

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN
LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PILA R06 EN LA PLANTA DE
MANUFACTURA DE TRONEX BATTERY COMPANY S.A.

FELIPE JARAMILLO
CARLOS ALBERTO MADRID

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2008

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PILA R06 EN LA PLANTA DE
MANUFACTURA DE TRONEX BATTERY COMPANY S.A.

FELIPE JARAMILLO
CARLOS ALBERTO MADRID

Trabajo para optar al título de ingeniero mecánico

Asesor
Juan Ignacio Gutiérrez
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2008

Dedicatoria

Queremos dedicar este trabajo a nuestras familias por habernos brindado todo el apoyo necesario para salir adelante en nuestras carreras, y por acompañarnos a enfrentar todos nuestros retos y etapas de nuestras vidas.

También agradecemos a todas las personas que nos rodearon positivamente para sortear todos los obstáculos presentes a lo largo de nuestra carrera.

Agradecimientos

Primero que todo queremos expresar nuestro agradecimiento a la Empresa Tronex Battery Company S.A, y especialmente al área de ingeniería y taller por toda su colaboración e información brindada para el desarrollo de este proyecto.

A la ingeniera mecánica Viviana Sanín, por la gran disposición de tiempo, atención y paciencia para poder concluir lo mejor posible nuestro proyecto.

Al ingeniero mecánico Juan Ignacio Gutiérrez, en calidad de asesor, quien nos brindo su tiempo y aportes acerados respecto al tema de mantenimiento para desarrollar nuestro proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
0. PRÓLOGO	16
0.1. INTRODUCCIÓN	16
0.2. RESEÑA HISTORICA TRONEX BATTERY COMPANY S.A	18
0.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PILA	19
0.4. PERFIL ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	20
0.5. JUSTIFICACIÓN	21
0.6. OBJETIVOS	23
0.6.1. Objetivo general	23
0.6.2. Objetivos específicos	23
1. CONCEPTUALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS ACTUALES DE CONTROL	25
1.1. OBJETIVO	25
1.2. INTRODUCCIÓN	25
1.3. INDICADORES CMD	25
1.4. INTERACCIÓN – CMD	26
1.5. CONFIABILIDAD (Fallas)	27
1.6. MANTENIBILIDAD (Reparaciones)	30
1.7. DISPONIBILIDAD	31
1.7.1. Importancia	32
1.7.2. Indicadores de disponibilidad	32
1.7.3. Disponibilidad alcanzada (AA)	33
1.8. ANÁLISIS DE FALLAS	35
1.8.1. FMECA	36
1.8.2. RCFA	36

1.8.3. Diagrama Causa Efecto (Ishikawa)	36
1.9. RCM	37
1.9.1. Mantenimiento Basado en Riesgo	38
1.9.2. Consecuencias y Modos de Falla	38
1.10. DIAGRAMA DE PARETO	44
1.11. LISTADO DE MÁQUINAS	45
2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	60
2.1. OBJETIVO	60
2.2. INTRODUCCIÓN	60
2.3. MÁQUINAS CRÍTICAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN R06	60
2.4. ANÁLISIS DE FALLA	65
2.5. RESULTADOS	75
3. CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO CMD	77
3.1. OBJETIVO	77
3.2. INTRODUCCIÓN	77
3.3. HISTORIAL DE FALLOS EN LA MÁQUINAS DE MAYOR TIEMPO IMPRODUCTIVO DE PRODUCCIÓN	78
3.4. CÁLCULO Y RESULTADO DE INDICADORES DE CMD	78
3.4.1 Análisis de Resultados PLM 1 (Enero – Junio 2007)	79
3.4.1.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	79
3.4.1.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	81
3.4.1.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	82
3.4.2. Análisis de Resultados PLM 2 (Enero – Junio 2007)	84
3.4.2.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	84
3.4.2.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	85
3.4.2.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	86
3.4.3. Análisis de Resultados CRIM 1 (Enero – Junio 2007)	88
3.4.3.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	88

3.4.3.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	89
3.4.3.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	90
3.4.4. Análisis de Resultados CRIM 2 (Enero – Junio 2007)	92
3.4.4.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	92
3.4.4.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	93
3.4.4.3 Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	94
3.4.5. Análisis de Resultados Insertadora de Tapas 2 (Enero – Junio 2007)	96
3.4.5.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	96
3.4.5.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	97
3.4.5.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	98
3.4.6. Análisis de Resultados Ristra (Enero – Junio 2007)	100
3.4.6.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	100
3.3.6.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	101
3.4.6.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	102
3.4.7. Análisis de Resultados PLM 1 (Julio – Diciembre 2007)	104
3.4.7.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	104
3.4.7.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	105
3.4.7.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	106
3.4.8. Análisis de Resultados PLM 2 (Julio– Diciembre 2007)	108
3.4.8.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	108
3.4.8.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	109
3.4.8.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	110
3.4.9. Análisis de Resultados CRIM 1(Julio– Diciembre 2007)	112
3.4.9.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	112
3.4.9.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	113
3.4.9.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	114
3.4.10. Análisis de Resultados CRIM 2(Julio– Diciembre 2007)	116
3.4.10.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	116
3.4.10.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	117
3.4.10.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	118

3.4.11. Análisis de Resultados Insertadora de Tapas 2(Julio– Diciembre 2007)	120
3.4.11.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	120
3.4.11.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	121
3.4.11.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	122
3.4.12. Análisis de Resultados Ristra (Julio– Diciembre 2007)	124
3.4.12.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	124
3.4.12.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	125
3.4.12.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	126
3.4.13. Análisis de Resultados PLM 1 (Enero–Junio 2008)	128
3.4.13.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	128
3.4.13.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	129
3.4.13.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	130
3.4.14. Análisis de Resultados PLM 2 (Enero–Junio 2008)	132
3.4.14.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	132
3.4.14.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	133
3.4.14.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	134
3.4.15. Análisis de Resultados CRIM 1(Enero–Junio 2008)	136
3.4.15.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	136
3.4.15.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	137
3.4.15.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	138
3.4.16. Análisis de Resultados CRIM 2 (Enero–Junio 2008)	140
3.4.16.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad	140
3.4.16.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad	141
3.4.16.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados	142
3.5 CONCLUSIONES	144
4. TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS Y PREDICTIVAS	146
4.1. OBJETIVO	146
4.2. INTRODUCCIÓN	146

4.3 TAREAS DE MANTENIMIENTO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PILA	
R06	147
4.4. CONCLUSIONES	156
5. CONCLUSIONES	157
5.1. OBJETIVO	157
5.2. CONCLUSIONES	157
5.3. RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFÍA	160
CLÁSICA	160
INTERNET	162
ANEXOS	163

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Consecuencias asociadas a las fallas ocultas	39
Tabla 2. Consecuencias asociadas a la seguridad física	40
Tabla 3. Consecuencias asociadas al medio ambiente	40
Tabla 4. Consecuencias asociadas a los costos de reparación	41
Tabla 5. Consecuencias asociadas al efecto en los clientes	41
Tabla 6. Consecuencias asociadas a la imagen corporativa	42
Tabla 7. Valoración de la Ocurrencia	43
Tabla 8. Valoración de Severidad	43
Tabla 9. Maquina Extrusor de Tarros	45
Tabla 10. Maquina Trimmer	46
Tabla 11. Zona de Mezcla	47
Tabla 12. Maquina PLM	48
Tabla 13. Maquina CRIM	51
Tabla 14. Maquina TOP	53
Tabla 15. Maquina BOTTOM	54
Tabla 16. Banda Acumuladora	56
Tabla 17. Maquina Etiquetadora	56
Tabla 18. Maquina Empacadora de Ristra	58
Tabla 19. Datos Pareto (Enero 2007 – Diciembre 2007)	61
Tabla 20. Datos Pareto (Enero 2008 – Junio 2008)	63
Tabla 21. Valor probabilístico de cada impacto Ki	66
Tabla 22. Análisis de efecto de falla máquinas PLM	67
Tabla 23. Análisis de efecto de falla máquinas CRIM	70
Tabla 24. Análisis de efecto de falla máquina Insertadora de Tapas de Fondo	72
Tabla 25. Análisis de efecto de falla máquina Ristra	73
Tabla 26. Resultados Análisis de Falla (Fallas Críticas)	75

Tabla 27. Resultado cálculos de disponibilidad	144
Tabla 28. Tareas de mantenimiento maquinas PLM	147
Tabla 29. Tareas de mantenimiento maquinas CRIM	148
Tabla 30. Tareas de mantenimiento maquinas Insertadora de Tapas	150
Tabla 31. Tareas de mantenimiento maquinas Selladora	150
Tabla 32. Tareas de mantenimiento para las Bandas Acumuladoras	151
Tabla 33. Tareas de mantenimiento para la maquina Etiquetadora	152
Tabla 34. Tareas de mantenimiento para la maquina Ristra	152
Tabla 35. Tareas de mantenimiento para la maquina Blister	153
Tabla 36. Tareas de mantenimiento para la maquina Extrusor	154
Tabla 37. Tareas de mantenimiento para la zona de Mezclas	155
Tabla 38. Tareas de mantenimiento para la maquina Trimmer	156
Tabla 39. Datos máquina PLM 1	163
Tabla 40. Datos máquina PLM 2	166
Tabla 41. Datos máquina CRIM 1	169
Tabla 42. Datos máquina CRIM 2	172
Tabla 43. Datos máquina Insertadota de Tapas 2	175
Tabla 44. Datos máquina Ristra	178
Tabla 45. Datos máquina PLM1	180
Tabla 46. Datos máquina PLM2	183
Tabla 47. Datos máquina CRIM1	186
Tabla 48. Datos máquina CRIM2	189
Tabla 49. Datos máquina Insertadota de Tapas 2	191
Tabla 50. Datos máquina Ristra	194
Tabla 51. Datos máquina PLM1	197
Tabla 52. Datos máquina PLM2	199
Tabla 53. Datos máquina CRIM1	202
Tabla 54. Datos máquina CRIM2	205

