provocan fatiga. ✓ Consumo significativo de tiempo.
Desventajas	
✓ Si el auxiliar no tiene cuidado al momento de cortar el perfil puede chocar con la sierra contra la maquina extrusora y ocasionar ralladuras en ella.	
Inversión: 9.000 Bs (ver apéndice 6)	

6.7 Tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC

Algunas veces la línea de extrusión es alimentada con compuesto de PVC, el cual no cumple con las especificaciones, debido a que el personal de calidad al momento de tomar la muestra solo analiza un porcentaje del compuesto que se encuentra en la parte superior de un big bag que contiene 480 kg, ya que no poseen la herramienta adecuada. Es importante mencionar que en el big bag se depositan 4 Bach de compuesto, cada uno mezclado en momentos diferentes por lo que hay diferencia en las variables. Todo esto no solo trae como consecuencia producto defectuoso, sino que además ocasionan daño a la línea, como por ejemplo contaminación a la matriz, que una vez que el compuesto de PVC es pasado por ella se ensucia y muchas veces el mismo se adhiere y endurecen, en el interior de la matriz, generando una parada no programada, ya que se debe desmontar la matriz para limpiarla y a su vez tienen que rechazar el compuesto de PVC que está almacenado en la tolva.

Para solucionar el problema existente se propone el diseño de un tornillo donde se pueda depositar muestra en sectores diferentes del mismo y con esto el personal de calidad pueda tomar muestras en el big bag a los diferentes Bach de mezcla de compuesto de PVC, y puedan verificar no sólo al Bach de mezcla que se acaba de descargar si no a los que se descargaron antes que tal vez puedan resultar defectuosos por no cumplir con las especificaciones, y con esto evitar daños en la matriz de la línea de extrusión, retrabajo de mantenimiento y producto defectuoso.

El diseño consiste en dos cilindros de 161 cm de largo, uno externo hueco con un diámetro de 35,5 mm en forma de tornillo, un espiral en la punta del tornillo que facilite su paso por el compuesto de PVC y cuatro orificios a lo largo del cilindro, y otro cilindro interno con un diámetro de 33 mm, con

cuatro divisiones internas, cada división tendrá un orificio, a lo largo del cilindro, donde se tomará la muestra. Estos cilindros se acoplarán y el interno podrá girar y alinear sus cuatros orificios con los orificios del tornillo externo para tomar la muestra, una vez que se tome la muestra el cilindro interno se volverá a girar y quedará tapado por la superficie del cilindro externo. A continuación se muestran las Figura 46 y Figura 47, el diseño del tornillo toma muestra.

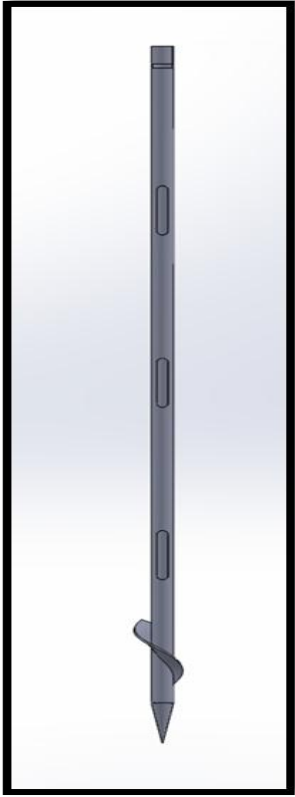
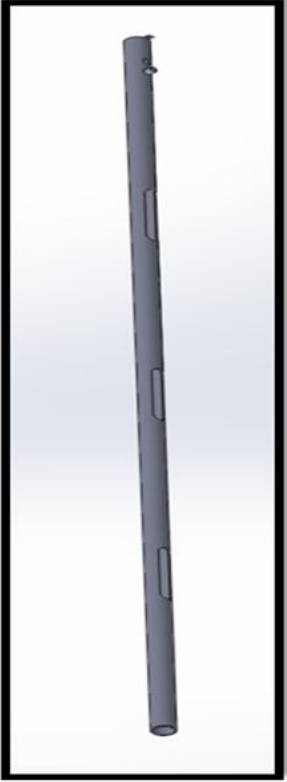
Parte externa	Parte interna
	
Masa:1.10084 kg	Masa:1.00024 kg
Volumen:0.00040772 m ³	Volumen:0.000370459 m ³
Densidad:2700 kg/m ³	Densidad:2700 kg/m ³
Peso:10.7883 N	Peso:9.80234 N

Figura 46. Vista completa del tornillo toma muestra

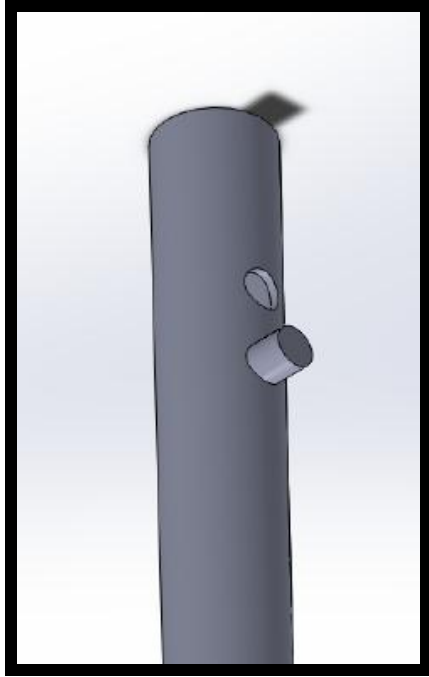
Detalle de parte externa	Detalle de parte interna
	
Masa:1.10084 kg	Masa:1.00024 kg
Volumen:0.00040772 m ³	Volumen:0.000370459 m ³
Densidad:2700 kg/m ³	Densidad:2700 kg/m ³
Peso:10.7883 N	Peso:9.80234 N

Figura 47. Detalle superior del tornillo toma muestra

En la Tabla 28 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación del tornillo para tomar muestra de compuesto de PVC.

Tabla 28. Evaluación diseño de tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC	
Esta propuesta consiste en un tornillo que pueda tomar muestra en un big bag que contiene diferentes mezclas del compuesto de PVC para la elaboración de TPR.	
Ventajas	Desperdicios que elimina/disminuye
✓ Permite recolectar muestra de compuesto de PVC en un big bag, donde se depositan diferentes mezclas. ✓ Evita daños en la matriz de la línea de extrusión. ✓ Reduce el porcentaje significativamente del producto defectuoso ✓ se espera una disminución del producto defectuoso de 32%, mejorando así su productividad.	✓ Condiciones que provocan fatiga. ✓ Demoras en el proceso. ✓ Tiempo elevado de mantenimiento. ✓ Paradas no planificada.
Desventajas	
✓ N/A	
Inversión: 6.600 Bs (ver apéndice 7)	

6.8 Aplicación de la metodología SMED

Para reducir el tiempo de cambio de matriz y arranque de la máquina extrusora se aplicarán las cuatro etapas de la metodología SMED.

6.8.1 Observar e identificar las actividades, en la situación actual, de la máquina extrusora.

Se observaron todas las actividades que realiza el mecánico, operario y los auxiliares, en el proceso de cambio de producto, calificándolas como internas o externas según sea el caso, considerando que las internas son las que se realizan con la máquina parada y las externas con la máquina operando. En la Tabla 29 se menciona dichas actividades.

Tabla 29. Clasificación de las actividades del proceso de cambio de producto.

Ejecutor	Actividad	Clasificación	Duración (Min)	Situación actual
Mecánico	Leer orden de cambio producto	Externa	4	Se realiza esta actividad como Interna
Auxiliar 1	Buscar las herramientas	Externa	8	Se realiza esta actividad como Interna
Montacarguista	Buscar la mesa de trabajo	Externa	6	Se realiza esta actividad como Interna
Montacarguista	Buscar la matriz y colocarla en la mesa	Externa	8	Se realiza esta actividad como Interna
Montacarguista	Limpiar la matriz	Externa	60	Se realiza esta actividad como Interna
Montacarguista	Buscar la bañera de enfriamiento	Externa	7	Se realiza esta actividad como Interna

Tabla 29. Clasificación de las actividades del proceso de cambio de producto. (Continuación)

Ejecutor	Actividad	Clasificación	Duración (Min)	Situación actual
Montacarguista	Buscar el calibrador de vacío	Externa	11	Se realiza esta actividad como Interna
Mecánico	Colocar los cascamos a la matriz	Externa	9	Se realiza esta actividad como Interna
Auxiliar 1	Buscar las eslingas adecuadas y sujetar la matriz	Interna	8	
Mecánico	Se desconectan cables y mangueras de la matriz.	Interna	6	
Auxiliar 1	Se coloca el polipasto en el centro de la matriz y se sujeta a las eslingas	Interna	7	
Mecánico	Se tensan las eslingas, y se aflojan los tornillos que unen al adaptador 1 con el 2	Interna	17	
Mecánico	Se hala el adaptador 2 hacia el calibrador	Interna	5	
Mecánico	Se desacopla la matriz para sacarla con el puente grúa.	Interna	9	
Mecánico	Se limpian los adaptadores 1 y 2.	Interna	14	
Auxiliar 1, Mecánico	Se monta la matriz nueva	Interna	43	
Mecánico	Se le coloca un nivel para que la matriz quede alineada tanto transversalmente como longitudinalmente	Interna	9	
Mecánico	Desconectar cables y mangueras del calibrador	Interna	12	
Mecánico	Desconectar vacuómetros y manómetros	Interna	5	

Tabla 29. Clasificación de las actividades del proceso de cambio de producto. (Continuación)

Ejecutor	Actividad	Clasificación	Duración (Min)	Situación actual
Auxiliar 1	Aflojar tornillos que lo unen a bañera de enfriamiento	Interna	16	
Auxiliar 1	Buscar eslingas y sujetarla al nuevo calibrador.	Interna	3	
Mecánico	Desacoplar el calibrador de vacío.	Interna	6	
Auxiliar 1, Mecánico	Se monta el otro calibrador de vacío.	Interna	22	
Operador	Se desconectan las mangueras de la bañera de enfriamiento.	Interna	7	
Auxiliar 1, Mecánico	Se desmonta las dos secciones bañera de enfriamiento.	Interna	23	
Auxiliar 1, Mecánico	Se montan las dos secciones de la otra bañera de enfriamiento.	Interna	26	
Operador	Se alinean la matriz con el calibrador y la bañera.	Interna	13	

Luego de observar y analizar cada una de las actividades mencionadas anteriormente, con ayuda de los supervisores, mecánicos y auxiliares, se procedió a verificar que actualmente las actividades que se deben realizar como externas los mecánicos y auxiliares la realizan como una actividad interna, proponiendo que estas actividades se cumplan según su naturaleza.

Esta acción tendrá como resultado, que si el mecánico y auxiliar leen la orden de cambio de producto, buscan las herramientas, mesa de trabajo, bañera de enfriamiento y calibrador de vacío, verifican la limpieza de la matriz, buscan y colocan los cascamos en la matriz, se reduciría 113 minutos en este proceso.

6.8.2 Mejoras generales

A fin de mejorar las actividades internas y externas se analizó junto al personal antes mencionado, las actividades del proceso de cambio de producto, surgiendo ideas de mejoras en la preparación, para la reducción de tiempo de puesta a punto en este proceso.

6.8.2.1 Operaciones simultáneas en el proceso de cambio de producto.

En el proceso de cambio de producto se plantea la realización de operaciones en simultáneo; se quiere que los operarios y los auxiliares de la línea de extrusión contribuyan en la preparación, al mismo tiempo que lo hacen el mecánico y su auxiliar.

Como se puede observar en la Tabla 29, el mecánico y su auxiliar tardan en promedio 127 minutos en el desmontaje y montaje de la matriz, 64 minutos en el montaje y desmontaje del calibrador de vacío y 56 minutos en el desmontaje y montaje de la bañera de enfriamiento.

Se propone que antes de realizar el cambio de producto, el mecánico debe asignar un equipo a cada operario y auxiliar que tendrán la tarea de desmontarlos y montarlos, el proceso de ajuste y prueba estará a cargo del mecánico debido a que presenta mayor complejidad.

Un ejemplo de esta propuesta es:

- ✓ Mecánico y auxiliar: desmontar y montar matriz, y realizar proceso de ajuste y pruebas.
- ✓ Operador: desmontar y montar calibrador de vacío.
- ✓ Auxiliar 1 y 2: desmontar y montar bañera de enfriamiento

En las Tabla 30 se observa el método actual y en Tabla 31 el propuesto, notándose la reducción del tiempo.

Tabla 30. Método actual para proceso de cambio de producto

Método Actual				
Mecánico	Auxiliar 1	Operador	Auxiliar 2	Auxiliar 3
Desconectar cables y mangueras de la matriz. 6 min	Buscar eslingas adecuadas y sujetarla a la matriz. 8 min.	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se tensan las eslingas, y se aflojan los tornillos que unen al adaptador 1 con el 2. 17 min	Se coloca el polipasto en el centro de la matriz y se sujeta a las eslingas. 7 min	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se hala el adaptador 2 hacia el calibrador. 5 min		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se desacopla la matriz para sacarla con el puente grúa. 9 min		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se limpian los adaptadores 1 y 2. 14 min		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se monta la matriz nueva. 43 min			Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Colocar un nivel para que la matriz quede alineada tanto transversalmente como longitudinalmente. 9 min		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Desconectar cables y mangueras del calibrador 12 min.		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Desconectar vacuómetros y manómetros 5 min				
	Aflojar tornillos que lo unen a bañera de enfriamiento 16 min.			

**Tabla 30. Método actual para proceso de cambio de producto.
(Continuación)**

Método Actual				
Mecánico	Auxiliar 1	Operador	Auxiliar 2	Auxiliar 3
	Buscar eslingas y sujetarla al nuevo calibrador 3 min.			
Desacoplar el calibrador de vacío. 6 min				
Se monta el otro calibrador de vacío. 22 min.		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se desconectan las mangueras de la bañera de enfriamiento. 7 min		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se desmonta las dos secciones bañera de enfriamiento. 23 min.		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se montan las dos secciones de la otra bañera de enfriamiento. 26 min		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Se alinean la matriz con el calibrador y la bañera. 13 min.		Sin asignar actividad	Sin asignar actividad	Sin asignar actividad
Tiempo total 236 min				

Tabla 31. Método propuesto para proceso de cambio de producto

Método propuesto				
Mecánico	Auxiliar 1	Operador	Auxiliar 2	Auxiliar 3
Desconectar cables y mangueras de la matriz. 6 min	Buscar eslingas adecuadas y sujetarla a la matriz. 8 min.	Desconectar cables y mangueras del calibrador 12 min.	Desconectar las mangueras de la bañera de enfriamiento. 7 min.	
Se tensan las eslingas, y se aflojan los tornillos que unen al adaptador 1 con el 2. 17 min	Se coloca el polipasto en el centro de la matriz y se sujeta a las eslingas. 7 min.	Desconectar vacuómetros y manómetros 5 min	Se desmonta las dos secciones bañera de enfriamiento. 23 min.	

**Tabla 31. Método propuesto para proceso de cambio de producto.
(Continuación)**

Método Actual				
Mecánico	Auxiliar 1	Operador	Auxiliar 2	Auxiliar 3
Se hala el adaptador 2 hacia el calibrador. 5 min		Aflojar tornillos que lo unen a bañera de enfriamiento 16 min.	Se montan las dos secciones de la otra bañera de enfriamiento. 26 min.	
Se desacopla la matriz para sacarla con el puente grúa. 9 min		Buscar eslingas y sujetarla al nuevo calibrador 3 min.		
Se limpian los adaptadores 1 y 2. 14 min		Desacoplar el calibrador de vacío. 6 min		
Se monta la matriz nueva. 43 min		Se monta el otro calibrador de vacío. 22 min.		
Se le coloca un nivel para que la matriz quede alineada tanto transversalmente como longitudinalmente. 9 min		.		
Se alinean la matriz con el calibrador y la bañera. 13 min.				
Tiempo total 116 min				

En la Tabla 32 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación de operaciones de cambio de producto en paralelo.

Tabla 32. Evaluación de operaciones de cambio de producto en paralelo.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A.	
SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR.	
SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión	
REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria.	
FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Operaciones de cambio de producto en paralelo.	
Se propone la incorporación de los operarios y auxiliares asignados al proceso de cambio de producto, específicamente en las operaciones de montaje y desmontaje de la matriz, el calibrador y la bañera de enfriamiento. El operario y los auxiliares estará encargado del cambio de un equipo de la línea de extrusión al igual que el mecánico, por tanto esta operación se realiza simultáneamente.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Disminuye en 120 min el tiempo en el proceso de cambio de producto, mejorando así la productividad.	✓ Tiempo de cambio de producto. ✓ Demoras en el proceso.
✓ Integra a los operarios al proceso de puesta a punto.	
Desventaja	
✓ N/A	
Inversión: 12.571,54 Bs (ver apéndice 3)	

6.8.2.2 Adquisición de una llave neumática

Se propone dotar al personal con una llave neumática, que será utilizada por el mecánico para el montaje y desmontaje la matriz en la línea de extrusión. La función de esta llave neumática es soltar y apretar con rapidez y torque necesario las tuercas y tornillos de la matriz, disminuyendo las condiciones que causan fatiga, en este caso, movimientos de orden superior. En promedio por cada tornillo o tuerca se reducirá 60 % el tiempo para soltar o apretar según datos del fabricante.