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Tiempos de fallas, de funcionamiento demás que impiden la funcionalidad del sistema o equipo	29
Ilustración 2. Tipos de Disponibilidad	33
Ilustración 3. Diagrama causa-efecto Ishikawa	37
Ilustración 4. Diagrama de Pareto (Enero – Diciembre 2007)	62
Ilustración 5. Diagrama de Pareto (Enero – Junio 2008)	64
Ilustración 6. Matriz Riego de falla RCM	65
Ilustración 7. Curva de Confiabilidad	79
Ilustración 8. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	81
Ilustración 9. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	82
Ilustración 10. Curva de Mantenibilidad (Programados)	83
Ilustración 11. Curva de Confiabilidad	84
Ilustración 12. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	85
Ilustración 13. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	86
Ilustración 14. Curva de Mantenibilidad (Programados)	87
Ilustración 15. Curva de Confiabilidad	88
Ilustración 16. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	89
Ilustración 17. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	90
Ilustración 18. Curva de Mantenibilidad (Programados)	91
Ilustración 19. Curva de Confiabilidad	92
Ilustración 20. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	93
Ilustración 21. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	94
Ilustración 22. Curva de Mantenibilidad (Programados)	95
Ilustración 23. Curva de Confiabilidad	96
Ilustración 24. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	97
Ilustración 25. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	98
Ilustración 26. Curva de Mantenibilidad (Programados)	99

Ilustración 27. Curva de Confiabilidad	100
Ilustración 28. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	101
Ilustración 29. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	102
Ilustración 30. Curva de Mantenibilidad (Programados)	103
Ilustración 31. Curva de Confiabilidad	104
Ilustración 32. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	105
Ilustración 33. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	106
Ilustración 34. Curva de Mantenibilidad (Programados)	107
Ilustración 35. Curva de Confiabilidad	108
Ilustración 36. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	109
Ilustración 37. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	110
Ilustración 38. Curva de Mantenibilidad (Programados)	111
Ilustración 39. Curva de Confiabilidad	112
Ilustración 40. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	113
Ilustración 41. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	114
Ilustración 42. Curva de Mantenibilidad (Programados)	115
Ilustración 43. Curva de Confiabilidad	116
Ilustración 44. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	117
Ilustración 45. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	118
Ilustración 46. Curva de Mantenibilidad (Programados)	119
Ilustración 47. Curva de Confiabilidad	120
Ilustración 48. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	121
Ilustración 49. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	122
Ilustración 50. Curva de Mantenibilidad (Programados)	123
Ilustración 51. Curva de Confiabilidad	124
Ilustración 52. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	125
Ilustración 53. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	126
Ilustración 54. Curva de Mantenibilidad (Programados)	127
Ilustración 55. Curva de Confiabilidad	128
Ilustración 56. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	129

Ilustración 57. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	130
Ilustración 58. Curva de Mantenibilidad (Programados)	131
Ilustración 59. Curva de Confiabilidad	132
Ilustración 60. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	133
Ilustración 61. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	134
Ilustración 62. Curva de Mantenibilidad (Programados)	135
Ilustración 63. Curva de Confiabilidad	136
Ilustración 64. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	137
Ilustración 65. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	138
Ilustración 66. Curva de Mantenibilidad (Programados)	139
Ilustración 67. Curva de Confiabilidad	140
Ilustración 68. Curva de Mantenibilidad (correctivos)	141
Ilustración 69. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados	142
Ilustración 70. Curva de Mantenibilidad (Programados)	143

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Ecuación General de Disponibilidad	32
Ecuación 2. Disponibilidad alcanzada (A_A)	34
Ecuación 3. MTBM: tiempo medio entre mantenimientos	34
Ecuación 4. Mean active maintenance time: tiempo medio de mantenimiento activo	35
Ecuación 5. Valoración de la Severidad	43
Ecuación 6. Cálculo RPN	44

0. PRÓLOGO

0.1. INTRODUCCIÓN

En las organizaciones industriales actuales se ha creado la necesidad de incrementar la productividad y a su vez la calidad de cualquier sistema o proceso, situación por la cual el mantenimiento juega un papel muy importante a la hora de cumplir estos objetivos, ya que es necesario hacer efectivos registros, mediciones y evaluaciones de los índices básicos de la gestión de mantenimiento los cuales se conocen como CMD¹ - CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, DISPONIBILIDAD (CMD).

Disponibilidad: es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido, después del comienzo de su operación (Mora, 2006, 55).

Mantenibilidad: la probabilidad de que un elemento, máquina, o dispositivo pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal, después de una avería, falla, o interrupción productiva (Funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción; se le denomina mantenibilidad (Mora, 2006, 75).

La Confiabilidad: es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; Si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo, es aun aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta; el equipo es poco confiable (Bazovsky, 2004)

¹ C M D – Confiabilidad – Mantenibilidad - Disponibilidad – RAM - *Reliability – Availability - Maintainability*

Las empresas mediante la implementación de adecuadas políticas y estrategias de mantenimiento, buscan alargar la vida útil de la maquinaria, con el fin de disminuir los fallos repentinos y las paradas imprevistas y que a su vez aumenten la frecuencia en tiempo de los paros programados para el mantenimiento rutinario o normal, buscando aumentar la productividad y disminuir al máximo posible los costos de mantenimiento, basándose en tácticas de mantenimiento centradas en la confiabilidad como la Proactiva (TPM.² más RCM.³ más Reactiva y otras), estableciendo estrategias basadas en la medición internacional de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (CMD), centrando sus acciones en FMECA.⁴ y en el Análisis de Causa Raíz de los Fallos (RCFA.), dando la prioridad de ejecución de los trabajos de mantenimiento apoyándose en el RPN.⁵

La complejidad de la vida moderna exige sistemas más confiables. La automatización creciente de los procesos industriales requiere maquinarias de varios tipos que deben funcionar sin fallas, pues una interrupción de su funcionamiento no solo es demasiado costosa, sino que es catastrófica. El uso cada vez mas creciente de equipos tecnológicos sofisticados en todo tipo de actividades, hace necesario que ellos posean una alta confiabilidad. (Mora y otros, 2001,10)

La inconfiabilidad produce perdidas de tiempo, altos costos mayor número de repuestos, riesgo para la vida de las personas y de los países. (Rojas, 1975,4)

Hoy día se exige al mantenimiento una toma de conciencia para evaluar hasta qué

² TPM Total Productive Maintenance - Mantenimiento Productivo Total

³ Reliability Centered Maintenance RAM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC

⁴ FMECA Análisis de Los Modos, los Efectos, las Causas y Criticidades de las Fallas.

⁵ RPN Número de Riesgo Prioritario.

punto las fallas de los equipos afectan la seguridad y al medio ambiente; conciencia de la relación entre el mantenimiento y el calidad del producto, y la presión de alcanzar alta disponibilidad en la planta y mantener el costo bajo (Ellman@⁶, 2001)

0.2. RESEÑA HISTORICA TRONEX BATTERY COMPANY S.A

El trabajo a realizar se desarrolla, en la empresa Tronex Battery Company S.A. dedicada a la manufactura y distribución de pilas primarias Zinc-Carbón y también la importación y distribución de pilas y baterías; además comercializa todo tipo de soluciones en energía portátil como las baterías especiales, baterías industriales y UPS.

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del plan de mantenimiento en la línea R20, crearon la necesidad de hacer planes similares para la línea de producción R6, ya que en la actualidad es la línea de producción de menor rendimiento, por no contar con estudios y planes detallados de mantenimiento que se representa en una alta incursión de trabajos correctivos.

0.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PILA

El proceso de ensamblado de la pila en la línea de producción R06 se hace después de que ocurren dos procesos previos para el conformado de los tarros de Zinc utilizados como el cuerpo de pila y el proceso de mezcla, se explicaran entonces cada uno de estos procesos antes de detallar el proceso de ensamblaje de la pila, propio de la línea R06.

⁶ @ se usa para referencias de Internet.

Conformación de los Tarros: La materia prima con la cual se obtienen los tarros de Zinc la constituye monedas del mismo material que ingresadas a una máquina extrusora obtienen la forma deseada para servir posteriormente como el cuerpo de la pila, los tarros salen de la máquina extrusora y son transportados a la Trimmer máquina encargada de cortarlos a la medida deseada y de darle una preforma en sus extremo libre. El proceso de conformación de tarros termina en este paso, de aquí pasan a ser dispuestos para el posterior ensamblaje de las pilas.

Mezclas: Proceso químico en el cual los materiales que conforman la mezcla son pasados por una serie de tanques hasta llegar a un último tanque donde se concentra la mezcla para su dosificación a la zona de tomboleo en la cual se finaliza el proceso de curado, después de este la mezcla sale a la línea R06.

Ensamblaje: Después de estos dos primeros pasos previos se disponen estos componentes en las máquinas correspondientes. El proceso comienza con el elevador de tarros encargado de alimentar la PLM con los mismos, en esta máquina por medio de una cadena de cangilones se transporta el tarro por cada estación de la máquina, la primera estación se encarga de cortar e insertar el papel electrolítico en el, de allí pasa ala estación de troquelado e insertado de la arandela de fondo la cual es posicionada un estación después, el tarro pasa a la estación de inyección de mezcla y pasa por ultimo a la estación de troquelado e insertado de la arandela de compactación, de allí sale hacia la primera banda acumuladora de donde se alimenta a la CRIM, compuesta de tres estaciones, la primera de inserción del carbón, luego se pasa por un chequeador de voltaje y amperaje, el cual expulsa del proceso toda pila que salga defectuosa, y una tercera y última etapa de troquelado e insertado de la arandela final, de donde sale de nuevo a la Banda Acumuladora 2 la cual alimenta la Selladora de Asfalto.

La Selladora de Asfalto recibe los tarros previamente posicionados dispuestos de forma vertical, para luego tomar uno a uno atreves de un plato giratorio el cual transporta las celdas a cinco estaciones de la máquina, la primera estación es la estación de inyección de brea en estado liquido, la cual se encarga de sellar la pila y así evitar que se lique⁷, luego pasa a la estación del quemado en la cual un quemador mantiene liquida la brea, después continua en la estación de posicionamiento de tapa superior en la cual se acomoda la tapa en el tarro, siguiendo a la estación de rebordeo donde por medio del rebordeador se produce la unión de la tapa con el tarro de Zinc y por último se pasa a un posicionador que dela la pila lista para pasar a la Banda Acumuladora 3.

0.4. PERFIL ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento solo se encarga de corregir las fallas que se veían representadas en tiempos improductivos, a raíz de esto la empresa se ha puesto en la tarea de implementar poco a poco tareas preventivas, las cuales han dado como resultado una disminución considerable en las tareas correctivas. El departamento de mantenimiento esta en el proceso de implementación del segundo nivel del enfoque Kantiano⁸ del mantenimiento, es decir, el nivel operacional, en el cual las tareas preventivas de los equipos son básicas, y que incluye tareas como la identificación de equipos, la identificación de inventario de repuestos con su respectiva codificación, un programa piloto del mantenimiento preventivo eléctrico y neumático, pero sin dejar de lado las rutinas básicas de las máquinas como son la inspección, calibración, seguimiento de medidas de piezas y sustituciones antes de la falla, plan de lubricación, pruebas y ensayos, modificaciones de material y diseño para el mejoramiento de máquinas, y la

⁷ Lique: Fenómeno en el cual la pila hace corto y riega ácidos líquidos por la tapa superior.

⁸ Segundo nivel del enfoque Kantiano: Nivel operacional en el cual se encuentran acciones correctivas, modificativas, preventivas y predictivas.

implementación de técnicas predictivas de equipos como la termografía en los equipos eléctricos y el análisis de aceite.

El departamento de mantenimiento dispone de un sistema de información llamado MP2 Professional versión 6.0, edición SQL Server de la casa Datastream, la plataforma informática especializada para la administración adecuada de las tareas de mantenimiento, donde los datos y la información mantienen una realimentación en tiempo real, permitiendo obtener mejores resultados y más acertadas decisiones en mantenimiento. El programa MP2 sólo es utilizado para el almacenamiento, generación y realimentación del historial de las diversas máquinas, tareas correctivas programadas y preventivas de mantenimiento, pero no realiza un análisis del comportamiento a lo largo del tiempo; se busca que este pueda servir para la gestión estratégica de las actividades de mantenimiento.

0.5. JUSTIFICACIÓN

Las empresas con una competencia creciente debe desarrollar estrategias para ser mas competitivas y rentables, en producción pueden existir muchos indicadores pero a veces estos no transmiten la información suficiente para ser analizada y poder realizar los correctivos.

El sistema de medición CMD brindara herramientas para determinar el tipo de mantenimiento mas apropiado destinando los recursos a las variables que afectan directamente la producción, buscando aumentar la vida útil de las máquinas formadoras, adicionalmente se podrán encontrar oportunidades de mejoras en los equipos con el fin de disminuir los paros no programados y los tiempos de reparación.

Los índices de gestión de Mantenimiento buscan desarrollar la Excelencia Gerencial y Empresarial como práctica gerencial sistemática e integral que

pretende el mejoramiento constante de los resultados, utilizando todos los recursos disponibles al menor costo, teniendo presente que cada empresa y sus sistemas se encuentran en un nivel diferente de desarrollo y que poseen características propias que la diferencian de las demás (Cavero@, 2000).

El aumento o disminución de los rendimientos físicos o financieros originados a través de la variación de cualquiera de los factores que intervienen en la producción: trabajo, capital, técnica, etc., que trae consigo beneficios económicos y sociales dentro y fuera de la compañía, que repercuten directamente en el desarrollo del país y en el estándar de vida de la sociedad se entienden como productividad en una compañía. (RAE@2006).

0.6. OBJETIVOS

0.6.1. Objetivo general. Implementar un programa de mantenimiento preventivo en la línea de Producción de la pila R6 de la planta de producción de Tronex Battery Company S.A., y así determinar estrategias y acciones para el estado actual y futuro de las máquinas, e incrementar la confiabilidad y disponibilidad de las de productivas.

0.6.2. Objetivos específicos.

- Implementar herramientas actuales de control en el proceso de mantenimiento, determinado a partir del seguimiento histórico de los mantenimientos de la Maquinaria, equipos y sistemas relacionados en la línea R6.
- Analizar la criticidad del proceso de producción de pila R6, ubicando los tiempos de fallas, reparaciones, tiempos y demoras pertinentes en el cálculo CMD.
- Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo a partir del estudio de la criticidad.
- Aplicar los cálculos de CMD en forma global, a partir de distribuciones y una metodología universal, calculando los valores de MTBMc⁹, MTBMp¹⁰, MTTR¹¹, Mp¹² y demás indicadores pertinentes del CMD a partir de los métodos series temporales y distribuciones.

⁹ MTBMc: Tiempo Medio entre Mantenimientos Correctivos.

¹⁰ MTBMp: Tiempo Medio entre Mantenimientos Programados.

¹¹ MTTR: Tiempo Medio entre Reparaciones.

¹² Mp: Mantenimientos Planeados.

- Concluir los resultados obtenidos con el fin de hacer recomendaciones útiles para la empresa, aplicables a otras líneas de trabajo.

1. CONCEPTUALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS ACTUALES DE CONTROL

1.1. OBJETIVO

Implementar herramientas actuales de control en el proceso de mantenimiento, determinado a partir del seguimiento histórico de los mantenimientos de la Maquinaria, equipos y sistemas relacionados en la línea R06.

1.2. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones industriales existen para generar un beneficio, usan equipos y mano de obra para transformar materias primas en productos acabados de mayor valor. El mantenimiento está relacionado con la rentabilidad a través de la productividad de los equipos y el gasto de explotación. Los trabajos de mantenimiento elevan el nivel de rendimiento de los equipos y su disponibilidad. El objetivo de un departamento de mantenimiento industrial debe ser la consecución del equilibrio óptimo entre estos factores, para lograr un balance que maximice la contribución del departamento a la rentabilidad (Kelly y otro, 1998, 26).

El mantenimiento se considera como una combinación de acciones llevadas a cabo para sustituir, reparar, mantener o modificar los componentes de una instalación para que continúe operando con la disponibilidad establecida durante un periodo de tiempo.

1.3. INDICADORES CMD

La falla de un sistema se define como un evento que provoca la pérdida total o parcial de la capacidad de un equipo para realizar las funciones para las cuales es diseñado. Un equipo, una máquina o un dispositivo se puede encontrar en uno de los tres posibles estados: funciona , funciona con fallas o esta en falla. Durante la

vida útil el elemento se alterna entre SoFa¹³ y SoFu¹⁴. Los estados del equipo se denominan perfil de funcionalidad (KNEZEVIC, 1996,20).

El desarrollo de las técnicas de confiabilidad comienza en la segunda guerra mundial, como una respuesta a los rápidos desarrollos tecnológicos y las intensas exigencias sobre los equipos. Se atribuye a Werner Von Braun la realización de los primeros estudios sistemáticos de confiabilidad cuando, en un intento por mejorar la eficacia de los cohetes V-1 y V-2, analizó sistemáticamente la causa de las fallas e incorporó sus resultados en diseños mejorados. Al final de la segunda guerra, los estudios de confiabilidad se desarrollan bastante debido a la guerra fría, la carrera espacial y el desarrollo de la industria nuclear (MORA,2007,54).

Las ventajas observadas del estudio científico y matemático del CMD, resalta que pretenden buscar una metodología adecuada para medirlas y evaluarlas eficazmente, con el fin de brindar una herramienta fácil de usar para controlar la gestión y operación integral del mantenimiento.

En resumen, la confiabilidad se asocia a fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos.

1.4. INTERACCIÓN – CMD

La forma en que se realiza la estimación de cada uno de los indicadores relacionales del sistema de mantenimiento y producción, como son la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad es amplia y diversa; la literatura universal sobre el tema provee diversas formas y métodos, en la cual se encuentran también elementos y principios comunes, las diferentes estimaciones aportan metodologías disímiles o afines en otros casos (MORA, 2007,55).