La llave neumática atornilladora tipo pistola es una herramienta que utiliza aire comprimido para producir movimiento a alta revoluciones, con control de reversibilidad y de velocidad, en la empresa se cuenta con un sistema de tubería de aire comprimido, por lo que sería fácil la instalación de la llave neumática.

Esta llave neumática de impacto es de uso profesional, marca CAMPBELL HAUSFELD, de velocidad variable, reversible, con adaptador de dado de 1/2". La Figura 48 es una imagen referencial de la propuesta.



Figura 48. Llave neumática

En la Tabla 33 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación de la metodología SMED.

Tabla 33. Evaluación de la adquisición de la llave neumática.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Llave neumática	
Su función es facilitar la labor al mecánico al realizar la actividad de desmonta y montar la matriz.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Disminuye el 60 % del tiempo de esta actividad. ✓ Fácil uso e instalación. ✓ Disminuye el esfuerzo físico de los mecánicos.	✓ Condiciones que generan fatiga. ✓ Demoras en el proceso.
Desventaja	
✓ N/A	
Inversión: 7.680 BS (ver apéndice 8)	

6.8.2.3 Adquisición de fresadora Mototool

Se propone dotar al personal con una fresadora mototool, que será utilizada por el mecánico para limpiar la matriz en la línea de extrusión. La función de este Mototool es facilitar el trabajo de limpieza ya que actualmente se realiza manualmente con una lija tardando en promedio 60 min. Con esta herramienta se disminuye este tiempo a 30 min y disminuye las condiciones que causan fatiga.

La fresadora mototool es una herramienta tipo taladro que cuenta con un motor de 2 Amp y de 120 V, de velocidad variable, un área de sujeción suave y ergonómico, ideal para limpiar la matriz hasta los lugares más difícil de alcanzar. La Figura 49 es una imagen referencial de la propuesta.



Figura 49. Fresadora mototool

En la Tabla 34 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación de la metodología SMED.

Tabla 34. Evaluación de la adquisición de la fresadora mototool

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A.	
SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR.	
SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión	
REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria.	
FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Fresadora Mototool	
Su función es facilitar la labor al mecánico al realizar la actividad limpieza de la matriz.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Disminuye el 50% del tiempo en esta actividad.	✓ Condiciones que generan fatiga.
✓ Fácil uso e instalación.	
✓ Disminuye el esfuerzo físico de los mecánicos.	
Desventaja	
✓ N/A	
Inversión: 1.153 BS (ver anexo 9)	

6.8.2.4 Formato de control y verificación de herramientas

Se propone establecer un formato para el control y verificación de herramientas necesarias para realizar el cambio de producto, el cual posee el nombre del responsable, la fecha e identificación del producto en la parte superior. Posteriormente se encuentra un cuadro en el que están especificadas todas las herramientas necesarias para el cambio de producto, organizados por equipo.

Para que la implementación de este sistema obtenga un buen resultado es necesario que las piezas estén dispuestas en los estantes del almacén por modelo y debidamente identificadas para agilizar su ubicación.

Al implementar esta propuesta se evita que el mecánico encargado del cambio de producto regrese al almacén respectivo para buscar las herramientas faltantes, ya que realizará a través de una lista de chequeo la verificación de que se haya tomado todo lo necesario. Con el método anterior se invierte en un principio un tiempo promedio de 25 min en la selección de herramientas para el cambio de producto y 15 min para la selección herramientas faltantes, tiempo que sería eliminado con la propuesta actual.

La Figura 50 Formato de control y verificación de herramientas necesarias para el cambio de producto, ilustra la propuesta



Formato de control y
verificación de
herramientas para cambio
de producto

Fecha: _____

Responsable _____

Cambio de Producto
de _____ a _____

Equipo	Herramienta	Chequeo
Matriz Y Calibrador de vacío	Llave Allen telep 6, 7, 8, 10, 12, 14 mm	X
	Llave hexagonal métrica 12, 14, 17, mm	X
	Puente grúa	X
	Eslingas	X
	Cascamos	X
	Destornillador de pala	X
	Destornillador de estria	X
	Grúa polipasto	X
Bañera de enfriamiento	Dado estándar métrico con mando de 1/2"	X
	Trapo	X
	Destornillador de pala	X
	Llave combinada métrica 14, 15, 16, 17, 18 mm	X
	Destornillador de estria	X

Observación

Figura 50. Formato de control y verificación de herramientas

En la Tabla 35 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la implementación del formato de control y verificación de herramientas.

Tabla 35. Evaluación del formato de control y verificación de herramientas.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Formato de control y verificación de herramientas	
Su función es facilitar la labor al mecánico al realizar la actividad de buscar las herramientas para el cambio de producto.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Disminuye en 38% el tiempo en el proceso de búsqueda de herramientas. ✓ Permite mejorar el control de inventario. ✓ Permite seleccionar rápidamente las herramientas del almacén.	✓ Tiempo de cambio de producto. ✓ Demoras en el proceso.
Desventaja	
✓ N/A	
Inversión: 95 Bs (ver apéndice 10)	

6.9 Normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión

Actualmente en el subproceso de extrusión, hay ausencia de procedimientos formales en los métodos de trabajo, debido a que los operadores y auxiliares realizan las tareas que le corresponde de la forma que mejor les parezca y resulte más fácil, generando variabilidad en los tiempos de ejecución de las diferentes actividades, afectando los niveles de producción.

Con el objetivo de normalizar los procesos se propone un manual de normas en donde estén descrita de forma detalla las actividades, operaciones y tareas a realizar y así disminuir la variación existente en los tiempo de ejecución de las diferentes actividades. Esta descripción se realizó mediante entrevistas con los operadores y auxiliares del subproceso de extrusión.

La estructura del manual indicará los pasos a seguir según sea la actividad que se quiera realizar, el personal que debe efectuarla, los equipos y herramientas que se utilizarán, los equipos de seguridad que deben poseer y se ilustrarán con fotografías cada uno de los pasos que se deben seguir, en función de garantizar el cumplimiento del método y de tener un control en el proceso.

A continuación se mostrarán un instructivo de trabajo del subproceso de extrusión, el resto de los instructivos están los apéndices según la actividad a realizar.

	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PERFILES	CÓDIGO: PTC-SIG-G2-PF-EX-I-002
	SUBPROCESO DE EXTRUSION	NIVEL DE REVISIÓN: 0
	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	PAGINA: 167 de 4

1. NOMBRE DE LA INSTRUCCIÓN:

Apoyo en arranque de la extrusora 1.

2. RESPONSABLE:

Auxiliar de extrusión: Realiza el apoyo para el arranque de la línea de producción cumpliendo perfectamente con este instructivo

3. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD:

- Es imprescindible el uso de los Equipos de Protección Personal siguiente:
 - a. Lentes de protección a impacto
 - b. Guantes térmicos.
 - c. Guantes absorbentes
 - d. Mascarilla media cara con filtros para gases orgánicos-ácidos y polvos
 - e. Botas de seguridad
 - f. Orejeras tipo cintillo
 - g. Mangas térmicas
- Evitar correr al realizar recorridos por el área, ya que existen peligros de tropiezo.
- Las vías de escapes y áreas de pasillos y sus adyacencias deben mantenerse libres de obstáculos.

	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PERFILES	CÓDIGO: PTC-SIG-G2-PF-EX-I-002
	SUBPROCESO DE EXTRUSION	NIVEL DE REVISIÓN: 0
	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	PAGINA: 2 de 4

4. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL AMBIENTE:

Emanaciones de gases tóxicos de HCL debido a la posible degradación del PVC por el sobrecalentamiento o tiempo de exposición prolongado a altas temperaturas.

5. MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Materiales
 - Compuesto de PVC para tableros de perfiles rígido (TPR)
 - Espumante
 - Purga
- Equipos:
 - Maquina Extrusoras
 - Intercambiadores de calor
 - Tolvas de dosificación
 - Detector de metales
 - Matrices
 - Sistema de enfriamiento
 - Sistema de halado
 - Sistema de corte
- Herramientas:
 - Espátula de bronce
 - Barras de bronce
 - Cuchillos de cierra
 - Cinta métrica

	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PERFILES	CÓDIGO: PTC-SIG-G2-PF-EX-I-002
	SUBPROCESO DE EXTRUSION	NIVEL DE REVISIÓN: 0
	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	PAGINA: 3 de 4

- Sierra eléctrica
- Mecate
- Vernier
- Martillo de goma
- Pata de cabra
- Tobos
- Escaleras

6. PASOS:

Prestar apoyo para el encendido y arranque de la maquina de extrusion para la elaboracion de TPR.

1. Agregar material de purga por la escotilla superior del detector de metales de la extrusora, cuando el operador le indique al momento y la cantidad a agregar.
2. Cortar el material saliente de la extrusora con el cuchillo de sierra y realizar cortes de manera transversal de 1 a 1,5 metro hasta que estabilice el material y colocarlo en el piso de forma ordenada para su enfriamiento.
3. Esperar la notificación del operador para proceder a realizar el corte del material a la salida del mandril (N° 14 de la línea de producción 716 mm) ó del (mandril N° 16 de la línea de producción 816 mm) de manera longitudinal. Posteriormente hacer un corte en la superficial del material



PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
PERFILES
SUBPROCESO DE EXTRUSION
INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

CÓDIGO: PTC-SIG-G2-PF-
EX-I-002

NIVEL DE REVISIÓN: 0

PAGINA: 4 de 4

para luego realizar el dobles del material para unirlo con el mecate de
arrastre.



En la Tabla 35 se muestra la aplicación del formato de la metodología ESIDE para determinar las ventajas, desventajas, y desperdicio que se elimina o reduce con la normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión.

Tabla 36. Evaluación de normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012	
Solución	
Normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión.	
Esta propuesta consiste en la elaboración de un manual que contenga para cada uno de los procesos realizados en el área de extrusión la metodología de trabajo correspondiente, con la finalidad de evitar que los operadores y auxiliares de la línea realicen las actividades utilizando métodos diferentes.	
Ventajas	Desperdicio que elimina/reduce
✓ Normalización de los procesos de producción del área de extrusión. ✓ Permite establecer un control y seguimiento de la producción.	✓ Tiempo de cambio de producto. ✓ Demoras en el proceso.
Desventaja	
✓ N/A	
Inversión: 24.620 Bs (ver apéndice 10)	

6.10 Evaluación del impacto económico

A continuación se presenta la inversión total requerida y los beneficios asociados a la implementación de las mejoras planteadas anteriormente, con el objetivo de determinar el tiempo de pago de la inversión como evaluación de cuán rápido se recupera la inversión inicial si se decide implementar las mejoras.

6.10.1 Inversión

La inversión total de las mejoras planteadas comprende la sumatoria de los costos asociados a cada una de las soluciones tangibles para conocer cuánto es el monto total requerido que debe invertir la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A., si implementa las propuestas. En la Tabla 37 se muestran los costos de todas las propuestas.

Tabla 37. Inversión total

Descripción de las Propuestas	Costo Total (Bs)
Delimitación del almacén en tránsito.	1480
Implantación de un sistema de mantenimiento planificado.	31.118,02
Plan de adiestramiento para la implementación de un mantenimiento autónomo preventivo y correctivo.	12.571,54
Implementación de la metodología 5 S	7.470
Adquisición de una mesa elevadora neumática para el paletizado del perfil de tablero rígido.	17.000
Adquisición de una sierra caladora para el área de extrusión	9.000

Tabla 37. Inversión total. (Continuación)

Descripción de las Propuestas	Costo Total (Bs)
Diseño de un tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC	6.600
Aplicación de la metodología SMED	8.528
Normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión	24.620
Total	118.387,56

6.10.2 Beneficios.

Con la implementación de todas las mejoras, se logran obtener beneficios provenientes del ahorro por mano de obra y ahorro de los desperdicios que se disminuirán, así como y de la utilidad percibida por las unidades que se producirán adicionalmente.

BENEFICIOS TOTALES: Ahorro por mano de obra+ ahorro por desperdicios + Beneficios por utilidades adicionales percibidas.

Ahorro por mano de obra

Con la implementación de la propuesta Mesa Elevadora neumática y la sierra caladora, se disminuye el riesgo de lesiones músculo esqueléticas de alto a medio por tanto disminuye el costo ocasionado por ausencia laboral.

Según entrevistas realizadas a trabajadores, un auxiliar se ausenta de su puesto de trabajo por molestias lumbares, por dolores y esguince en la muñeca y hombro, en promedio 10 días al año.

La empresa cuenta con personal suplente a su disposición, al cual se le paga por días laborados.

Tomando como referencia el sueldo mínimo actual de 2047,48 Bs mensuales, diariamente un trabajador suplente devenga 73,33 Bs Pagos de suplencia = $(10\text{días/año} * 2\text{auxiliares} * 73,33\text{Bs/día})$ Pagos de suplencia = 1466,66 Bs/año.

Finalmente el ahorro por mano de obra será de **122,22 Bs/mes.**

Ahorro de costo por desperdicios.

La propuesta de implementar un plan de mantenimiento planificado, espera disminuir la cantidad de producto defectuoso en un 23%, eso representa 460 TPR/mes.

Beneficio de TPR ahorrados= $460\text{ TPR/mes} * 92\text{Bs/TPR} = 42.320\text{ Bs/mes}$

Además del ahorro que hay al disminuir la frecuencia de paradas no planificadas en un 25%, esto representa en promedio 11 paradas/mes. Recordando lo expuesto anteriormente, actualmente en la empresa cada vez que existe una parada no planificada se debe realizar un arranque en la línea de extrusión, este arranque genera un scrap de compuesto de PVC de 500 kg, si se dice que con la propuesta se espera una disminución de 11 paradas/mes entonces el ahorro será de 5500 kg/mes.

Si en el subproceso de mezcla un Bach de compuesto de PVC representa 140 kg, y según el departamento de compra para ese Bach de mezcla se genera un costo promedio de 325 Bs, entonces se puede estimar que al

disminuir 5500 kg/mes de compuesto de PVC, haciendo una regla de tres, se tiene como resultando un ahorro de 20.571,42 Bs/mes.

$$\begin{array}{rcl} 140 \text{ kg} & \text{—————} & 325 \text{ Bs} \\ 5500 \text{ kg/mes} & \text{—————} & x \end{array} \quad x = 12.767,85 \text{ Bs/mes}$$

Con la aplicación del tornillo para tomar muestra se espera una disminución del producto defectuoso de 32%, que representa 384 TPR/mes.

Beneficio de TPR ahorrados= 384 TPR/mes * 92Bs/TPR= 35.328 Bs/mes.

Beneficios por ahorro = 90.415,85 Bs/mes

Beneficios por utilidades adicionales percibidas.

Para estimar estos beneficios, se tomó el estándar actual de producción de Tablero de Perfil Rígido, se calculó el número de unidades adicionales que se producirán gracias a la implementación de las mejoras.

Cálculos:

Cálculo de piezas adicionales producidas con la implementación de la metodología SMED:

Piezas adicionales al mes= 120 min/PAP * 8 PAP/mes * 28 TPR/60min=
Piezas adicionales= 448 TPR/mes.

Cálculos de piezas adicionales producidas con la implementación del plan de mantenimiento planificado.

Se espera reducir en un 45% el tiempo de paradas no planificadas, que representa 1935 min/mes.

Piezas adicionales al mes= 1935 min/mes * 28 TPR/60min= 903 TPR/mes

Calculo de piezas adicionales producidas con implementación de 5s.

Piezas adicionales = 20 (min adicionales / Jor) * 3 Jor/dia * 28 (piezas/60min)* 30dias /mes.

Piezas adicionales al mes = 840 TPR/mes

Total de piezas adicionales al mes= 2191 TPR/mes

Beneficios por piezas adicionales= 2191 TPR/mes * 92Bs/mes

Beneficios por piezas adicionales = 201.572 Bs/mes

Beneficios Totales = 90.415,85 Bs/mes + 201.572 Bs/mes=

Beneficios Totales = 291.987,85 Bs/mes

6.10.3 Tiempo de Pago

El tiempo en que ha de recuperarse la inversión si todas las mejoras son implantadas simultáneamente se obtiene usando el modelo de evaluación económica Tiempo de Pago a través de la siguiente ecuación:

$$TP = \frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Beneficio}}$$

$$Tp = \frac{118.387,56 \text{ Bs}}{291,987,85 \text{ Bs/mes}} = 0,4 \text{ meses}$$

De acuerdo con el resultado anterior la inversión será recuperada en un período de 0,40 meses (12 días aproximadamente), lo que evidencia la viabilidad de las propuestas.