¹³ SoFa, *State of Failure* – Estado de Falla.

¹⁴ SoFu, *State of Function* – Estado de Funcionamiento normal.

El modelo universal para el manejo del CMD (Confiabilidad – Mantenibilidad – Disponibilidad) aporta una metodología única y sintética que permite estimar los diferentes parámetros de una forma única y lógica, de tal manera que los sistemas de medición CMD que se implementen en las diferentes empresas, permitan una comparación similar en el tiempo, ya sea con la propia industria o con otras a nivel internacional, el manejo de la obtención del CMD debe cumplir unos parámetros estadísticos y matemáticos a lo largo del cálculo .

Los valores CMD son de índole operativo y de mantenimiento como de gestión integral de una fábrica, ellos en si mismos no tienen en cuenta los aspectos económicos y monetarios, para tener en cuenta este aspecto se hace indispensable relacionar los valores calculados CMD con la inversión en dinero realizada para alcanzarlos, para ello se utiliza a nivel universal el concepto de LCC¹⁵.

1.5. CONFIABILIDAD (Fallas)

La frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo, se conoce como confiabilidad. Si no hay fallas, el equipo es ciento por ciento (100%) confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo es poco confiable. Un equipo bien diseñado, perfectamente montado, correctamente probado y apropiadamente mantenido no debe fallar nunca; sin embargo, la experiencia ha demostrado que incluso los equipos mejor diseñados, montados y mantenidos no eliminan completamente las fallas (BAZOVSKY,2004, 54).

La probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales es diseñado, durante un período de tiempo especificado y bajo las

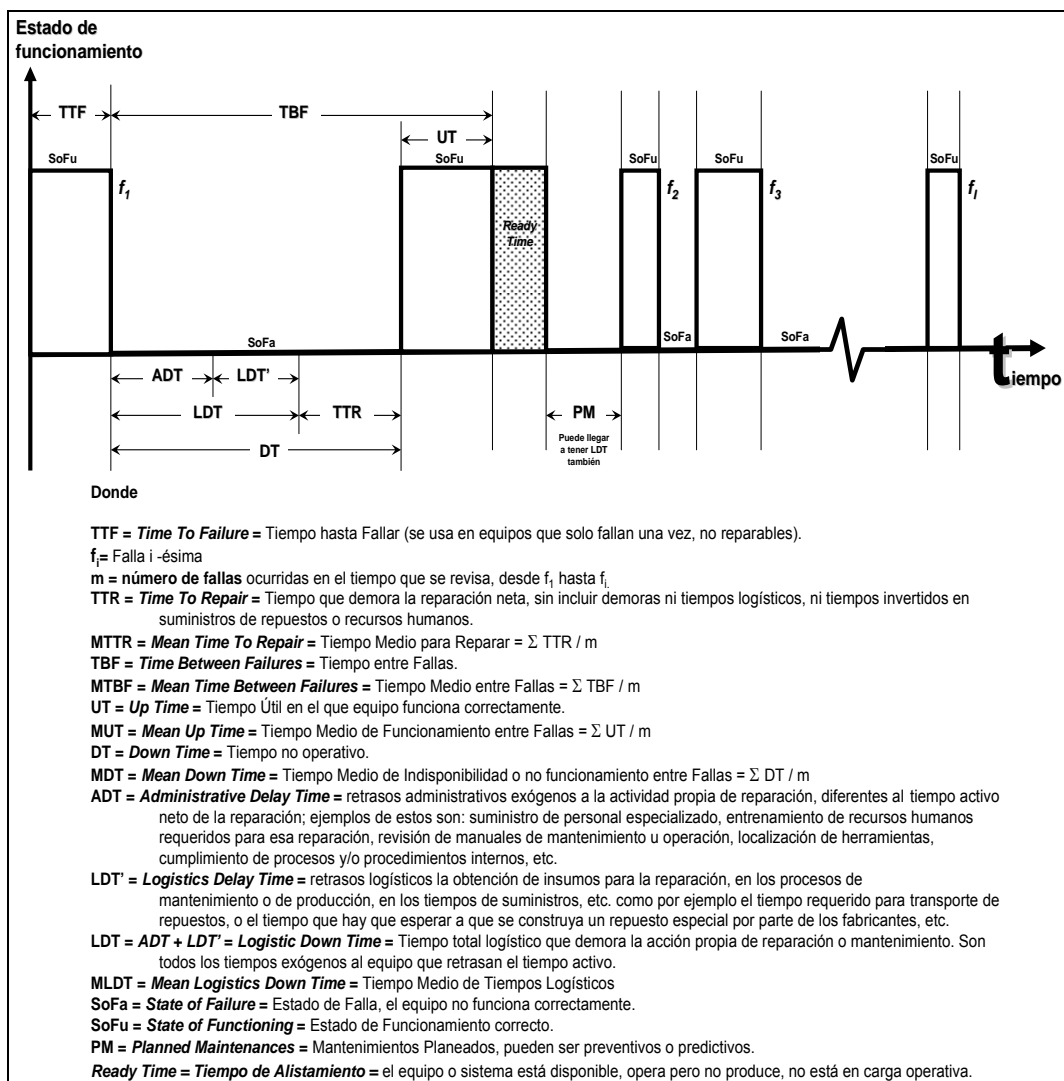
¹⁵ LCC, (*Life Cycle Cost*): Costo del Ciclo de Vida.

condiciones de operación, ambientales y de entorno adecuadas se conoce como confiabilidad (MORA,2006,69) (RODRÍGUEZ Y OTROS,2004,10) (EBELING,2005) (DOUNCE,1998,136).

Los indicadores de confiabilidad reflejan las propiedades esenciales de operación del sistema, deben ser entendibles desde el punto de vista físico¹⁶ (científico), simples de calcular desde el diseño y de utilizar (GNEDENKO Y OTRO, 1995,86) (Ver Ilustración 1).

¹⁶ En este contexto se asume físico como fórmulas o conceptos comprobables.

Ilustración 1 - Tiempos de fallas, de funcionamiento demás que impiden la funcionalidad del sistema o equipo.



MORA, 2006,59.

Las descripciones de confiabilidad en términos cuantitativos son: tiempo medio entre fallas (MTBF¹⁷), tiempo medio para fallar (MTTF¹⁸) y tiempo medio entre mantenimientos (MTBM¹⁹) (VALLEJO, 2004,27).

¹⁷ MTBF: Mean Time between Failures.

¹⁸ MTTF: Mean Time to Failure.

1.6. MANTENIBILIDAD (Reparaciones)

La mantenibilidad es la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción (MORA,2006,76).

La rapidez con la cual las fallas o el funcionamiento defectuoso en los equipos son diagnosticados y corregidos, se puede entender como mantenibilidad; o cuándo el mantenimiento programado es ejecutado con éxito, se puede decir que una máquina o equipo es mantenible cuando es fácil de reparar, en el buen sentido de la palabra: cantidad y disponibilidad de los repuestos, cantidad de mano de obra, complejidad de la tarea a realizar, seguridad de recuperación, facilidad de prueba y localización física del elemento, herramientas y personal calificado, etc. (DOUNCE,1998,135) (KNEZEVIC,1996,51).

o Importancia

La ingeniería de mantenibilidad se crea cuando los diseñadores y fabricantes comprenden la carencia de medidas técnicas y disciplinas científicas en el mantenimiento. Por esto es una disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que debe realizar el usuario para mantener la mantenibilidad de un producto y que elabora métodos para su cuantificación, evaluación y mejora (BAZOVSKY,2004, 60).

La mantenibilidad se mide de forma clara en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de funcionalidad y normalidad (MORA, 2006, 75).

¹⁹ MTBM: *Mean Time Between Maintenance*.

- Indicadores de Mantenibilidad

Los indicadores de mantenibilidad se aplican tanto para mantenimientos planeados como no planeados.

El mantenimiento planeado cuyo principal propósito es el establecimiento de sistemas de control del mantenimiento de los equipos para la eliminación de los problemas, buscando siempre el mejoramiento continuo, aplicando las mejores técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo pasando siempre por las fases de inspección y diagnóstico, planeación, programación, ejecución, control y retroalimentación, capacitación, análisis de fallas, etc., que busquen prolongar la vida útil del componente, disminuir el número de fallas e incrementar el MTBF del sistema (IIM@2006).

El mantenimiento no planeado o correctivo, consiste en la reparación de las averías o fallas, cuando éstas se presentan por acciones extrañas o imprevistas y no programadas como ocurría en el caso del mantenimiento planeado. Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. El ejemplo de este tipo de mantenimiento es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener máquina o equipo dañado (SOLOMANTENIMIENTO@2006).

1.7. DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación y se usa bajo condiciones estables; el tiempo total considerado puede incluir el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo, tiempo administrativo y tiempo logístico de

acuerdo con el tipo de disponibilidad seleccionada (RODRÍGUEZ Y OTROS, 2004, 21) (VALLEJO, 2004, 44).

1.7.1. Importancia. La disponibilidad es una consideración importante en sistemas relativamente complejos, como plantas de energía, satélites, plantas químicas y estaciones de radar. En dichos sistemas, una alta confiabilidad no es suficiente por sí misma para asegurar que el sistema estará disponible cuando se necesite (O'CONNOR, 1989,134).