6.11 Plan de acción

El plan de acción necesario para la implementación de las propuestas de mejora, se utilizó el formato de la Metodología ESIDE, que considera la fecha de inicio, la fecha de culminación, los responsables de la ejecución y los recursos presupuestados, en la Tabla 38 se detalla el plan.

Tabla 38. Plan de acción de las propuestas de mejora.

ORGANIZACIÓN: PETROCASA MADERA SINTÉTICA S.A. SISTEMA DE ESTUDIO: Proceso de producción de TPR. SUBSISTEMA SELECCIONADO: Extrusión REALIZADO POR: A. Mosquera, E. Doria. FECHA: Noviembre 2012				
Acción a seguir	Fechas		Responsable	Recursos presupuestados (Bs)
	Inicio	Fin		
Implantación de un sistema de mantenimiento planificado.	15/10/12	3/12/12	Departamento de mantenimiento	22.283,44
Normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en el subproceso de extrusión	5/12/12	14/12/12	Especialistas en Normalización del Departamento de Sistema Integrado de Gestión/ Tesistas	24.620
Plan de adiestramiento para la implementación de un mantenimiento autónomo preventivo y correctivo.	17/12/12	05/01/13	Departamento de mantenimiento y mecánico especialista	13.857,38
Tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC	7/01/13	14/01/13	Departamento de compras/ Taller de herrería	6.600
Delimitación del almacén en tránsito.	7/01/13	9/01/13	Departamento de mantenimiento	1.060
Adquisición de una mesa neumática para el paletizado del perfil de tablero rígido.	14/01/13	21/01/13	Departamento de compras	9.000
Adquisición de una sierra para el área de extrusión.	14/01/13	21/01/13	Departamento de compras	9.000
Aplicación de la metodología SMED	14/01/13	21/01/13	Departamento de compras	7.280
Aplicación de la metodología 5 S	23/01/13	30/01/13	Departamento de mantenimiento	6.950

CONCLUSIONES

Durante el estudio se analizó todos los factores y desperdicios que afectan la línea de extrusión, para así dar comienzo al diseño de las propuestas de mejoras planteadas, que sugieren un incremento de productividad, detallando sus ventajas y aspecto más relevantes, cuya implementación no busca más que la mejora continua de los procesos y reducir o eliminar los desperdicios existente dentro de la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A.

Según los resultados obtenidos en la investigación y el análisis económico realizado, se concluyó lo siguiente:

- El objetivo general planteado fue alcanzado en su totalidad, pues se logró proponer mejoras, en el subproceso de extrusión, como diseños de dispositivos y herramientas que faciliten la ejecución de las actividades aprovechando mejor el tiempo en la jornadas de trabajo y reduciendo el esfuerzo físico de los trabajadores; aplicación de la metodología SMED, plan de mantenimiento planificado, implementación de la metodología 5s, entre otros, que sugieren un incremento de productividad, en el subproceso de extrusión de la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A. .
- Con la implementación del plan de mantenimiento planificado se reducirá en un 55 % el tiempo inoperativo de los equipos, esto se logró mediante el estudio de las fallas de los equipos en los años 2011 y 2012, donde se determinó que la causa principal de las fallas en las máquinas son mecánicas, principalmente en la matriz, máquina cortadora e intercambiador de calor. Gracias a los registros históricos se le realizó a estas fallas un análisis de supervivencia que permitió redefinir la frecuencia del mantenimiento preventivo a los equipos.

- Con la implementación del plan de mantenimiento planificado, la metodología SMED y la metodología 5S, se obtiene un aumento en la disponibilidad del 14, 28% y en la calidad de los TPR de 12,16%, se puede evidenciar que el incremento de estos indicadores conducirá al incremento de la productividad en el subproceso de extrusión.
- Con la implementación del plan de adiestramiento para lograr un mantenimiento autónomo, se logra la competitividad y la necesidad de mejorar e involucra más a los operarios y supervisores en la labor de mantenimiento.
- Mediante la implementación del plan de mantenimiento planificado, mejora la capacidad operativa de la planta, los procedimientos de mantenimiento, la vida útil de los equipos e introduce técnicas que mejoren el manejo de la información, reduciendo la frecuencia de las fallas en un 25% , con la actualización del plan de mantenimiento preventivo, evitando que la mayoría de las veces las acciones de mantenimiento se corrijan al momento que ocurran y así obtener un control más eficaz al momento de realizar una evaluación al desempeño del Departamento de Mantenimiento.
- Con la propuesta de adquisición de una mesa elevadora y la sierra caladora se disminuye el riesgo de lesión músculo esquelética de un nivel alto a medio y a su vez también se logra un manejo de materiales más eficiente.
- Se obtuvo la conversión del mayor número posible de actividades internas en externas, permitiendo esto una disminución de 55 min en los tiempos de preparación.

- Con la adquisición de la llave neumática permite una disminución en los tiempos de preparación.
- Con la implementación de la metodología 5's, se obtendrá un avance en cuanto a la distribución y ubicación de las herramientas e insumos necesarios durante el proceso, se disminuye el riesgo de accidentes y se incrementa significativamente el nivel de orden y limpieza.
- Con el diseño del tornillo para tomar muestra del compuesto de PVC, se obtiene una reducción de producto defectuoso en un 48%.
- En la disminución de tiempos se logró beneficios de suma importancia, como reducir tiempos improductivos que ayudara a obtener una mayor operatividad en la línea de extrusión y más disponibilidad de los equipos, en la reducción de los esfuerzos físicos ocasionado en el levantamiento del producto terminado y el corte del perfil, así como desarrollar proceso de puesta punta más eficientes y la motivación del personal al observar el interés de la empresa en proponer mejoras que beneficie el ambiente de trabajo.
- Mediante la aplicación de la metodología ESIDE, se verifico que es una metodología práctica y sencilla, ya que se proponen mejoras con un enfoque sistemático a través de la eliminación o reducción de desperdicios perteneciente al sistema, en nuestro caso el subproceso de extrusión de la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A.
- Con la implementación de todas las mejoras planteadas, se obtiene un beneficio de 271.011,85 Bs/mes por lo que se justifica la inversión de 118.387,56 Bs., la cual se recupera en 12 días.

RECOMENDACIONES

A continuación se presenta una serie de recomendaciones dirigidas a la Gerencia de perfiles, al Departamento de Mantenimiento y Calidad, de la empresa Petrocasa Madera Sintética S.A., que servirán de complemento a las propuestas planteadas para obtener mejores resultados en el proceso.

- Aplicación de todas las propuestas de mejoras planteadas en esta investigación, para así poder obtener un incremento en la productividad en el subproceso de extrusión.
- Motivar a los supervisores de la línea para que realicen una labor mas intensa en el seguimiento de las actividades realizadas y la reacción de los operarios con la implementación de las mejoras.
- Se recomienda realizar estudios de tiempos que permitan establecer nuevos estándares de producción y así obtener una mejor planificación de la misma.
- Acondicionar el área de extrusión con un sistema de ventilación que mejores las condiciones del ambiente de trabajo.
- Un buzón de sugerencia en el área de extrusión, y así trabajar siempre con la mejora continua del proceso.
- Que los operarios, supervisores y auxiliares, cumplan con sus implementos de seguridad y así evitar futuros accidentes en el área.

- Motivar al personal al trabajo en equipo, a fin de crear un ambiente de trabajo propicio, en el cual se sientan involucrados con las metas propuestas por la Gerencia de Perfiles.
- Se recomienda como método incentivo para los trabajadores de la línea de extrusión, una bonificación por aumento de productividad.
- Dotar de equipos y herramientas al Departamento de Calidad, que cumplan con las necesidades del análisis y estudio, y con esto reducir al máximo el producto defectuoso que pasa a los subprocesos siguientes.
- Se recomienda que el diseño del tornillo toma muestra se utilice como una solución temporal mientras se alcanza la estandarización del proceso mezcla.
- Se recomienda a la empresa realizar un análisis modal de fallas (AMEF), no solo a los equipos críticos sino a todos los que componen la línea de extrusión.

REFERENCIAS

- BURGOS, F (2009) Ingeniería de métodos: Calidad- Productividad. 2da Edición. Editado por Dirección de Medios y Publicaciones de la Universidad de Carabobo. Departamento de Producción Editorial. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- CARDONA, CASTILLO, (2009). Propuesta de mejoras para el incremento de productividad en una línea de producción de espirales de la empresa metalúrgica Carabobo S.A.Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- CASTILLO, A y NAVARRO, C (2008). Propuestas de mejoras para el incremento de la productividad en las celdas de mecanizado de discos con cubo de la empresa AFFINIA, C.A. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- CUATRECASAS y TORRELL (2010). Estrategias competitivas, TPM en un entorno Lean Management. Editorial Profit.
- GARCÍA, I Y VILLANUEVA, J (2009). Reducción de tiempos de fabricación con el sistema SMED.
- HAYES, WHEELWRIGHT Y CLARK, (1988). Productividad y la medición de la productividad. Documento en línea consultado en Octubre de 2012. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/economia/productividad-y-la-medicion-de-la-productividad.htm>
- LÓPEZ, N y MORENO M, (2012).Propuesta de mejoras que contribuyan con el incremento de la productividad en el proceso de fabricación de perfiles de PVC en la empresa PETROCASA PERFILES, S. A.- Planta Guacara, Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- MENDEZ, C. (2009). Metodología. Cuarta edición. México: Limusa.
- MONTERO Y NAVAS (2012), propuestas de mejora para aumentar la producción en la línea de ventanas de PETROCASA PERFILES S.A., Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- P.Botella Rocamora, M.A. Martínez-Beneito y M. Alacr  u-García, (2008). Documento en línea consultado en Enero de 2013. Introducción al análisis de supervivencia. Disponible en: <http://maphysco.ceuuch.es/~pbotella/IntroduccionalAnalisisdeSupervivenciaconR-Commander.pdf>

ORTIZ, F e ILLADA, R (2007). ESIDE y Diagramas Múltiples Herramientas para la Mejora Continua de los Procesos. Cuadernos de Ingeniería Industrial Numero 3. Universidad de Carabobo. Valencia. Venezuela.

RACHADELL F. y GÓMEZ E. (2003). Manejo de materiales. Universidad de Carabobo.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR (2006). Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales 4ta Edición. Caracas: Fedupel.

APÉNDICE

Apéndice 1.

Mano de obra, materiales, cantidades y costo necesarios para implementar la propuesta delimitación del almacén en tránsito.

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs)	Total (Bs)
Esmalte Rojo	Galón	1	400	400
Esmalte Negro	Galón	1	400	400
Brocha	Unidad	2	50	100
Tirro	Unidad	4	20	80
Mano de obra	Pintor	1	500	500
			Total	1480

Fuente: mercadolibre.com.ve

Apéndice 2.

Inversión requerida para la implementación de la propuesta del plan de mantenimiento planificado.

Mano de obra	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Bs/semana)	Total (Bs)
Especialista Mecánico	Semana/Hb	8	1712,87	13.702,96
Mecánico	Semana/Hb	3	1409,42	4.229,76
Auxiliar	Semana/Hb	6	1052,55	6.315,3
Ingeniero Mecánico	Semana/Hb	2	3750	7500
			Total	31.118,02

Fuente: R.R.H.H Petrocasa Madera Sintética S.A.

Apéndice 3

Los costos asociados a la propuesta plan de adiestramiento para la implementación de un mantenimiento autónomo, preventivo y correctivo, señalando las cantidades de personal y el sueldo devengado.

Mano de obra	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Bs/hora)	Total (Bs)
Supervisor de Mantenimiento	Hr/Hb	84	26,33	2211,72
Mecánico Especialista	Hr/Hb	84	30,58	2568,72
Mecánico	Hr/Hb	84	25,16	2113,54
Auxiliar Mecánico	Hr/Hb	84	18,79	1578,36
Operador	Hr/Hb	84	25,3	2125,2
Auxiliar Operador	Hr/Hb	84	23,5	1974
			Total	12.571,54

Fuente: R.R.H.H Petrocasa Madera Sintética S.A.

Apéndice 4.

Los costos asociados a la propuesta implementación de la metodología 5 S, señalando las cantidades de personal y el sueldo devengado.

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs)	Total (Bs)
Pintura Amarilla	Galón	1	400	400
Brocha	Unidad	2	50	100
Tirro	Unidad	4	20	80
Cepillo	Unidad	4	30	120
Guantes	Caja	2	80	160
Pala	Unidad	4	150	600
Tapa boca	Caja	2	350	700
Contenedores	Unidad	2	1350	2700
Estante	Unidad	2	1155	1610
Mano de obra	Pintor	2	500	1000
			Total	7.470

Fuente: www.mercadolibre.com.ve

Apéndice 5

Costos asociados a la propuesta, adquisición de una mesa neumática.

Materiales	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Bs/unidad)	Total (Bs)
Mesa Neumática	Plataforma de 0,90 x 1,20 metros, capacidad 200kg	2	8500	17.000
			Total	15.000

Fuente: www.mercadolibre.com.ve

Apéndice 6

Costos asociados a la propuesta, adquisición de sierra caladora.

Materiales	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Bs/unidad)	Total (Bs)
Sierra Caladora	Sierra caladora tipo taladro marca Milwaukee, 15 A, 3000 RPM	2	4.500	9.000
			Total	9.000

Fuente: www.mercadolibre.com.ve

Apéndice 7

Costos asociados a la propuesta 6, diseño de un tornillo para tomar muestra.

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs/unidad)	Total (Bs)
Lamina de aluminio	Rollo	5	1000	5000
Electrodo	Unidad	10	80	800
Mano de obra	-	2	400	800
			Total	6.600

Fuente: www.mercadolibre.com.ve; R.R.H.H de Petrocasa Madera Sintética S.A.

Apéndice 8

Costos asociados a la propuesta adquisición de llave neumática.

Materiales	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Bs/unidad)	Total (Bs)
Llave Neumática	Llave neumática de impacto de uso profesional, marca CAMPBELL HAUSFELD	2	3.190	6.380
Juego de dados	Juego de dados cuadrante de ½	1	900	900
Total				7.280

Fuente: mercadolibre.com.ve

Apéndice 9

Costos asociados a la propuesta adquisición de fresadora mototool

Materiales	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Bs/unidad)	Total (Bs)
Fresadora mototool	Motor de 2 A, 120 V, velocidad variable, Marca Black&Decker, modelo RTX-6	1	1.153	1.153
Total				1.153

Fuente: www.mercadolibre.com.ve

Apéndice 10

Costos asociados a la propuesta elaboración de un formato de control y verificación de herramientas.

Materiales	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Bs/unidad)	Total (Bs)
Hojas blanca	resma	1	70	70
Protectores plásticos	Carta	50	0.3	25
Total				95

Fuente: www.mercadolibre.com.ve

Apéndice 11

Costo total de la propuesta aplicación de metodología SMED

Descripción	Costo total Bs.
Adquisición de llave neumática	7.280
Adquisición de mototool	1.153
Diseño de un formato de control y verificación de herramientas	95
Total 8.528	

Fuente: mercadolibre.com.ve

Apéndice 12.

Costos asociados a la aplicación de la normalización de operaciones, actividades y tareas comprendidas en los subprocesos de extrusión.

Mano de obra	Cantidad	Costo (Bs/u)	Costo total (Bs)
Tesista de ingeniería industrial	2	1985	3970
Ingenieros industriales	2	6150	12300
Ingenieros en sistemas	1	6150	6150
Coordinador de turno	1	2200	2200
TOTAL			24.620 Bs

Fuente: R.R.H.H Petrocasa Madera Sintética S.A

Apéndice 13

Cronograma de actividades de para la implementación del plan de mantenimiento planificado

Tarea		Duración (Días)	Inicio	Fin	Recursos
Análisis y conocimiento de la condición actual operativa de los equipos.		7	Jue 15/10/2012	Mie 22/10/2012	Especialista, Mecánicos y Auxiliares.
Establecimiento de un sistema de control		-	-	-	-
Establecimiento de un sistema de mantenimiento sistemático.	Selección de equipos	15	25/10/2012	9/11/2012	Especialista, Mecánicos y Auxiliares.
	Planificación del mantenimiento	10	12/11/2012	22/11/2012	Especialista, Mecánicos y Auxiliares.
	Estandarización	8	25/11/2012	3/12/2012	Especialista, Mecánicos y Auxiliares.
Control de la evolución		30	-	-	Especialista
Evaluación del mantenimiento planificado		-	-	-	Supervisor de mantenimiento

Apéndice 14.

Plan de mantenimiento preventivo actual línea 4

Equipo	Actividad	Frecuencia (días)				
		SF	7	15	30	60
Intercambiador de calor	Limpieza de electroválvulas				X	
	Limpieza del filtro				X	
Máquina cortadora	Calibración en el sistema de corte				X	
	Ajuste en tornillería					X
	Ajuste en el pisto que alza la sierra					X
Matriz	Ajuste de tornillería de los porta-mandriles	X				
	Chequeo de la termocupla	X				

Fuente: Departamento de mantenimiento Petrocasa Madera Sintética S.A

Apéndice 15.

Plan de mantenimiento preventivo actual línea 5

Equipo	Actividad	Frecuencia (días)				
		SF	7	15	30	60
Intercambiador de calor	Limpieza de electroválvulas				X	
	Limpieza del filtro				X	
Máquina cortadora	Calibración en el sistema de corte				X	
	Ajuste en la longitud de corte					X
	Ajuste de tornillería					X
Matriz	Ajuste en la tornillería de los porta-mandriles	X				
	Chequeo en la termocupla	X				

Fuente: Departamento de mantenimiento Petrocasa Madera Sintética S.A

Apéndice 16.

Frecuencia de mantenimiento en la matriz en la línea 4

Matriz			
Desajuste de los portamandriles		Falla en la termocupla	
Fecha	Duración	Fecha	Duración
15/04/2011	20	30/04/2011	26
05/05/2011	13	26/05/2011	6
18/05/2011	18	01/06/2011	11
05/06/2011	12	12/06/2011	17
17/06/2011	8	29/06/2011	24
25/06/2011	14	23/07/2011	19
09/07/2011	17	11/08/2011	13
26/07/2011	19	24/08/2011	7
14/08/2011	10	31/08/2011	15
24/08/2011	13	15/09/2011	18
06/09/2011	16	03/10/2011	10
22/09/2011	24	13/10/2011	23
16/10/2011	12	05/11/2011	16
28/10/2011	10	21/11/2011	14
07/11/2011	13	05/12/2011	8
20/11/2011	12	13/12/2011	19
02/12/2011	10	01/01/2012	12
12/12/2011	9	13/01/2012	20
21/12/2011	6	02/02/2012	11
27/12/2011	16	13/02/2012	14
12/01/2012	6	27/02/2012	22
18/01/2012	13	20/03/2012	15
31/01/2012	13	04/04/2012	18
13/02/2012	12	22/04/2012	13
25/02/2012	7	05/05/2012	9
03/03/2012	5	14/05/2012	26
08/03/2012	8	09/06/2012	24
16/03/2012	7	03/07/2012	17
23/03/2012	12	20/07/2012	14
04/04/2012	8	03/08/2012	21
12/04/2012	7	24/08/2012	16
19/04/2012	12	09/09/2012	
01/05/2012	8		
09/05/2012	11		
20/05/2012	9		
29/05/2012	14		
12/06/2012	11		
23/06/2012	10		

Apéndice 16 (continuación)

03/07/2012	7
10/07/2012	8
18/07/2012	9
27/07/2012	15
11/08/2012	5
16/08/2012	4
20/08/2012	9
29/08/2012	5
03/09/2012	6
09/09/2012	7
16/09/2012	12
28/09/2012	

Apéndice 17.

Frecuencia de mantenimiento en el sistema de corte en la línea 4

Sistema de corte					
Descalibración		Desajuste de la tornillería		Desajuste del pistón que alza la sierra	
Fecha	Duración	Fecha	Duración	Fecha	Duración
27/04/2011	10	04/05/2011	17	28/02/2011	25
07/05/2011	8	21/05/2011	16	25/03/2011	28
15/05/2011	16	06/06/2011	23	22/04/2011	23
31/05/2011	15	29/06/2011	20	15/05/2011	16
15/06/2011	4	19/07/2011	10	31/05/2011	14
19/06/2011	11	29/07/2011	11	14/06/2011	10
30/06/2011	18	09/08/2011	15	24/06/2011	19
18/07/2011	3	24/08/2011	16	13/07/2011	27
21/07/2011	7	09/09/2011	8	09/08/2011	20
28/07/2011	6	17/09/2011	19	29/08/2011	21
03/08/2011	10	06/10/2011	14	19/09/2011	24
13/08/2011	9	20/10/2011	11	13/10/2011	18
22/08/2011	17	31/10/2011	17	31/10/2011	30
08/09/2011	2	17/11/2011	6	30/11/2011	25
10/09/2011	15	23/11/2011	19	25/12/2011	27
25/09/2011	13	12/12/2011	21	21/01/2012	13
08/10/2011	5	02/01/2012	14	03/02/2012	16
13/10/2011	15	16/01/2012	8	19/02/2012	20
28/10/2011	14	24/01/2012	16	10/03/2012	23

Apéndice 17. (Continuación)

11/11/2011	7	09/02/2012	11	02/04/2012	19
18/11/2011	6	20/02/2012	7	21/04/2012	18
24/11/2011	12	27/02/2012	19	09/05/2012	24
06/12/2011	8	17/03/2012	13	02/06/2012	20
14/12/2011	5	30/03/2012	9	22/06/2012	29
19/12/2011	11	08/04/2012	22	21/07/2012	16
30/12/2011	14	30/04/2012	15	06/08/2012	28
13/01/2012	9	15/05/2012	8	03/09/2012	22
22/01/2012	11	23/05/2012	16	25/09/2012	
02/02/2012	6	08/06/2012	9		
08/02/2012	13	17/06/2012	22		
21/02/2012	8	09/07/2012	7		
29/02/2012	3	16/07/2012	14		
03/03/2012	7	30/07/2012	12		
10/03/2012	13	11/08/2012	20		
23/03/2012	5	31/08/2012	16		
28/03/2012	8	16/09/2012			
05/04/2012	16				
21/04/2012	11				
02/05/2012	6				
08/05/2012	15				
23/05/2012	12				
04/06/2012	11				
15/06/2012	17				
02/07/2012	5				
07/07/2012	9				
16/07/2012	7				
23/07/2012	11				
03/08/2012	8				
11/08/2012	12				
23/08/2012	6				
29/08/2012	13				
11/09/2012	6				
17/09/2012	10				
27/09/2012					

Apéndice 18.

Frecuencia de mantenimiento en el intercambiador de calor en la línea 4

Intercambiador de calor			
Limpieza de electroválvulas		Limpieza del filtro	
Fecha	Duración	Fecha	Duración
21/05/2011	13	26/06/2011	17
03/06/2011	17	13/07/2011	12
20/06/2011	16	25/07/2011	16
06/07/2011	22	10/08/2011	5
28/07/2011	7	15/08/2011	22
04/08/2011	10	06/09/2011	19
14/08/2011	21	25/09/2011	9
04/09/2011	18	04/10/2011	13
22/09/2011	12	17/10/2011	15
04/10/2011	15	01/11/2011	18
19/10/2011	11	19/11/2011	21
30/10/2011	19	10/12/2011	16
18/11/2011	23	26/12/2011	11
11/12/2011	16	06/01/2012	20
27/12/2011	17	26/01/2012	13
13/01/2012	9	08/02/2012	17
22/01/2012	14	25/02/2012	14
05/02/2012	18	10/03/2012	18
23/02/2012	22	28/03/2012	9
16/03/2012	10	06/04/2012	19
26/03/2012	9	25/04/2012	15
04/04/2012	11	10/05/2012	10
15/04/2012	8	20/05/2012	7
23/04/2012	17	27/05/2012	11
10/05/2012	16	07/06/2012	20
26/05/2012	20	27/06/2012	16
15/06/2012	13	13/07/2012	13
28/06/2012	7	26/07/2012	21
05/07/2012	14	16/08/2012	17
19/07/2012	16	02/09/2012	14
04/08/2012	15	16/09/2012	
19/08/2012	12		
31/08/2012	10		
10/09/2012			

Apéndice 19.

Frecuencia de mantenimiento en la matriz en la línea 5

Matriz			
Desajuste de los portamandriles		Falla en la termocupla	
Fecha	Duración	Fecha	Duración
20/03/2011	13	31/03/2011	16
02/04/2011	12	16/04/2011	11
14/04/2011	20	27/04/2011	17
04/05/2011	9	14/05/2011	24
13/05/2011	19	07/06/2011	19
01/06/2011	16	26/06/2011	23
17/06/2011	26	19/07/2011	14
13/07/2011	23	02/08/2011	15
05/08/2011	13	17/08/2011	18
18/08/2011	12	04/09/2011	20
30/08/2011	7	24/09/2011	23
06/09/2011	25	17/10/2011	16
01/10/2011	18	02/11/2011	14
19/10/2011	16	16/11/2011	16
04/11/2011	12	02/12/2011	19
16/11/2011	8	21/12/2011	12
24/11/2011	17	02/01/2012	20
11/12/2011	12	22/01/2012	21
23/12/2011	28	12/02/2012	14
20/01/2012	11	26/02/2012	22
31/01/2012	9	19/03/2012	15
09/02/2012	14	03/04/2012	18
23/02/2012	11	21/04/2012	13
05/03/2012	10	04/05/2012	19
15/03/2012	27	23/05/2012	26
11/04/2012	18	18/06/2012	24
29/04/2012	10	12/07/2012	17
09/05/2012	15	29/07/2012	14
24/05/2012	24	12/08/2012	21
17/06/2012	14	02/09/2012	16
01/07/2012	19	18/09/2012	
20/07/2012	17		
06/08/2012	12		
18/08/2012	29		
16/09/2012	12		
28/09/2012			

Apéndice 20.

Frecuencia de mantenimiento en el sistema de corte en la línea 5

Sistema de corte					
Descalibración		Desajuste de la tornillería		Desajuste del piston que alza la sierra	
Fecha	Duración	Fecha	Duración	Fecha	Duración
27/03/2011	14	21/01/2011	29	15/01/2011	27
10/04/2011	17	19/02/2011	31	11/02/2011	38
27/04/2011	15	22/03/2011	24	21/03/2011	31
12/05/2011	12	15/04/2011	28	21/04/2011	34
24/05/2011	18	13/05/2011	30	25/05/2011	37
11/06/2011	26	12/06/2011	29	01/07/2011	30
07/07/2011	11	11/07/2011	24	31/07/2011	23
18/07/2011	14	04/08/2011	27	23/08/2011	27
01/08/2011	19	31/08/2011	33	19/09/2011	33
20/08/2011	21	03/10/2011	29	22/10/2011	29
10/09/2011	16	01/11/2011	32	20/11/2011	36
26/09/2011	13	03/12/2011	25	26/12/2011	23
09/10/2011	14	28/12/2011	18	18/01/2012	31
23/10/2011	23	15/01/2012	33	18/02/2012	26
15/11/2011	7	17/02/2012	39	15/03/2012	28
22/11/2011	13	27/03/2012	22	12/04/2012	40
05/12/2011	17	18/04/2012	27	22/05/2012	30
22/12/2011	18	15/05/2012	34	21/06/2012	26
09/01/2012	16	18/06/2012	21	17/07/2012	38
25/01/2012	11	09/07/2012	40	24/08/2012	32
05/02/2012	13	18/08/2012	26	25/09/2012	
18/02/2012	15	13/09/2012			
04/03/2012	21				
25/03/2012	16				
10/04/2012	17				
27/04/2012	11				
08/05/2012	19				
27/05/2012	7				
03/06/2012	11				
14/06/2012	18				
02/07/2012	12				
14/07/2012	26				
09/08/2012	13				
22/08/2012	16				
07/09/2012					

Apéndice 21.

Frecuencia de mantenimiento en el intercambiador de calor en la línea 5

Intercambiador de calor			
Limpieza de electroválvulas		Limpieza del filtro	
Fecha	Duración	Fecha	Duración
15/03/2011	18	26/08/2011	13
02/04/2011	16	08/09/2011	21
18/04/2011	10	29/09/2011	16
28/04/2011	22	15/10/2011	5
20/05/2011	17	20/10/2011	12
06/06/2011	20	01/11/2011	19
26/06/2011	8	20/11/2011	9
04/07/2011	18	29/11/2011	13
22/07/2011	12	12/12/2011	15
03/08/2011	15	27/12/2011	18
18/08/2011	23	14/01/2012	23
10/09/2011	19	06/02/2012	8
29/09/2011	18	14/02/2012	11
17/10/2011	12	25/02/2012	16
29/10/2011	21	12/03/2012	13
19/11/2011	9	25/03/2012	7
28/11/2011	14	01/04/2012	14
12/12/2011	18	15/04/2012	13
30/12/2011	20	28/04/2012	9
19/01/2012	10	07/05/2012	15
29/01/2012	15	22/05/2012	8
13/02/2012	23	30/05/2012	10
07/03/2012	19	09/06/2012	7
26/03/2012	17	16/06/2012	11
12/04/2012	16	27/06/2012	20
28/04/2012	26	17/07/2012	6
24/05/2012	13	23/07/2012	13
06/06/2012	11	05/08/2012	21
17/06/2012	24	26/08/2012	7
11/07/2012	16	02/09/2012	14
27/07/2012	15	16/09/2012	
11/08/2012	21		
01/09/2012	10		
11/09/2012			

Apéndice 22. Actividades de mantenimiento mes de Junio de 2012.

Área	Equipo	Actividades	Frecuencia	Duración (horas)	Categoría	Especialidad
Extrusión	Línea 4	Desajuste de la tornillería de la maquina cortadora.	SF	0,83	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Ajuste de bobina.	SF	0,6	Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Limpieza del filtro	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Ajuste de manilla de la mesa de calibración.	SF	0,65	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Descalibración de la maquina cortadora.	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste de los portamandriles	SF	0,45	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Ajuste del sistema del contador métrico.	SF	0,43	Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Desajuste de la tornillería de la maquina cortadora.	SF	0,7	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Limpieza del filtro	SF	0,6	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste del pistón que alza la sierra	SF	0,8	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Calibración del sensor de corte.	SF	0,25	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste de los portamandriles	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Cambio de bobina de electroválvula del intercambiador.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste del pistón que alza la sierra	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Cambio de fusible.	SF	0,35	Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Descalibración de la maquina cortadora.	SF	0,5	Correctivo	Mecánico

Apéndice 23. Actividades de mantenimiento mes de Junio de 2012.

Área	Equipo	Actividad	Frecuencia	Duración	Categoría	Especialidad
Extrusión	Línea 5	Descalibración de la maquina cortadora.	SF	0.7	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Cambio de matriz	SF	8	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Ajuste del selector del intercambiador.	SF	0,16	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Ajuste transversal del calibrador y la bañera.	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Desajuste del pistón que alza la sierra.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Alineación de la sierra	SF	0,41	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de la válvula del sistema del llenado de tanque.	SF	1	Correctivo	Electricista.
Extrusión	Línea 5	Limpieza de los filtros de la bañera.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de los tanques de la bañera.	Semestral	5	Preventivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Desajuste del pistón que alza la sierra	SF	1,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza del filtro	SF	0,45	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Instalación de los microswich de corte.	SF	1	Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 5	Falla en la termocupla	SF	0.31	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Desajuste de la tornillería de la maquina cortadora.	SF	0,7	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	fuga de agua de la mesa del calibrador.	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Desmontaje de los mandriles.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Descalibración de la maquina cortadora..	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Desmontaje de mandriles y portamandriles.	SF	1	Correctivo	Mecánico

Apéndice 24. Actividades de mantenimiento mes de Julio de 2012.

Área	Equipo	Actividad	Frecuencia	Duración	Categoría	Especialidad
Extrusión	Línea 4	Limpieza de filtro del intercambiador.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Montaje del intercambiador agua aceite.	SF	3	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste de los portamandriles	SF	0,25	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Montaje de las mangueras de recirculación de agua.	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Montaje de la matriz	SF	8	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Mantenimiento de los mandriles, portamandriles y placa.	SF	2	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Organización de las mangueras de los intercambiadores.	SF	0,25	Extra	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Limpieza del filtro del intercambiador.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste del pistón que alza la sierra	SF	0,8		Mecánico
Extrusión	Línea 4	Preventivo eléctrico.	Anual		Preventivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Desajuste de los portamandriles	SF	0,45	Preventivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Reparación de la sierra.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Reparación de la oruga.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste de los portamandriles.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desmontaje de mandriles y portamandirles	Mensual	2	Preventivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Sistema de degasificación.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Limpieza de matriz	SF	5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Cambio de matriz	SF	4	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Cambio de matriz	SF	6	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Cambio de matriz	SF	7	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Falla en la termocupla	SF	0,23	Correctivo	Mecánico

Apéndice 25. Actividades de mantenimiento mes de Julio de 2012.

Área	Equipo	Actividad	Frecuencia	Duración	Categoría	Especialidad
Extrusión	Línea 5	Limpieza del calibrador	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza del desgacificador	SF	0,33	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de los mandriles	SF	1,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de los filtros de los intercambiadores.	SF	0.45	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de los mandriles	SF	1,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de la matriz	SF	3	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de mandriles y portamandriles.	SF	2	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Reemplazo de la termocupla	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Revisión del sistema de corte	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Lubricación del sistema de corte	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Cambio de matriz	SF	4	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza del sistema de desgasificación	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Cambio de matriz	SF	5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza del sistema de desgasificación	SF	0,33	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Falla en la termocupla	SF	0,30	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza en los filtros de los intercambiadores	SF	1,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Limpieza de la placa de enfriamiento.	SF	0,7	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Desajuste de la tornillería de la maquina cortadora.	SF	0,45	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 5	Desajuste del pistón que alza la sierra	SF	1	Correctivo	Mecánico

Apéndice 26. Actividades de mantenimiento mes Agosto de 2012.