La disponibilidad es una medida importante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad (TORO Y OTRO, 2003, 21).

Ecuación 5 - Ecuación General de Disponibilidad.

$$\frac{UT}{UT + DT}$$

Referencia Bibliográfica: VALLEJO, 2004,44.

Donde:

UT: Tiempo de Funcionamiento.

DT: Tiempo de Parada.

1.7.2. Indicadores de disponibilidad. Los diferentes tipos de disponibilidad, su elección y aplicación, vienen dadas a través de los datos registrados con respecto a la máquina; en últimas, es la información u hoja de vida de la máquina durante todo su vida de producción la que determina la disponibilidad a calcular (Ver Ilustración 2).

Ilustración 2 - Tipos de Disponibilidad.

Disponibilidad factible de calcular o deseada de utilizar				
Genérica o de Steady-state	Inherente o Intrínseca	Alcanzada	Operacional	Operacional Generalizada
<p>Es útil cuando no se tienen desglosados los tiempos de reparaciones o de mantenimientos planeados; o cuando no se mide con exactitud ni los tiempos logísticos, ni administrativos ni los tiempos de demoras por repuestos o recursos humanos que afecten el DT.</p> <p>No asume que los UT sean altos y los DT bajos. Es útil al iniciar procesos CMD, engloba todas las causas.</p> <p>Debe usarse entre 2 y n eventos.</p>	<p>Considera que la no funcionalidad del equipo es inherente no más al tiempo activo de reparación.</p> <p>No incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos ni los tiempos de demora en suministros. Asume idealmente que todo está listo al momento de realizar la reparación.</p> <p>Se debe cumplir que los UT sean muy superiores en tiempo a los MTTR (al menos unas 8 o más veces) y que DT tienda a cero en el tiempo.</p>	<p>Tiene en cuenta tanto las reparaciones correctivas, como los tiempos invertidos en mantenimientos planeados (preventivo y/o predictivos); no incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos ni otros tiempos de demora.</p> <p>Los mantenimientos planeados en exceso pueden disminuir la disponibilidad alcanzada, aún cuando pueden incrementar el MTBM.</p>	<p>Comprende, a efectos de la no funcionalidad, el tener en cuenta: tiempos activos de reparación correctiva, tiempos de mantenimientos planeados (preventivos o predictivos), tiempos logísticos (preparación, suministros de repuestos o recursos humanos), tiempos administrativos, demoras, etc.</p> <p>Es útil cuando existen equipos en espera para mantenimiento.</p>	<p>Se sugiere cuando los equipos no operan en forma continua, o en los eventos en que el equipo está disponible pero no produce.</p> <p>Es necesaria cuando se requiere explicar los tiempos no operativos</p> <p>Asume los mismos parámetros de cálculo de la alcanzada, adicionando el <i>Ready Time</i> tanto en el numerador como en el denominador.</p> <p>Se usa cuando las máquinas están listas (<i>Ready Time</i>) u operan en vacío.</p>

MORA, 2006,57.

Tronex debe trabajar en la medida de lo posible con la disponibilidad alcanzada, ya que en el sistema de información empleado (MP2), se registran los tiempos de reparaciones correctivas, como los tiempos invertidos en mantenimientos planeados (preventivos y/o planeados).

1.7.3. Disponibilidad alcanzada (A_A). La probabilidad de que un sistema opere satisfactoriamente, cuando sea requerido en cualquier tiempo bajo las condiciones de operación específicas y un entorno ideal de soporte logístico, sin considerar ningún retraso logístico o administrativo pero involucrando en sus cálculos los tiempos imputables a las actividades planeadas de mantenimiento, se conoce como disponibilidad alcanzada como se muestra en la ecuación 2.

Ecuación 6 - Disponibilidad alcanzada (A_A).

$$A_A = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}}}{\frac{1}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}} + \frac{\frac{MTR}{MTBM_C} + \frac{M_P}{MTBM_P}}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}}}$$

Referencia Bibliográfica: MORA, 2006,69.

Donde:

MTBM: *mean time between maintenance* o sea el tiempo medio entre mantenimientos.

MTBM: tiempo medio entre mantenimientos, mas q un índice d confiabilidad es un indicador de la frecuencia de los mantenimientos.

\bar{M} : *Mean time active maintenance* (MTM): tiempo medio de mantenimiento (correctivo y planeado).

Ecuación 7 - MTBM: tiempo medio entre mantenimientos.

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}}$$

Referencia Bibliográfica: MORA, 2006,70

Donde:

MTBMc: tiempo medio entre mantenimientos no planeados (correctivo), se aproxima al MTBF.

MTBMp: tiempo medio entre mantenimientos planeados.

Ahora, para el calculo del \bar{M} se usa la expresión de la ecuación 4.

Ecuación 8 - Mean active maintenance time: tiempo medio de mantenimiento activo.

$$\bar{M} = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

Referencia Bibliográfica: MORA, 2006,70.

MTTR: *Mean time to repair*: Es el tiempo neto medio para realizar reparaciones o mantenimientos correctivos, sin incluir demoras logísticas ni retrasos administrativos.

M_p: es el tiempo neto medio para ejecutar tareas proactivas de mantenimientos planeados.

1.8. ANÁLISIS DE FALLAS

La metodología de análisis de fallas se constituye en uno de los instrumentos avanzados de mantenimiento más útiles y usados en los niveles 2, 3 y 4, sin pertenecer a ninguna de las tácticas conocidas.

El análisis de fallas puede lograr grandes ahorros en mantenimiento pues sirve para erradicar y controlar fallas reales o potenciales en los elementos o equipos, donde ayuda a ahorrar recursos en mantenimiento (Mora, 2005,199).

Algunos métodos del análisis de falla más utilizados en el área de mantenimiento son:

1.8.1. FMECA. El FMECA presenta dos opciones: cuando se desconoce la falla y cuando se sabe de todas (o la mayoría) las fallas reales y/o potenciales son sus correspondientes causas. En la primera se utiliza la metodología de análisis de fallas y en la segunda se aplica el procedimiento FMECA, donde se utilizan tres parámetros: Severidad, Ocurrencia y Probabilidad de Detección (Stamatis, 1995,120).

El costo de un minuto de falla es por lo menos diez veces superior al costo del mismo tiempo en producción normal, dependiendo de la tasa de rentabilidad bruta de la empresa (Mora,2005,199).

1.8.2. RCFA²⁰. El análisis RCFA permite aprender de las fallas mediante la eliminación de las causas, en vez de corregir los síntomas; es una ayuda complementaria de análisis de falla que perfecciona las etapas requeridas en él, para encontrar las diferentes causas inmediatas, básicas y finalmente la causa raíz.

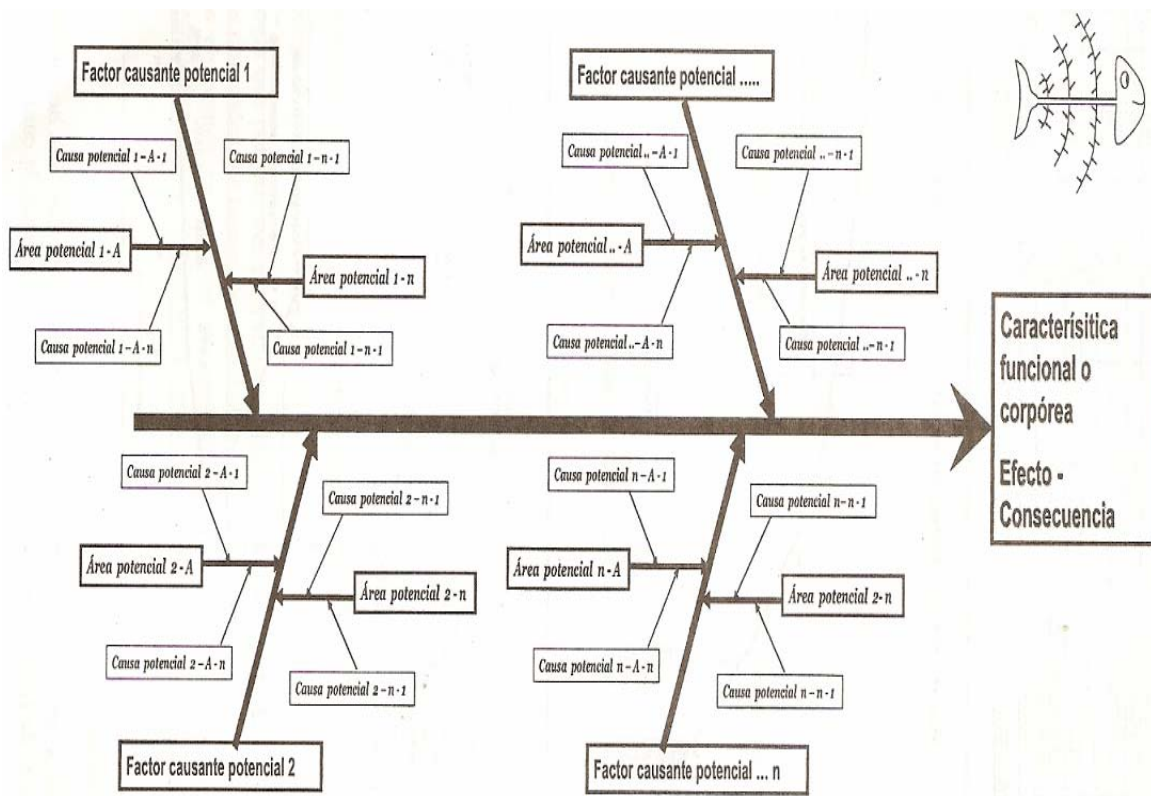
El RCFA se basa en el proceso lógico y en la utilización de árboles de causas de fallas, consiste en una representación visual de los eventos de una falla, en el cual por razonamiento deductivo y mediante la verificación de hechos que ocurren, puede llegar de una manera fácil y fluida a las causas originales de las fallas (Mora,2005,208).