Área	Equipo	Actividad	Frecuencia	Duración	Categoría	Especialidad
Extrusión	Línea 4	Cambio de patine de la sierra.	SF	2	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste de los portamandriles	SF	0,35	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste de los portamandriles	SF	0,6	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Descalibracion de la maquina cortadora.	SF	0,7	Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Cambio de matriz.	SF	6	Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Chequeo de termocuplas.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Limpieza del filtro de los intercambiadores	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Colocar el pulsador manual en el sistema mecánico.	SF	1,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste de la tornillería de la maquina cortadora.	SF	0,43	Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Desajuste de la tornillería de la maquina cortadora.	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Corregir fuga de compuesto.	SF	1	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Limpieza de los mandriles	SF	2	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Falla en la termocupla.	SF	0,15	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desmontaje de resistencia del adaptador 1 y 2.	SF		Correctivo	Electricista
Extrusión	Línea 4	Cambio de matriz.	SF	0,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Descalibración de la maquina cortadora.	SF	0,33	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desmontaje de mandriles y portamandriles.	SF	1,5	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Desajuste del pistón que alza la sierra	Mensual	1,2	Correctivo	Mecánico
Extrusión	Línea 4	Cambio de matriz.	Semestral	.2	Correctivo	Mecánico

Apéndice 27.

Análisis de supervivencia por desajuste del pistón que alza la sierra en la línea 4

- Desajuste del pistón que alza la sierra

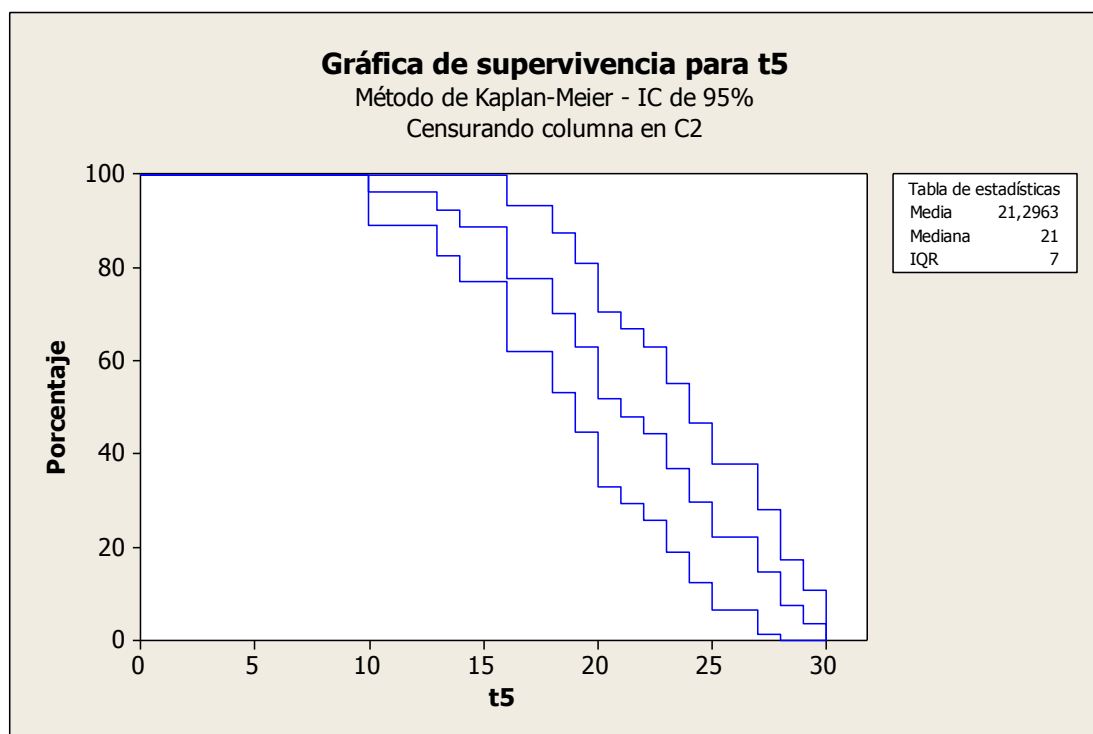


Figura 51. Análisis de supervivencia por desajuste del pistón que alza la sierra

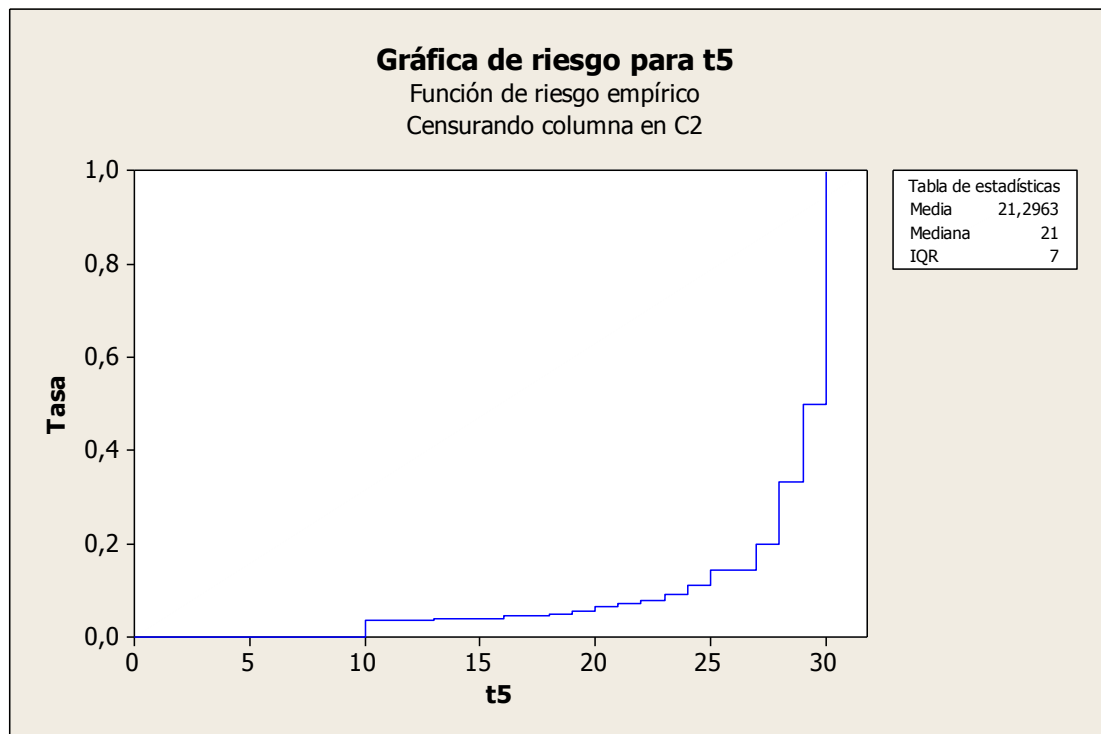


Figura 52. Análisis de riesgo por desajuste del pistón que alza la sierra

En la Figura 51 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la máquina cortadora de la línea 4 está alrededor de 21,29 días con un intervalo de confianza del 95% entre 19 días y 23 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 21,29 días. Por último el Figura 52 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 26 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la máquina cortadora en la línea 4.

Apéndice 28.

Análisis de supervivencia por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles en la línea 4.

- Desajuste en la tornillería de los porta-mandriles

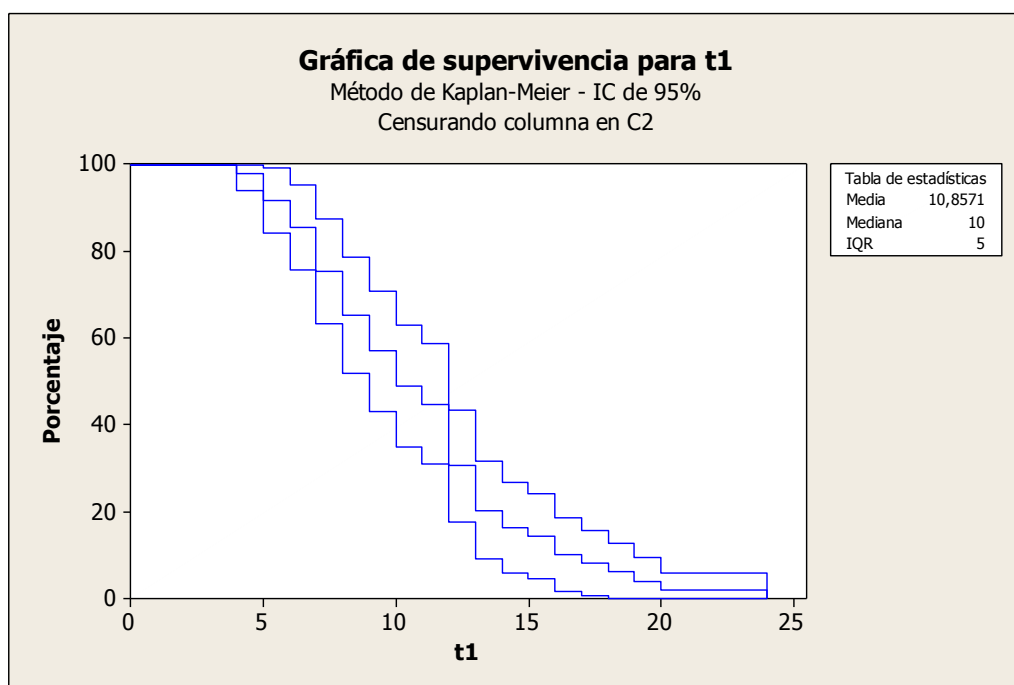


Figura 53. Análisis de supervivencia por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles



Figura 54. Análisis de riesgo por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles

En la Figura 53 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la matriz en la línea 4, está alrededor de 21,29 días con un intervalo de confianza del 95% entre 19 días y 23 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 21,29 días. Por último en la Figura 54 describe que a medida que transcurre el tiempo el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 26 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la matriz en la línea 4.

Apéndice 29.

Análisis de supervivencia en la falla en la termocupla en la línea 4

➤ Falla en la termocupla

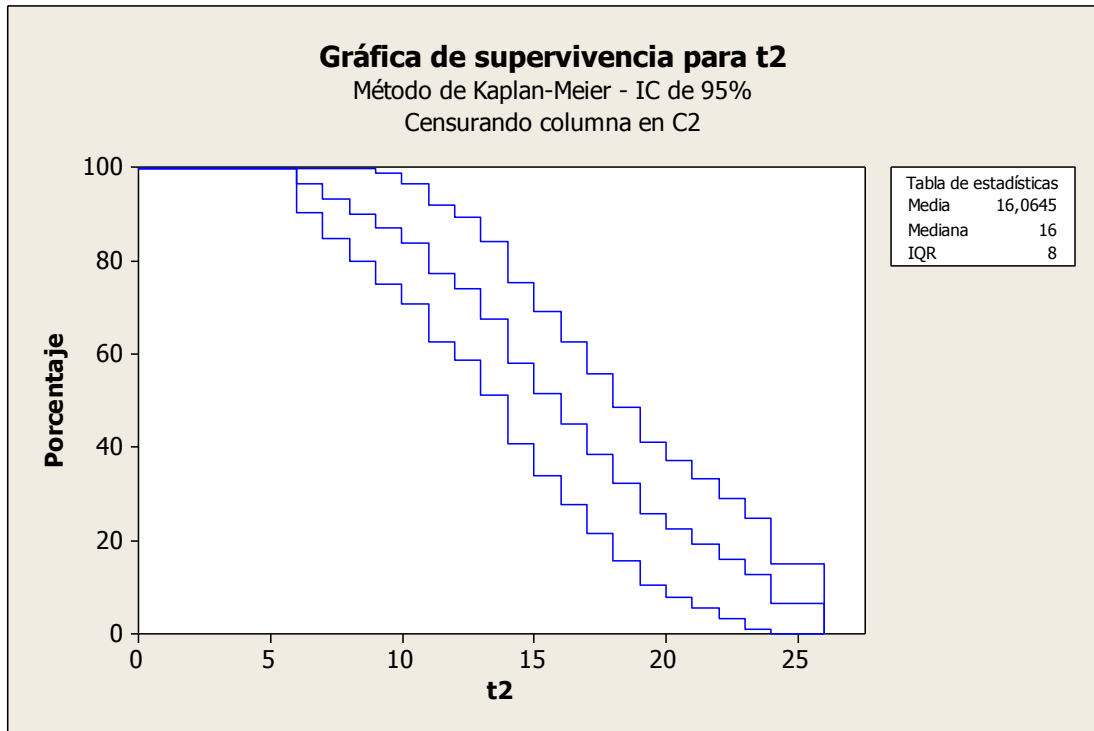


Figura 55. Análisis de supervivencia en la falla en la termocupla

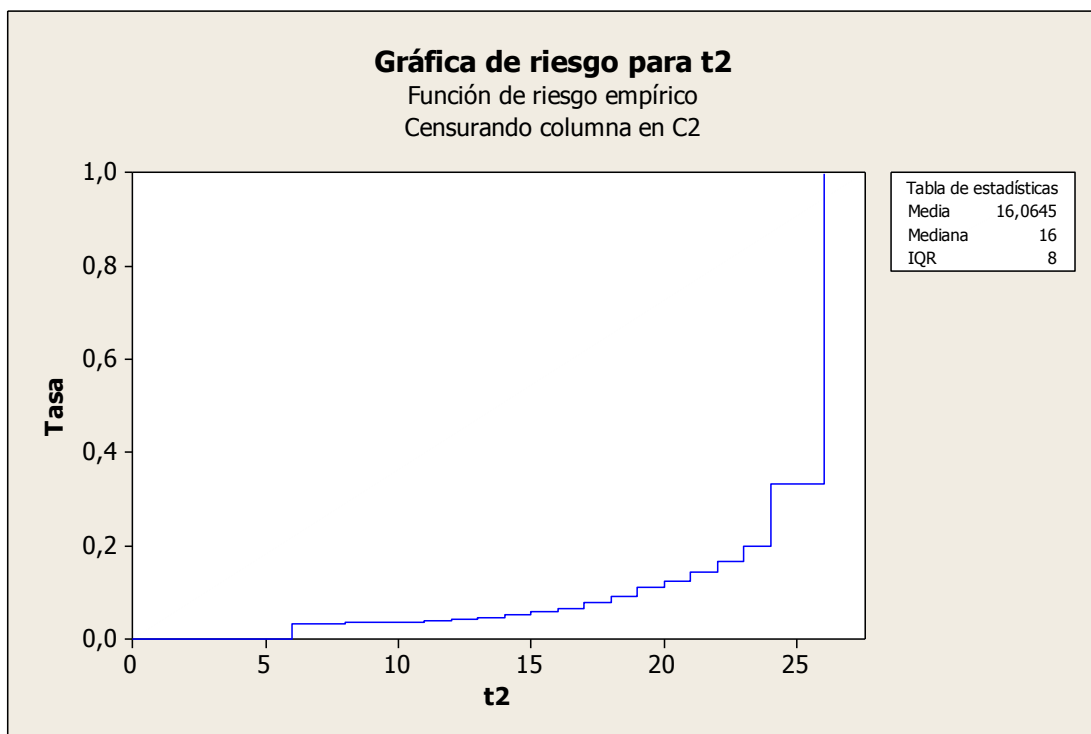


Figura 56. Análisis de riesgo en la falla en la termocupla

En la Figura 55 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la matriz de la línea 4 está alrededor de 16,06 días con un intervalo de confianza del 95% entre 14 días y 18 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 16,06 días. Por último en la Figura 56 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 22 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la matriz en la línea 4.

Apéndice 30.

Análisis de supervivencia de las fallas en el intercambiador de calor en la línea 5.

➤ Fallas en las electroválvulas

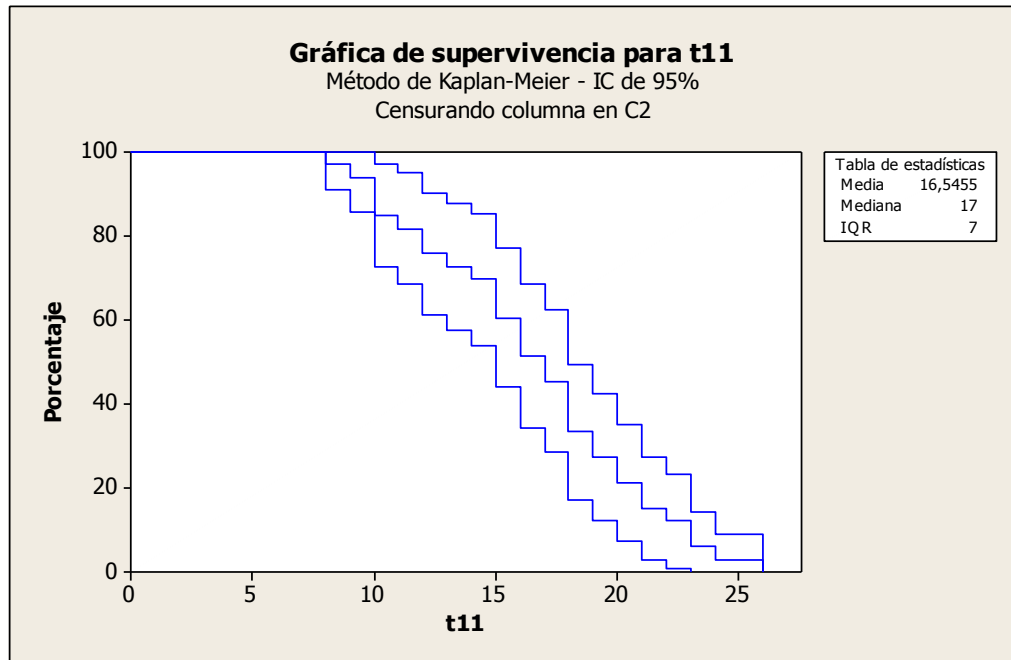


Figura 57. Análisis de supervivencia fallas en las electroválvulas

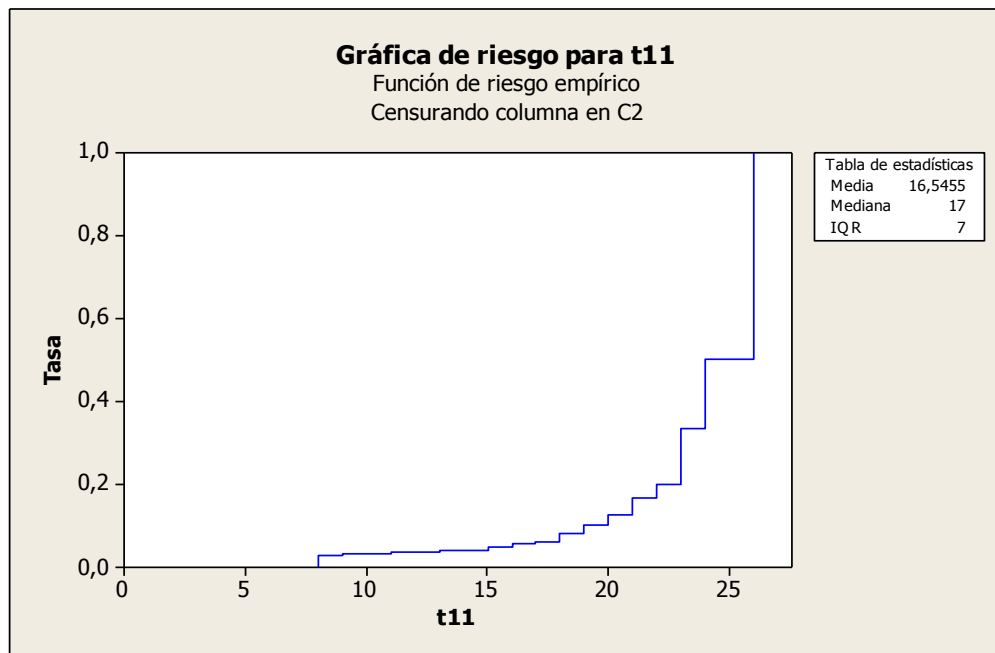


Figura 58. Análisis de riesgo fallas en las electroválvulas

En la Figura 57 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia del intercambiador de calor está alrededor de 16,54 días con un intervalo de confianza del 95% entre 15 días y 18 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 16,54 días. Por último en la Figura 58 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 23 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo del intercambiador de calor en la línea 5.

Apéndice 31.

Análisis de supervivencia de los filtros obstruidos con virutas en la línea 5.

- Filtros obstruidos con virutas.

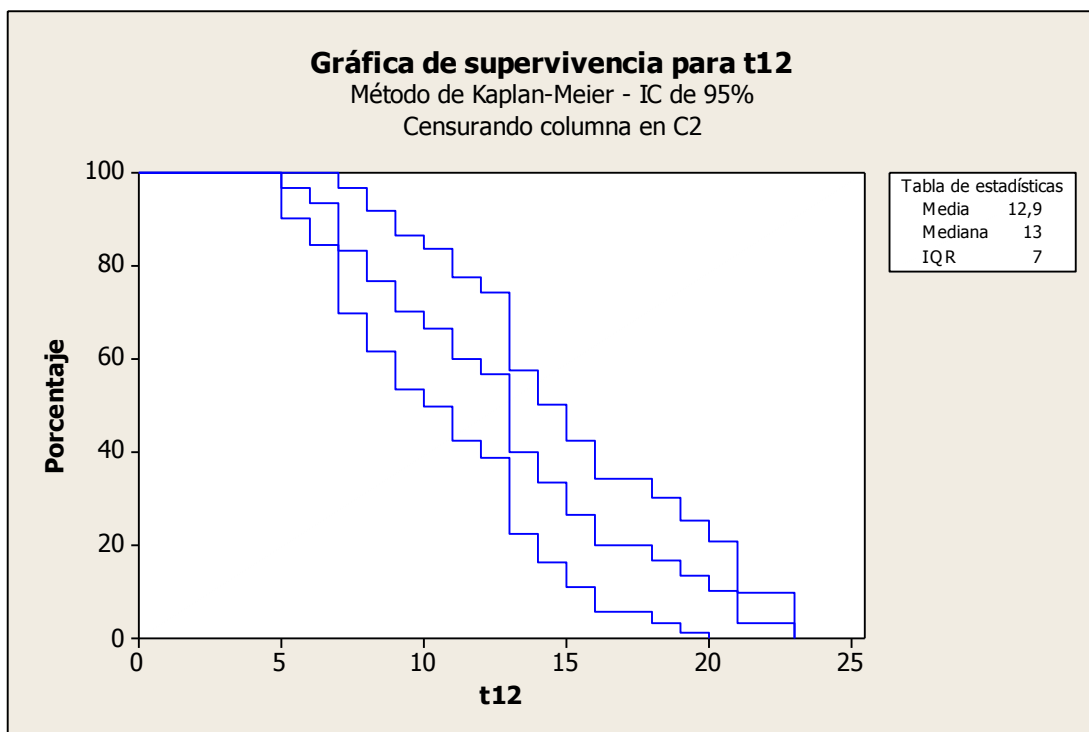


Figura 59. Análisis de supervivencia de los filtros obstruidos con virutas.

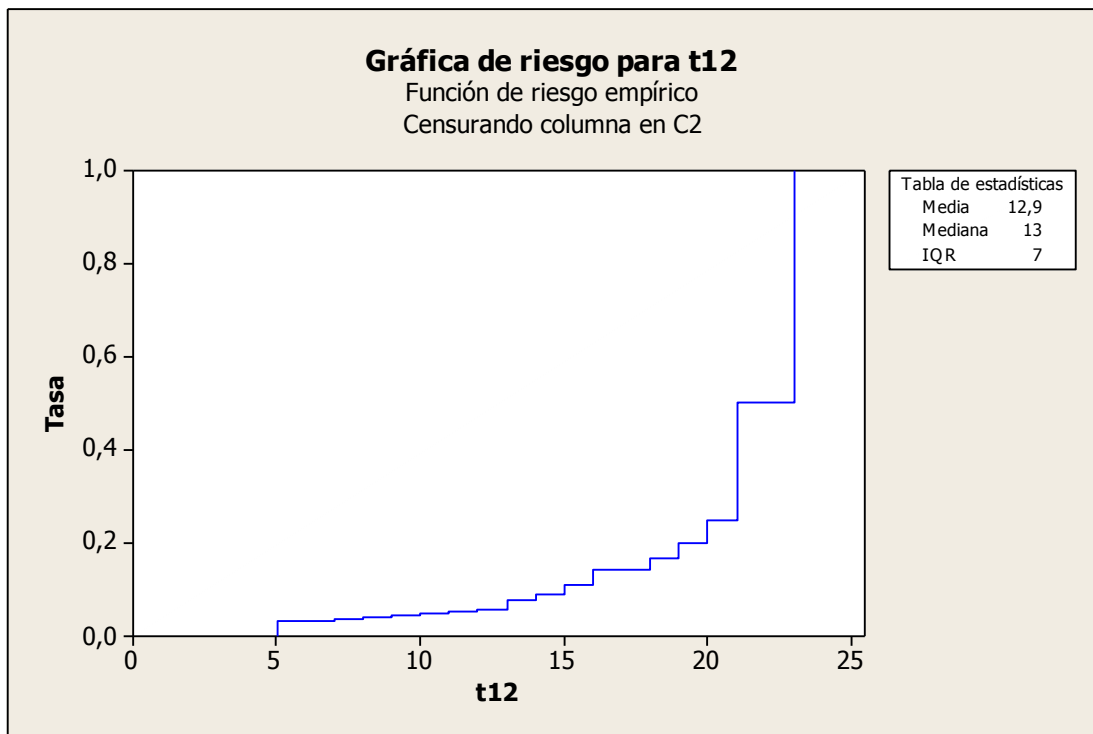


Figura 60. Análisis de riesgo de los filtros obstruidos con virutas.

En la Figura 59 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia del intercambiador de calor está alrededor de 12,9 días con un intervalo de confianza del 95% entre 11 días y 15 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 12,9 días. Por último en la Figura 60 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 21 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo del intercambiador de calor en la línea 5.

Apéndice 32.

Análisis de supervivencia de las fallas en la máquina cortadora en la línea 5.

- Descalibración en el sistema de corte

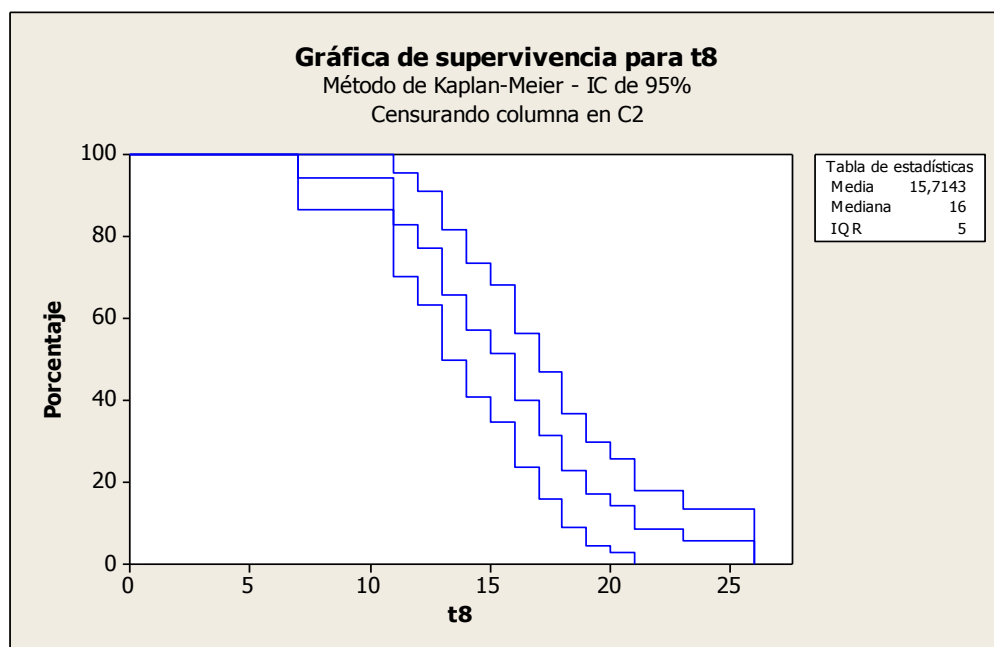


Figura 61. Análisis de supervivencia por la descalibración en el sistema de corte

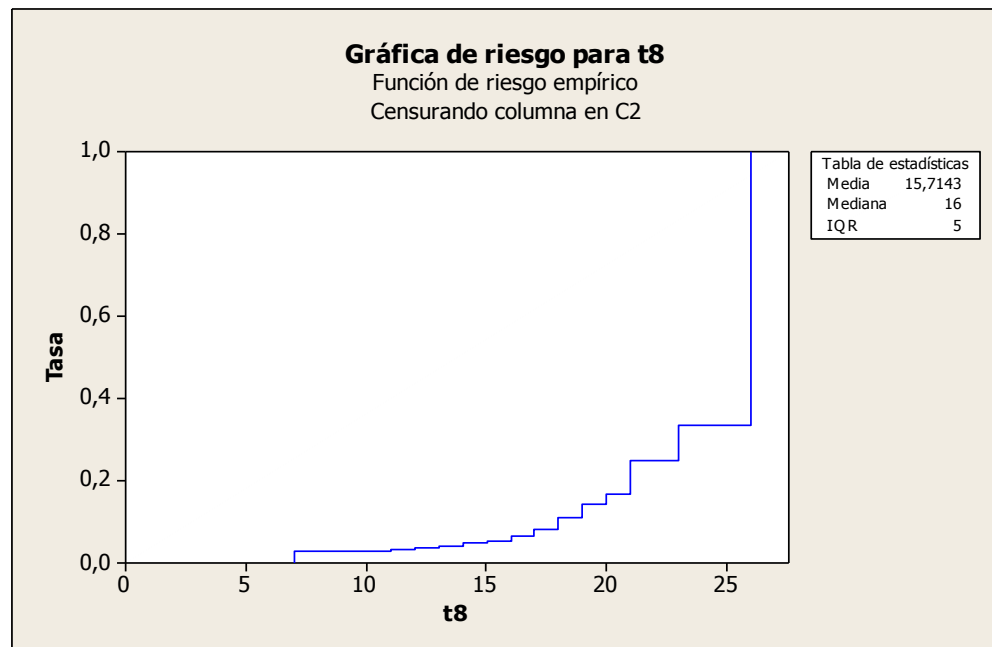


Figura 62. Análisis de riesgo por la descalibración en el sistema de corte

En la Figura 61 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la maquina cortadora está alrededor de 15,71 días con un intervalo de confianza del 95% entre 14 días y 17 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 15,7 días. Por último en la Figura 62 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 22 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la máquina cortadora en la línea 5.

Apéndice 33.

Análisis de supervivencia en el desajuste de la longitud de corte de la línea 5.

- Desajuste de la longitud de corte.