1.8.3. Diagrama Causa Efecto (Ishikawa). Los instrumentos avanzados de mantenimiento pueden contar con una herramienta vital en los procesos de causa de fallas o productos y/o servicios defectuosos, la cual es el diagrama causa-efecto, lo desarrollan en Japón Kaoru Ishikawa en 1953, el método también aplica a los cuatro niveles de mantenimiento.

²⁰ RCFA: Root Cause Failure Análisis – Análisis de la Causa Raíz de las Fallas.

En primera instancia ubica y esquematiza todas las causas potenciales que generan la falla o el defecto en el servicio de mantenimiento o de producción, posteriormente establece planes para su eliminación o control. Su utilización es práctica, sencilla, grupal y muy aplicada (Mora,207,187).

Ilustración 3. Diagrama causa-efecto Ishikawa.



Mora, 2007, 188

1.9. RCM²¹

El propósito de la técnica de análisis de efectos, los modos y las causas es poder conocer completamente el equipo entero mediante la identificación de los sistemas y de los componentes que lo conforman, el diseño, los procesos, los elementos y

²¹ RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad

materiales de fabricación, los ensambles, así como todos los demás aspectos pertinentes que permiten aplicar el análisis integral de fallas (Harris, 1994,56).

Una vez se ha completado el procedimiento de análisis de fallas, la función principal consiste en implementar las tareas de mantenimiento correctivas, modificativas o proactivas para evitar que aquellas vuelvan a ocurrir (Mora, 2005,212).

1.9.1. Mantenimiento Basado en Riesgo. Esta metodología de mantenimiento debe ser capaz de sustentar la toma de decisiones aún cuando los datos son inciertos o incompletos. Tiene una función predictiva, que intenta determinar la evolución más probable del comportamiento tanto de un conjunto de equipos (unidad, planta) como de un equipo particular, y una función proactiva destinada a decidir acciones correctivas de reparación, rediseño, reemplazo, inspección de los equipos, así como la decisión de continuar en operación hasta la rotura.

Se considera que un grupo reducido, del orden del 20% de los equipos, tienen asociado más de un 80% del riesgo de una planta, por lo que se debe identificar esos equipos de alto riesgo para focalizar los esfuerzos de tareas de mantenimiento y disminuir los riesgos de la planta. De este modo es posible optimizar los recursos económicos empleados en el mantenimiento de los equipos privilegiando seguridad y confiabilidad (PIGM@,2007).

1.9.2. Consecuencias y Modos de Falla. Los modos de fallas son aquellos que causan el estado de falla en el equipo o inciden indirectamente para que este evento ocurra, los modos de fallas pueden ser físicos, de desgaste, humano, etc. La nomenclatura de estos se hacen con números enteros.

Los modos de falla se clasifican en:

Falla Completa – Se pierde totalmente la función del sistema o equipo.

Falla Parcial – El sistema opera adecuadamente, pero con posibles restricciones.

Falla Intermitente - La falla se presenta en forma discontinua en el tiempo, lo ideal es que falle permanentemente para evaluar sus posibles causas raíces.

Falla con el Tiempo – Sucede en elementos con el uso, el abuso, el desgaste.

Sobredesempeño de la función – El equipo se utiliza inadecuadamente por encima (o por debajo de sus capacidades) (Mora, 2005,218).

Las consecuencias permiten analizar qué ocurre si se da el modo de falla. Se miden mediante la evaluación del impacto de ellas sobre la organización, sus componentes, las máquinas, el medio ambiente, la seguridad física, la operación. Las consecuencias se enmarcan en cuatro categorías:

1. Fallas ocultas: son aquellas que no pueden ser detectadas por lo operarios en condiciones normales de operación, si se producen por si solas. La consecuencia que tendría este tipo de falla es que aumenta la probabilidad de un fallo múltiple, incluyendo los costos de reparación de la falla múltiple.

Tabla 1. Consecuencias asociadas a las fallas ocultas

CONSECUENCIAS ASOCIADAS A LAS FALLAS OCULTAS	
VALOR	DESCRIPCIÓN
0	No existe fallas ocultas que puedan ocasionar fallas múltiples.
1	Existe una posibilidad baja de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples.
2	En condiciones normales la falla será oculta y ocasionará fallas múltiples.
3	Existe la posibilidad baja de que la falla sea detectada y ocasiona fallas múltiples.
4	La falla siempre será oculta y ocasionará fallas múltiples a gran escala.

Mora 2005, 221

2. Seguridad y medio ambiente: se evalúa si la pérdida de la función u otros daños pueden lesionar o matar a alguien, o si puede conducir a una infracción de cualquier legislación relacionada con el medio ambiente.

Tabla 2. Consecuencias asociadas a la seguridad física

CONSECUENCIAS ASOCIADAS A LA SEGURIDAD FÍSICA	
VALOR	DESCRIPCIÓN
0	No se afecta la seguridad física.
1	Afecta a una persona, y puede generar incapacidad de carácter temporal.
2	Afecta de a 2 a 5 personas, y puede generar incapacidad de carácter temporal.
3	Afecta a más de 5 personas con incapacidad temporal, o una incapacidad permanente.
4	Afecta a más de una persona con incapacidad permanente, o causando la muerte.

Mora 2005,221

Tabla 3. Consecuencias asociadas al medio ambiente

CONSECUENCIAS ASOCIADAS AL MEDIO AMBIENTE	
VALOR	DESCRIPCIÓN
0	No se afecta el medio ambiente.
1	Afecta el medio ambiente pero puede ser controlado. No afecta ecosistemas.
2	Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible, en menos de 6 meses con un costo menor a \$50,000,000
3	Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible, en menos de 3 años con un costo menor a \$500,000,00
4	Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible, en menos de 3 años con un costo mayor a \$500,000,00 o es irreversible.

Mora 2005,221

3. Operacionales: cuando la pérdida de la función podría tener un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional. Se dividen en:

a. Asociadas a la reparación:

- Mano de obra y desplazamientos.

- Costos de servicios externos para realizar la reparación.
- Costos relacionados con la dificultad en la consecución de los repuestos.

Tabla 4. Consecuencias asociadas a los costos de reparación

CONSECUENCIAS ASOCIADAS A LOS COSTOS DE REPARACIÓN	
VALOR	DESCRIPCIÓN
0	Los costos de reparación son menores a \$1,000,000.
1	Los costos de reparación son mayores a \$1,000,000 y menores de \$10,000,000.
2	Los costos de reparación son mayores a \$10,000,000 y menores de \$50,000,000.
3	Los costos de reparación son mayores a \$50,000,000 y menores de \$500,000,00.
4	Los costos de reparación son mayores a \$500,000,000.

Mora 2005,221

b. Afectación a clientes:

- Rendimiento total de la operación.
- Calidad del producto.
- Servicio al cliente.
- Penalización por parte del cliente ante la existencia de pólizas.

Tabla 5. Consecuencias asociadas al efecto en los clientes

CONSECUENCIAS DEL EFECTO EN LOS CLIENTES	
VALOR	DESCRIPCIÓN
0	Los costos del efecto en los clientes son menores a \$1,000,000.
1	Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$1,000,000 y menores de \$10,000,000.
2	Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$10,000,000 y menores de \$50,000,000.
3	Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$50,000,000 y menores de \$500,000,00.
4	Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$500,000,000.

Mora 2005,221

4. Imagen corporativa:

- a. Estima el impacto en la sociedad de los modos de falla.
- b. Determina si es de conocimiento interno o externo.
- c. Debe considerar el cumplimiento de contratos.
- d. Afectación en regulación local o internacional (Gutiérrez,2007).

Tabla 6. Consecuencias asociadas a la imagen corporativa

CONSECUENCIAS ASOCIADAS A LA IMAGEN CORPORATIVA	
VALOR	DESCRIPCIÓN
0	No es trascendente
1	La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con explicaciones directas.
2	La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor inferior a \$50.000.000.
3	La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor mayor a \$50.000.000 e inferior a \$500.000.000
4	La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor superior a \$50.000.000 o es irreversible.

Mora 2005,221

5. Ocurrencia y Severidad. La probabilidad de ocurrencia es el valor asociado a la probabilidad de que una causa ocurrirá y que provoque un modo de falla durante la vida del equipo.

El cálculo de la severidad se mide en dos partes, una de ellas asigna unos valores probabilísticos a cada criterio y en la segunda parte se obtiene por el análisis y discusión de algunos miembros (Mora,2005,221).

Tabla 7. Valoración de la Ocurrencia

VALORACIÓN DE LA OCURRENCIA	
VALOR	COMENTARIO
4	1 día < O ≤ 6 meses
3	6 meses < O ≤ 1 año
2	1 año < O ≤ 5 años
1	5 año < O ≤ 20 años

Tabla 8. Valoración de Severidad

VALORACIÓN DE LA SEVERIDAD	
VALOR	SEVERIDAD
4	Muy crítica
3	Crítica
2	Marginal
1	Insignificante

Mora 2005,221

Los valores K_i son dados por el grupo de direccionamiento de acuerdo a las Políticas de la empresa. Para este trabajo los valores fueron tomados de la Tesis de la ingeniera Viviana Sanín.