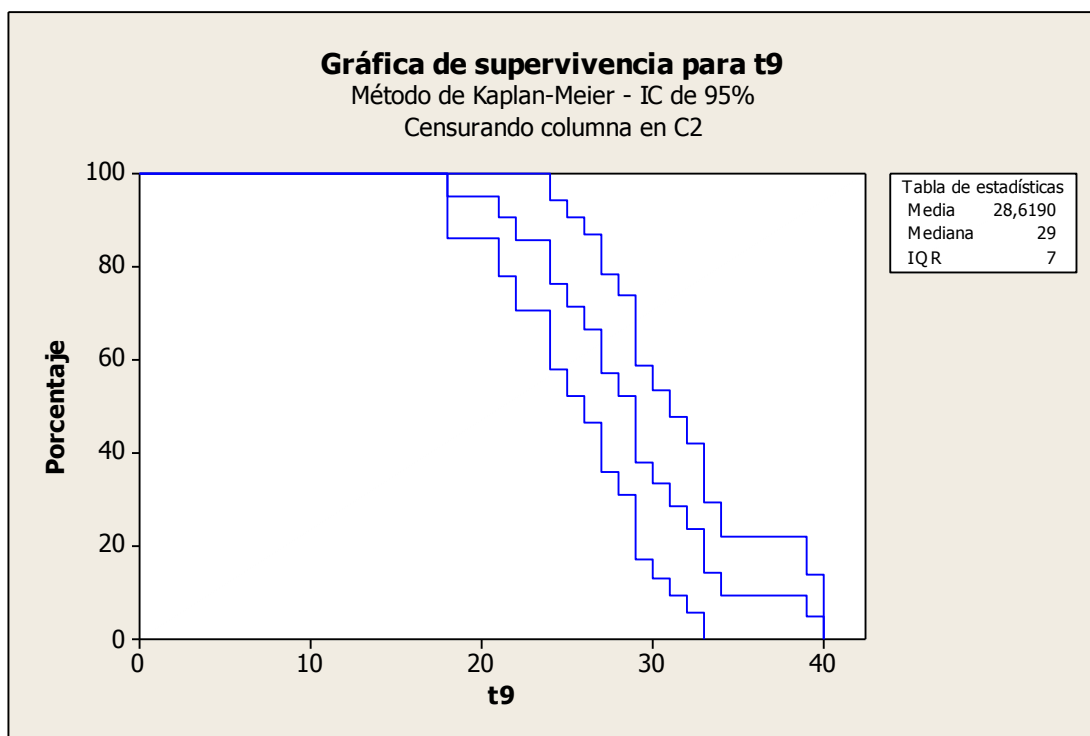


Figura 63. Análisis de supervivencia en el desajuste de la longitud de corte

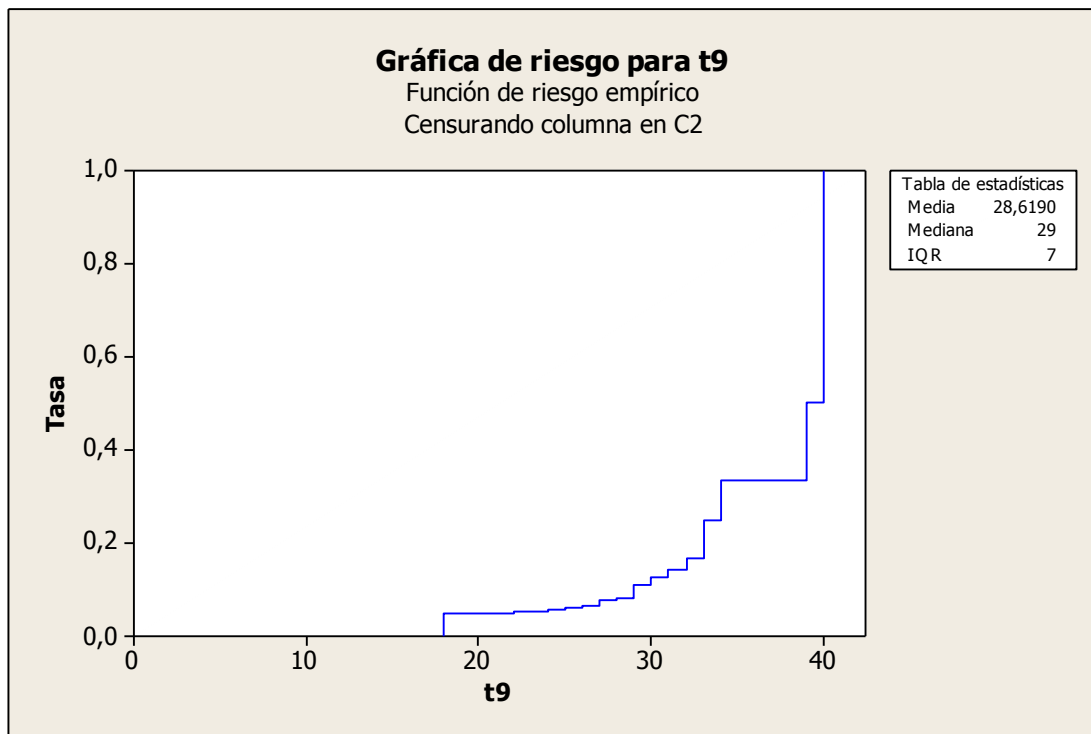


Figura 64. Análisis de riesgo en el desajuste de la longitud de corte

En la Figura 63 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la maquina cortadora está alrededor de 26,90 días con un intervalo de confianza del 95% entre 26 días y 31 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 26,90 días. Por último en la Figura 64 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 34 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la máquina cortadora en la línea 5.

Apéndice 34.

Análisis de supervivencia por desajuste de la tornillería en la línea 5.

➤ Desajuste de la tornillería.

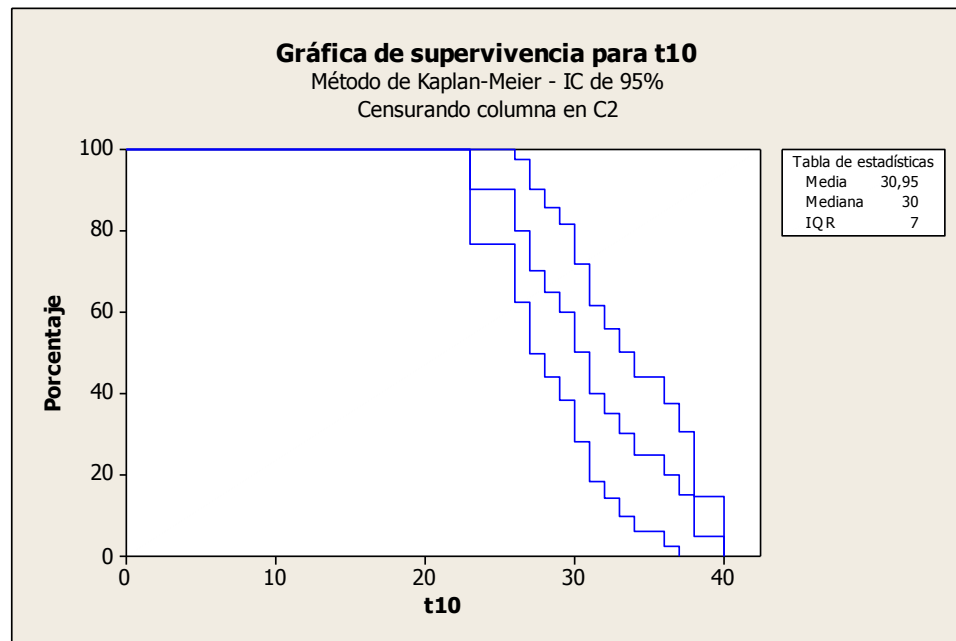


Figura 65. Análisis de supervivencia por desajuste de la tornillería.

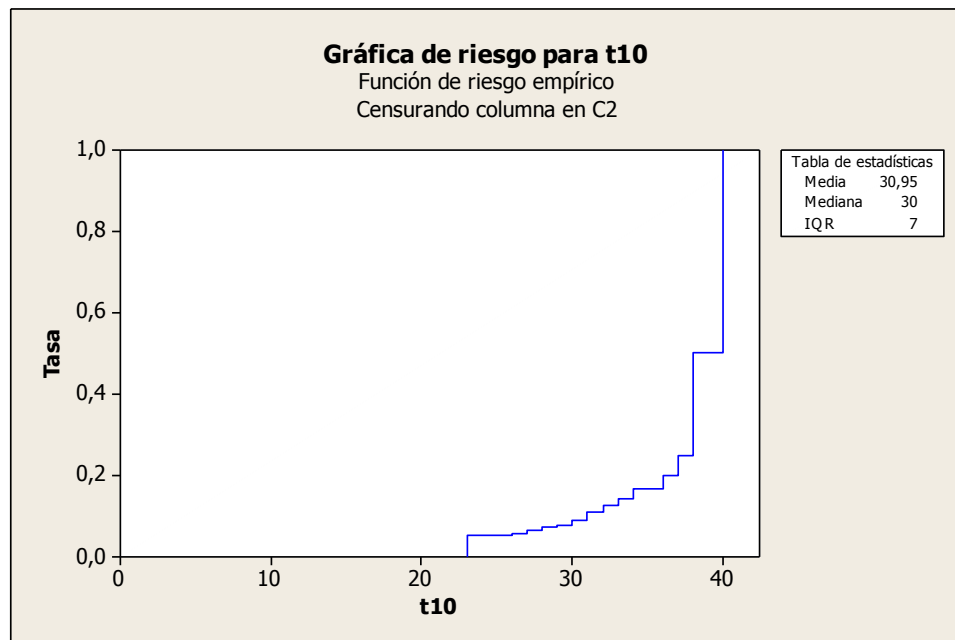


Figura 66. Análisis de riesgo por desajuste de la tornillería.

En la Figura 65 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la máquina cortadora esta alrededor de 30,95 días con un intervalo de confianza del 95% entre 29 días y 33 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 30,95 días. Por último en la Figura 66 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 38 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la máquina cortadora en la línea 5.

Apéndice 35.

Análisis de supervivencia por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles en la línea 5.

- Desajuste en la tornillería de los porta-mandriles

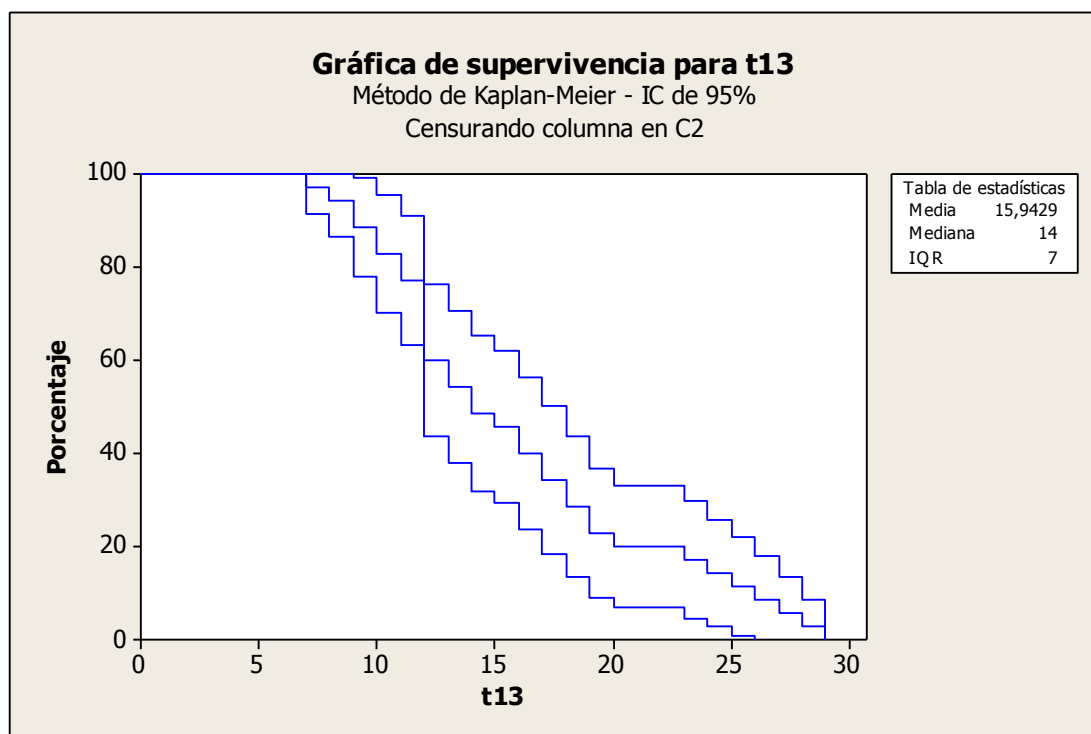


Figura 67. Análisis de supervivencia por desajuste en la tornillería de los porta-mandriles

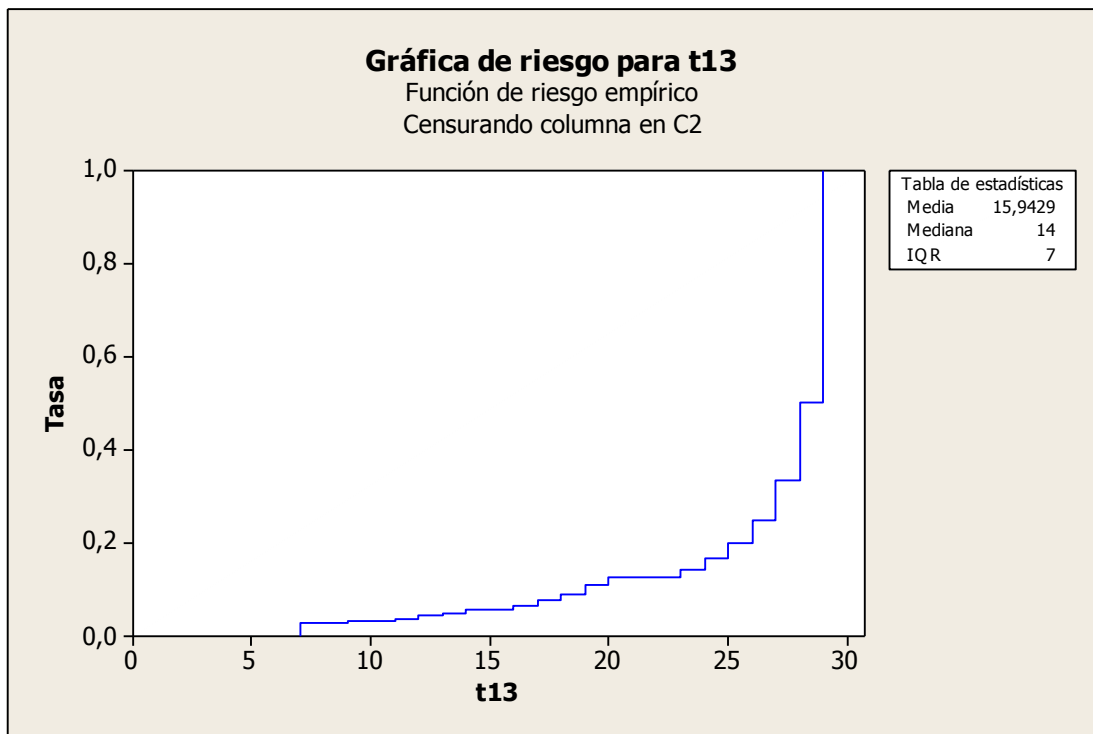


Figura 68. Análisis de riesgo por desajuste en la tornillería de los portamandriles

En la Figura 67 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la matriz está alrededor de 15,94 días con un intervalo de confianza del 95% entre 14 días y 18 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 15,94 días. Por último en la Figura 68 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 26 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la matriz en la línea 5.

Apéndice 36.

Análisis de supervivencia en la falla en la termocupla en la línea 5.

➤ Falla en la termocupla

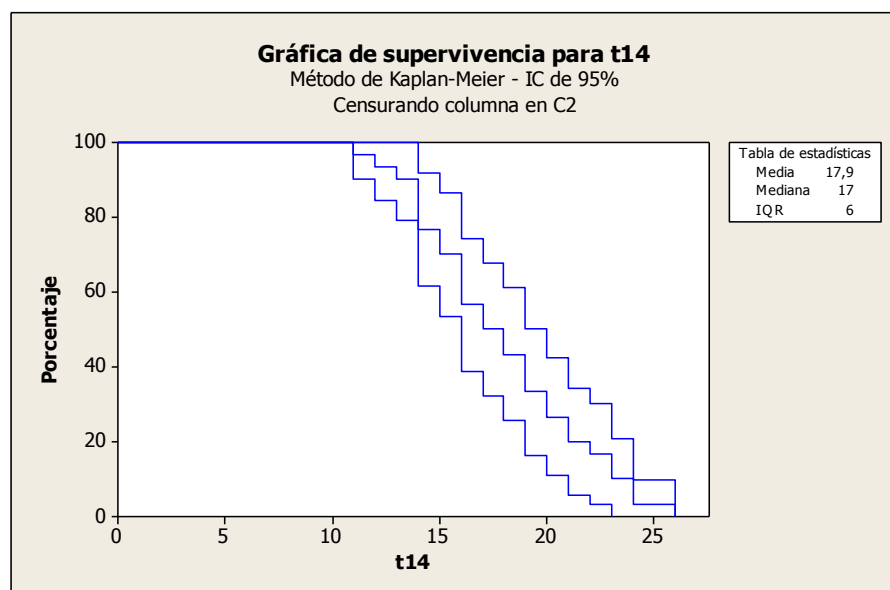


Figura 69. Análisis de supervivencia en la falla en la termocupla

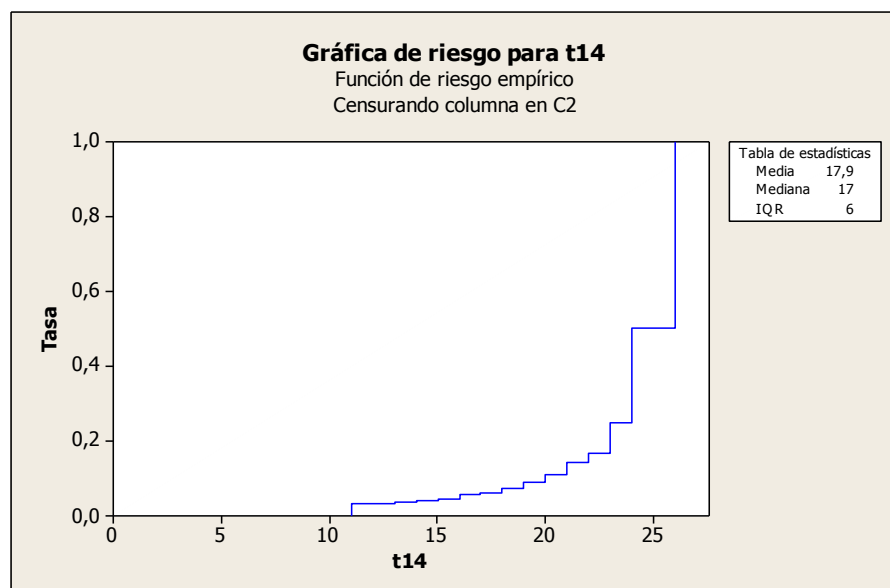


Figura 70. Análisis de riesgo en la falla en la termocupla

En la Figura 69 se puede interpretar que en el percentil 50 el tiempo de supervivencia de la matriz está alrededor de 17,9 días con un intervalo de confianza del 95% entre 16 días y 19 días, esto quiere decir que hay una probabilidad de 50% de que no ocurra la falla antes de 17,9 días. Por último en la Figura 70 describe que a medida que transcurre el tiempo, el riesgo que la falla ocurra aumenta, es decir que a partir de los 23 días este riesgo es mayor. Esto se utilizará como referencia para la planificación del mantenimiento preventivo de la matriz en la línea 5.