Ecuación 5. Valoración de la Severidad

$$S = FO * K_{FO} + SF * K_{SF} + MA * K_{MA} + IC * K_{IC} + OC * K_{OC} + OR * K_{OR}$$

$$\sum K_i = 1$$

Mora, 2007,220

Donde:

S: Severidad

FO: Valor de consecuencia de falla oculta
SF: Valor de consecuencia de seguridad física
IC: Valor de consecuencia de imagen corporativa
OR: Valor de consecuencia de costos de reparación
OC: Valor de consecuencia operacional
Ki: Valor dado por la tesis de Viviana Sanín.

Una vez establecidas todas las funciones, sus fallas funcionales, el efecto de la falla y sus consecuencias (modos de fallas), se procede a calificar la severidad y la posibilidad de ocurrencia, con el fin de calcular el valor de RPN, con el cual se jerarquizan las tareas correctivas, modificativas y proactivas a realizar con el fin de erradicar o controlar las fallas (Mora, 2005, 219).

Ecuación 6. Cálculo RPN

$$RPN = Severidad * Ocurrencia = S * O$$

Mora 2007,219

1.10. DIAGRAMA DE PARETO

Es una metodología que permite ver el grado de influencia de unos pocos elementos en el total de los resultados obtenidos, es notoria su bondad en cuanto a que puede registrar la influencia de unos cuantos elementos en un gran porcentaje del fenómeno final. Permite descartar la influencia de muchos elementos triviales en la consecuencia de una actividad o falla.

1.11. LISTADO DE MÁQUINAS

Se muestra a continuación el listado de máquinas que conforman la línea de producción R06, descompuestas en sus diferentes sistemas, subsistemas y componentes.

Tabla 9. Máquina Extrusor de Tarros.

EXTRUSOR		
Sistema	Subsistema	Componentes
Alimentación		Sujetador Superior de Moneda Sujetador Inferior de Moneda Posicionador de La Moneda Mecanismo Rotula Moneda Tornillo Guía Posicionador Cadena Muñeca Mecanismo Muñeca Brazo Mecanismo Muñeca
Formador	Rod	Aguantador del Rod Boquilla Porta Rod Tuerca Empujador Rod Rod Soporte Boquilla Porta Rod
	Botador	Botador Tarros Soporte Botador Rod Sujetador Soporte Botador Eje Botador Extrusor Cuadrante Botador Extrusor
	Hembra	Hembra Pernos Sujetador de Sufridera Tornillo Centrador de La Hembra Cono Base Porta Hembra Tuerca Centrador de Hembra Aguantador Hembra Taco Hembra
Transporte De Monedas		Resistencias de Calefacción Cangilones Pasadores

EXTRUSOR		
Sistema	Subsistema	Componentes
Transporte vasos de zinc		Banda transmisión principal plana Cadena de transmisión
Lubricación		Sensor de lubricación Filtro de aceite Aceite iso 100
Transmisión		Motor principal Motor tobogán Embrague
Eléctrico de potencia		Suiche tambor Fusibles Transformador de voltaje Relé Relé temporizador Contactor (220v) Térmico Breaker bipolar Borneras
Eléctrico de control		Pulsadores Piloto Paro de emergencia
Neumático		Pistola sopladora de aire

Tabla 10. Máquina Trimmer

TRIMMER		
Sistema	Subsistema	Componentes
Sistema de Transmisión		Motor Eléctrico 2,2 Kw 955 rpm Transmisión por Polea y Banda Mecanismo de Leva Excéntrica Transmisión por Piñones (tren de engranaje) Clutch Eje Transmisión por Cadena
Sistema de Corte		Cuchillas Superior e Inferior

TRIMMER		
Sistema	Subsistema	Componentes
		Estrella (mordazas, pines) Formador de Boca Mecanismo de Leva para Cuchilla de Corte Superior
Sistema Eléctrico	Potencia	Variador Contactores 220V Guardamotor
	Control	Temporizador Relé Pulsador Stop Paro de Emergencia

Tabla 11. Zona de Mezcla

MEZCLAS		
Sistema	Subsistema	Componentes
Solución		Tanque T1 Motor Eléctrico 1/3 HP 3490RPM Bomba 1/3 HP 2,5 GPM
Recirculación (Laminas de Zinc)		Tanque T2 Laminas de Zinc Motor Eléctrico 1/3 HP 3490RPM Bomba 1/3 HP 2,5 GPM
Filtrado		Filtros de Malla FSI (2) Pmax:100Psi MaxT:43°C
Purificación de Agua		Filtros Purificadores de Agua (2 de Acido, 2 de Soda)
Cloruro de Zinc, Nonifenol		Tanque T5 Motor Eléctrico 1/3 HP 3490RPM Bomba 1/3 HP 2,5 GPM
Bombeo Tómbolas		Bomba de Diafragma Wilden Pmax:125Psi
Tómbola`	Transmisión	Motor Eléctrico Transmisión por Banda y Polea Chumacera Eje

MEZCLAS		
Sistema	Subsistema	Componentes
	Mezcladora	Aspas Mezcladoras
	Tomboleo	Entrada de Mezcla Aspersor
Sistema Eléctrico	Tablero de Control	Suiche Muletilla 2 Posiciones Pilotos Pulsadores Paro de Emergencia Pantalla de Control (Cantidad de Mezcla) PLC Relé 250V 11 Pines Variador Micromaster 440
	Tablero de Potencia	Fusibles Mini Breaker Unipolar Fuente de Voltaje 10V DC Transformador Contactores 220V Guarda Motor Mini Breaker tripolar Térmico Alimentación Principal
Sistema Neumático		Bobina Electroválvula 230 Filtros Válvula de Accionamiento Eléctrico

Tabla 12. Máquina PLM

PLM		
Sistema	Subsistema	Componentes
Alimentación de Tarros	Elevador de Tarros	Banda Elevador Motor Eléctrico 0,25 HP Transmisión Piñón-Cadena
	Vibrador de Tarros 240V 3,4A	Platinas Vibrador Tolva de Distribución
	Posicionados de Tarros	Motor Eléctrico 0,25 HP 1360 RPM

PLM		
Sistema	Subsistema	Componentes
		<p>Motoreductor</p> <p>Banda dentada Transportadora</p> <p>Chiflis</p> <p>Sistema de Varillas Posicionadotas</p>
Sistema de Papel Electrolítico	Alimentador de Papel	<p>Motor Eléctrico 230V 0,18 KW</p> <p>desenvolvedor de Papel</p>
	Arrastre de Papel	<p>Motor Arrastrador de Papel</p> <p>NAMCO</p> <p>Disco de Arrastre (O-Ring)</p> <p>Tubo Preformador</p>
	Dosificador	<p>Uñas Formadoras</p> <p>Juego de Guías</p> <p>Varilla Guía de Papel</p> <p>Cuchillas Papel Electrolítico</p> <p>Expansor Neumático de Papel Electrolítico</p>
Sistema de Inyección de Mezcla	Alimentación de Mezcla	<p>Disco de Aspas Cerámicas</p> <p>Caja de Acumuladora de Mezcla</p> <p>Bandeja de Alimentación</p> <p>Vibrador de Mezcla</p>
	Inyección de Mezcla	<p>Plunger(Eje Alimentador de Mezcla)</p> <p>Gooseneck</p> <p>Recibidores (Trasero y delantero)</p>
	Compactación	<p>Boquilla Cerámica</p> <p>Posicionadores de Tarros de Zinc</p> <p>Eje Compactador de Mezcla</p>
Arandela de Fondo	Corte de Arandela de Fondo	<p>Cuchillas Macho Y Hembra (Troquel)</p>
	Alimentación de Cartón	<p>Mecanismo de Trinquete de Cartón</p> <p>desenvolvedor de Cartón</p>
	Posicionados de Arandela de Fondo	<p>Eje Posicionados Arandela</p>

PLM		
Sistema	Subsistema	Componentes
Sistema de Transporte		Acople de Disco Cadena Cangilones Pisadores
Sistema de Transmisión		Motor Eléctrico Eje Axial Motoreductor Excéntricas Leva Transmisión Piñón-Cadena Transmisión Por Banda Chumaceras Cloche Transmisión Por Cadena Cajas Indexadoras Acople de Disco
Arandela de Compactación	Corte de Arandela de Compactación	Cuchillas Macho Hembra (Troquel)
	Alimentación de Cartón	Mecanismo de Trinquete de Cartón desenvolvedor de Cartón
	Posicionados de Arandela de Fondo	Eje Posicionados
Sistema Eléctrico	Tablero de Control	Pulsador Reset de Falla Suiche Muletilla 2 Posiciones Relé 110V Piloto Tablero de Control RED No 33450 Vin 110/240 Vout 102/205 PLC Siemens Simatic S7-200
	Tablero de Potencia	Guarda Motor 6-18 A Mini Breaker Unipolar Fusible Portafusibles Contactor 220 V Mini Breaker Tripolar