Apéndice 37. Instructivo de trabajo parada y apagar extrusora.

1. NOMBRE DE LA INSTRUCCIÓN:

Parada y apagar extrusora.

2. RESPONSABLE:

Operador de extrusión

3. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD:

- Es imprescindible el uso de los Equipos de Protección Personal siguiente:
 - a. Lentes de protección a impacto
 - b. Guantes térmicos.
 - c. Guantes absorbentes
 - d. Mascarilla media cara con filtros para gases orgánicos-ácidos y polvos
 - e. Botas de seguridad
 - f. Orejeras tipo cintillo
 - g. Mangas térmicas
- Evitar correr al realizar recorridos por el área, ya que existen peligros de tropiezo.
- Las vías de escapes y áreas de pasillos y sus adyacencias deben mantenerse libres de obstáculos.

4. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL AMBIENTE:

Emanaciones de gases tóxicos de HCL debido a la posible degradación del PVC por el sobrecalentamiento o tiempo de exposición prolongado a altas temperaturas.

5. MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Materiales
 - Compuesto de PVC para tableros de perfiles rígido (TPR)
 - Espumante
 - Purga
- Equipos:
 - Máquina Extrusoras
 - Intercambiadores de calor
 - Tolvas de dosificación
 - Detector de metales
 - Matrices
 - Sistema de enfriamiento
 - Sistema de halado
 - Sistema de corte

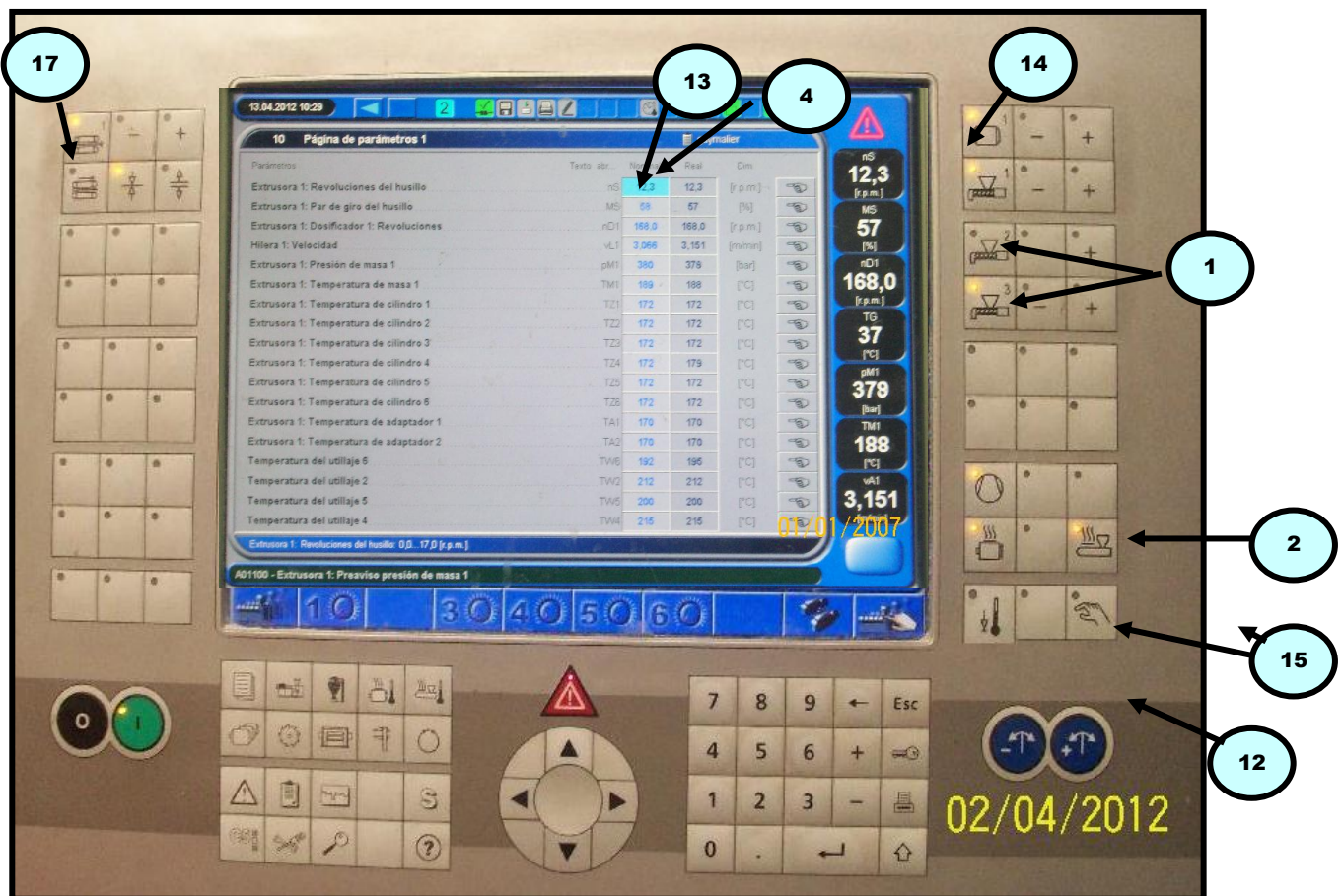
- Herramientas:
 - Espátula de bronce
 - Barras de bronce
 - Cuchillos de cierra
 - Cinta métrica
 - Sierra eléctrica
 - Mecate
 - Vernier
 - Martillo de goma
 - Pata de cabra
 - Tobos
 - Escaleras

6. PASOS:

Parada del proceso de producción de perfiles de PVC rígido.

1. Desactiva en el panel de control de la extrusora la tecla de dosificación de la tolva de espumante 2o3,  hasta que no se muestre la luz amarilla y simultáneamente la tecla dosificadora de compuesto de pvc 1  hasta que no se muestre la luz amarilla, para detener la dosificación del compuesto a la extrusora.
2. Apagar la desgasificación pulsando la tecla  hasta que no aparezca la luz amarilla.
3. Agregar material de purga.
4. Bajar paulatinamente las rpm 12 a 5
5. Desplace el sistema de post-extrusión separándolo del molde y corte manualmente el perfil .
6. seguir retirando el material con una espátula de bronce.
7. Activar el sistema de succión de aceite del molde y apague los intercambiadores de temperatura.
8. Activar el sistema de succión de agua del molde y apagar los intercambiadores de temperatura.
9. Abrir la válvula reguladora de vacío y apagar la bombas de vacío
10. Bajar el flujo de agua refrigerante del calibrador y las tinas y apagar las bombas hidráulica 1 y 2.
11. Ajustar la calefacción de cilindro, molde, husillo y de los adaptadores 1 y 2.
12. Active la tecla bajar temperatura pulsando la tecla 
13. Ajustar el numero de revoluciones del husillo de 5 a 0 rpm.
14. Desconectar el motor principal de accionamiento de la extrusora. 
15. Alcanzado la temperatura de 130°C se procede a desconectar la calefacción del cilindro, molde y a adaptador 1 y2.  
16. Desconectar en el tablero de control la cierra y el sistema de extracción de virutas.
17. desactivar el sistema de halado.
18. Colocar el interruptor principal en cero.

19. Realizar Orden y limpieza en el área.



Apéndice 38. Instructivo de trabajo operación de máquina extrusora extrusora.

1. NOMBRE DE LA INSTRUCCIÓN:

Operación de máquina extrusora.

2. RESPONSABLE:

Operador de extrusión: Realiza la operación cumpliendo perfectamente con este instructivo

3. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD:

- Es imprescindible el uso de los Equipos de Protección Personal siguiente:
 - a. Lentes de protección a impacto
 - b. Guantes térmicos.
 - c. Guantes absorbentes
 - d. Mascarilla media cara con filtros para gases orgánicos-ácidos y polvos
 - e. Botas de seguridad
 - f. Orejeras tipo cintillo
 - g. Mangas térmicas
- Evitar correr al realizar recorridos por el área, ya que existen peligros de tropiezo.
- Las vías de escapes y áreas de pasillos y sus adyacencias deben mantenerse libres de obstáculos.

4. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL AMBIENTE:

Emanaciones de gases tóxicos de HCL debido a la posible degradación del PVC por el sobrecalentamiento o tiempo de exposición prolongado a altas temperaturas

5. MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

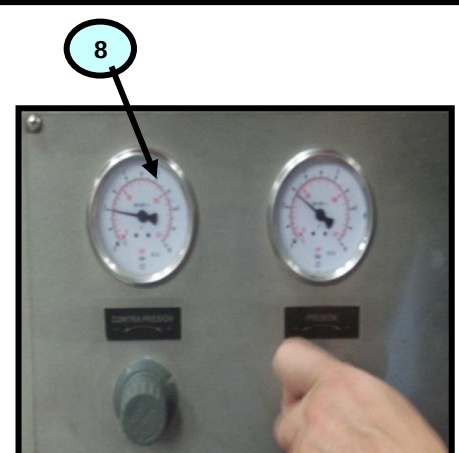
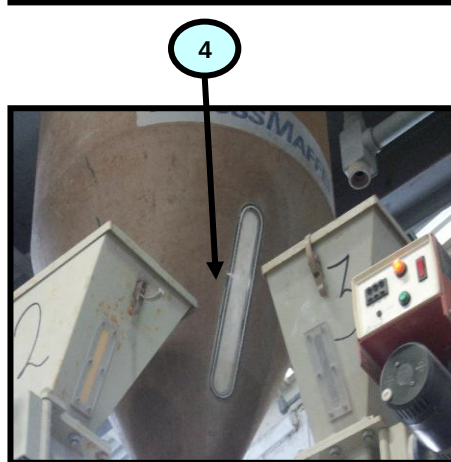
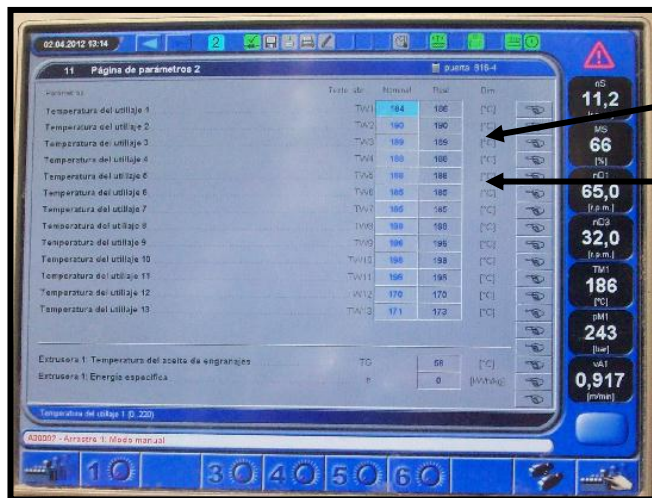
- Materiales
 - Compuesto de PVC para tableros de perfiles rígido (TPR)
 - Espumante
 - Purga
- Equipos:
 - Máquina Extrusoras
 - Intercambiadores de calor
 - Tolvas de dosificación
 - Detector de metales
 - Matrices
 - Sistema de enfriamiento
 - Sistema de halado
 - Sistema de corte

- Herramientas:
 - Espátula de bronce
 - Barras de bronce
 - Cuchillos de cierra
 - Cinta métrica
 - Sierra eléctrica
 - Mecate
 - Vernier
 - Martillo de goma
 - Pata de cabra
 - Tobos
 - Escaleras

6. PASOS:

Operación de maquina extrusora

20. Verificar constantemente los valore de temperatura del las zonas del molde y adaptador en el plc que se mantengan entre los valores preestablecidos.
21. Verificar constantemente la temperatura y presión de masa en el panel de control y que se mantenga entre los valores preestablecidos.
22. Verificar constantemente la presión de vacío de la placa calibradora y las bañeras 1 y 2 se encuentre entre los valores preestablecidos.
23. Verificar constantemente el visor de las tolvas de alimentación (tolva de compuesto de pvc y de espumante) de la extrusora que contenga material durante todo el proceso.
24. Realizar acciones correctivas para asegurar la estabilidad del perfil durante todo el proceso
25. Verificar constantemente las condiciones del perfil (longitud, ángulo del corte, color etc.)el cual debe mantenerse dentro de las especificaciones técnicas (hemerticidad. Peso).
26. Verificar constantemente la temperatura de los intercambiadores de calor agua – agua y agua – aceite
27. Verificar la presión y contra presión de la oruga que se encuentre dentro de los parámetros.



Apéndice 39. Instructivo de trabajo apoyo en arranque de la extrusora 2.

1. NOMBRE DE LA INSTRUCCIÓN:

Apoyo en arranque de la extrusora 2.

2. RESPONSABLE:

Auxiliar de extrusión: Realiza el apoyo para el arranque de la línea de producción cumpliendo perfectamente con este instructivo

3. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD:

- Es imprescindible el uso de los Equipos de Protección Personal siguiente:
 - a. Lentes de protección a impacto
 - b. Guantes térmicos.
 - c. Guantes absorbentes
 - d. Mascarilla media cara con filtros para gases orgánicos-ácidos y polvos
 - e. Botas de seguridad
 - f. Orejeras tipo cintillo
 - g. Mangas térmicas
- Evitar correr al realizar recorridos por el área, ya que existen peligros de tropiezo.
- Las vías de escapes y áreas de pasillos y sus adyacencias deben mantenerse libres de obstáculos.

4. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL AMBIENTE:

Emanaciones de gases tóxicos de HCL debido a la posible degradación del PVC por el sobrecalentamiento o tiempo de exposición prolongado a altas temperaturas

5. MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Materiales
 - Compuesto de PVC para tableros de perfiles rígido (TPR)
 - Espumante
 - Purga
- Equipos:
 - Máquina Extrusoras
 - Intercambiadores de calor
 - Tolvas de dosificación
 - Detector de metales
 - Matrices
 - Sistema de enfriamiento
 - Sistema de halado
 - Sistema de corte

- Herramientas:
 - Espátula de bronce
 - Barras de bronce
 - Cuchillos de cierra
 - Cinta métrica
 - Sierra eléctrica
 - Mecate de arrastre
 - Vernier
 - Martillo de goma
 - Pata de cabra
 - Tobos
 - Escaleras

6. PASOS:

Prestar apoyo para el encendido y arranque de la máquina de extrusion para la elaboración de TPR.

1. Colocar el mecate de arrastre por dentro de la linea de post extrusion.
2. Agregar material espumante en las tolvas cuando el operador indique.
3. Ubicar y colocar las paletas de carga de los TPR.
4. Recolectar, clasificar e identificar el desperdicio en bigbag
5. Solicitar al montacargas que lo traslade para el pesaje anotando pesaje en formato.



2



Apéndice 40. Instructivo de trabajo Colocar y organizar perfiles extruidos.

1. NOMBRE DE LA INSTRUCCIÓN:

Colocar y organizar perfiles extruidos.

2. RESPONSABLE:

Auxiliares de extrusión: Realiza la toma y organización de los perfiles de tableros rígidos cumpliendo perfectamente con este instructivo.

3. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD:

- Es imprescindible el uso de los Equipos de Protección Personal siguiente:
 - a. Lentes de protección a impacto
 - b. Guantes térmicos.
 - c. Guantes absorbentes
 - d. Mascarilla media cara con filtros para gases orgánicos-ácidos y polvos
 - e. Botas de seguridad
 - f. Orejeras tipo cintillo
 - g. Mangas térmicas
- Evitar correr al realizar recorridos por el área, ya que existen peligros de tropiezo.
- Las vías de escapes y áreas de pasillos y sus adyacencias deben mantenerse libres de obstáculos.

4. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL AMBIENTE:

Emanaciones de gases tóxicos de HCL debido a la posible degradación del PVC por el sobrecalentamiento o tiempo de exposición prolongado a altas temperaturas

5. MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Materiales
 - Tableros de perfiles rígido (TPR)
- Equipos:
 - Máquina Extrusoras
 - Flejadora
- Herramientas:
 - Cinta métrica
 - Martillo de goma
 - Paletas de madera transportadora.

6. PASOS:

Colocar y organizar perfiles extruidos.

1. Agarra simultaneamente con el auxiliar compañero el TPR de la mesa inclinadora por ambos extremos.
2. Levantarlo a nivel se la cintura y colocarlo en las paletas transportadora, esta actividad debe hacerse con la cantidad de un solo tablero hasta completar 30 TPR.
4. Identificar la paleta a trasladar.