PLM		
Sistema	Subsistema	Componentes
		Contactador 220 V
Sistema de Sensores		Sensor de Mercurio
		Sensor Inductivo PNP 8mm 10-30VDC Sensor Inductivo PNP 12mm 10-30VDC Sensor Inductivo PNP 18mm 10-30VDC Sensor EMISOR-RECEPTOR 24 V PNP Sensor de Banda EA15030015
Sistema Neumático		Bobina Electroválvula Válvula de Accionamiento Eléctrico Válvula de Corredera Válvula Reguladora de Caudal Presostato Silenciadores

Tabla 13. Máquina CRIM

CRIM		
Sistema	Subsistema	Componentes
Sistema de Transporte		Cadena Cangilones Pisadores
Sistema de Transmisión		Motor Eléctrico Excéntrica Caja Indexadora Motoreductor R:90 Transmisión Por Cadena Chumaceras Eje Acople Plástico
Sistema Insetador de Carbón	Insetador de Carbón	Posicionador de Tarros Varilla Insetadora de Carbones

CRIM		
Sistema	Subsistema	Componentes
		Orquilla Guía Posicionadora de Carbón
	Alimentación de Carbón	Tolva de Carbones Mecanismo Agitador de Carbones Chiflis Metálico
Sistema de Arandela Final	Corte	Cuchilla Macho-Hembra (Troquel)
	Alimentación (RAPIDAIR)	desenvolvedor de Papel
Chequeador de Voltaje		Contactos Tubo de Salida
Sistema Eléctrico	Tablero de Control	Variador Micromaster 420 PLC Siemens Simatic S7-200 Suiche Muletilla 2 Posiciones Pulsadores Piloto Paro de Emergencia Pantalla Simatic OP3 Relé 24V DC
	Tablero de Potencia	Mini Breaker Tripolar Mini Breaker Unipolar Portafusibles Fusibles Guarda Motor 1,8-2,5 A Contactador 220V
Sistema de Sensores		Sensor Autoreflex PNP Sensor Inductivo PNP
Sistema Neumático		Cilindro Neumático Rapid Air Válvula Corredera Unidad de Mantenimiento Válvula de Caudal Válvula de Escape Rápido Tanque Acumulador

Tabla 14. Máquina TOP

TOP (Selladora de Asfalto)		
Sistema	Subsistema	Componentes
Alimentador de Tapas Positivas	Alimentador	Bandeja de Alimentación Vibrador alimentador de tapas positivas 110V Posicionador de Tapa Positiva Guía de Tapas Positivas
Alimentación de Asfalto	Nordson	Tanque de Asfalto Bomba Motor 1/6 HP 230V 2,1A Manguera Alimentación de asfalto 1500Psi 6 Ft Boquilla Módulos Neumático
Quemador		Bujías Cilindro de Gas Boquilla
Transmisión Eje Principal		Motor 1650 RPM 0,75 Kw Transmisión Por Cadena Eje Rodamientos Caja Indexadora Leva Excéntrica Sellador
Sellador de Tapas Positivas	Rebordeo	Cabezote Rebordeador Mec. Posicionador Tapas Rebordeador Preformador Mordaza de Rebordeo
	Transporte	Chiflis de Entrada Plato Posicionador de Pila Empalme de Salida Chiflis de Salida
Sistema Eléctrico	Tablero de Control	Variador Micromaster 420 PLC Siemens S7-200 Pantalla Simatic OP3

TOP (Selladora de Asfalto)		
Sistema	Subsistema	Componentes
		Pulsadores Pilotos (Fallo-Arranque) Suiche Muletilla 2 Posiciones Paro de Emergencia Relé 110V Tablero de Control de Asfalto
	Tablero de Potencia	Mini Breaker Tripolar Mini Breaker Unipolar Guarda Motor 1,8-2,5 A Contactores 220V Térmico 0,8-1,2A Portafusibles Fusibles
Sistema de Sensores		Sensor Inductivo PNP 8mm Sensor Autoreflex 24V Cuadrado Sensor Inductivo PNP 12mm
Sistema Neumático		Bobina Electroválvula Msfw 110vac 50/60 Bobina Electroválvula Msg- 24vdc 50/60 Válvula de Accionamiento Eléctrico Válvula de Corredera W-3- 3/8 Válvula Reguladora de Caudal Regulador de Presión Condensador

Tabla 15. Máquina BOTTOM

BOTTOM (Insertadora de Tapa de Fondo)		
Sistema	Subsistema	Componentes
Insertadora de Disco de Fondo	Rebordeo	Cabezote Rebordeador Mec. Posicionador Tapas Rebordeador Preformador Mordaza de Rebordeo

BOTTOM (Insertadora de Tapa de Fondo)		
Sistema	Subsistema	Componentes
Transmisión de Potencia		Motor Eléctrico 1HP 1650 RPM Transmisión Por Cadena Cloche Eje Principal Rodamientos Leva Leva Excéntrica Con Rodamiento Caja Indexadora
Alimentador de Tapas de Fondo	Alimentador	Bandeja de Alimentación Vibrador alimentador de tapas de fondo 110V Posicionador de Tapas de Fondo Guía de Tapas de Fondo
Transporte		Chiflis de Entrada Plato Posicionador Y de Barriles Empalme de Salida Chiflis de Salida
Sistema Eléctrico	Tablero de Control	PLC Siemens S7-200 Pantalla Simatic OP3 Pulsadores Pilotos Suiche Muletilla 2 Posiciones Paro de Emergencia Variador Micromaster 420 Relé 60V DC
	Tablero de Potencia	Mini Breaker Tripolar Mini Breaker Unipolar Portafusibles Fusibles Guarda Motor 1,8-2,5 A Contactores 220V Térmico 4-9 A Térmico 0,8-1,2 A
Sistema de Sensores		Sensor Autoreflex 24V CUADRADO Sensor Inductivo PNP 12mm

BOTTOM (Insertadora de Tapa de Fondo)		
Sistema	Subsistema	Componentes
		Sensor Inductivo PNP 18mm
Sistema Neumático		Bobina Electroválvula Msn2w-110vac Válvula de Accionamiento Eléctrico Válvula Reguladora de Cauda Llave de Paso Filtro Regulador 1/5 Pistola Sopladora de Aire Lbp-1/4

Tabla 16. Banda Acumuladora

BANDA ACUMULADORA		
Sistema	Subsistema	Componentes
Banda Acumuladora		Motor Eléctrico 0,6 HP 220V Motoreductor R:73 Trasmisión por Cadena Banda Transportadora Disco de Empuje Caja Acumuladora Chiflis de Nylon
Posicionador de Pila		Motor 1/4 HP 230 V 1730 RPM Disco de Goma Posicionador Banda Plana Transportadora
Control	Nivel Mínimo	Sensor de Banda EA15030015

Tabla 17. Máquina Etiquetadora

ETIQUETADORA		
Sistema	Subsistema	Componentes
Alimentación		Tolva de Acumuladora de Pilas
Transporte	Transporte Chequeadora	Estrella Posicionadora Banda de Cangilones
	Transporte Etiquetado	Motor Eléctrico 1/3 HP 1655RPM Cadena de Transporte

ETIQUETADORA		
Sistema	Subsistema	Componentes
Sistema de Transmisión		Transmisión Piñón-Cadena Ejes Rodamientos Motor Eléctrico Motoreductor Cloche Transmisión por Cadena Disco Guía Con (O-Ring) Transmisión Por Piñones Transmisión por Banda
Etiquetado	Alimentación	Motor DC 4A desenvolvedor de Etiquetas Sistema Guías de Etiqueta Separador de Papel Y Stiker
	Etiquetador	Motor Eléctrico DC 1/4 HP Banda de Espuma (Etiquetado)
	Termoformado	Motor Eléctrico Bomba de Aire Resistencia Eléctrica (2) 3KW 220V 15A Boquillas de Salida de Aire
Sistema Eléctrico	Tablero de Control	Pulsador Piloto 220V Suiche Muletilla de 2 Posiciones Relé 24 VDC 11 Pines Relé 24 VDC 8 Pines Miniatura Relé 24 VDC 4 Pines Miniatura Relé 220 VAC 11 Pines Miniatura Relé Temporizador Variador SSD 505 CUBE Comparador WM60A-24 D
	Tablero de Potencia	Guarda Motor 1-1,6 A Fusibles Portafusibles Contactor 220V

ETIQUETADORA		
Sistema	Subsistema	Componentes
		Fuente de Voltaje Siemens 4 A
Sistema de Sensores		Sensor Inductivo PNP 12MM 10-30 Vdc Sensor Inductivo PNP 12MM 10-30 Vdc Sensor Inductivo 12MM 110vac Conector Sensor Inductivo 30MM PNP 10-30 Vdc Sensor Reflex Con Mira 24 Vdc E3s-Ar81 Marca Umron Sensor Reflex Con Mira Wenglor D-88010
Sistema Neumático		Bobina Electroválvula Válvula de Accionamiento Eléctrico Condensador Presostato Unidad de Mantenimiento

Tabla 18. Máquina Empacadora de Ristra

EMPACADORA DE RISTRA		
Sistema	Subsistema	Componentes
Transmisión		Motor Eléctrico 1HP 60RPM de Salida Chumaceras Transmisión Piñón-Cadena Transmisión Por Piñones
Transporte		Cadena de Transporte tolva acumuladora de pilas Estrella Posicionadora de Pila
Empaque	Alimentación de Empaque	Carrete de Empaque Rodillo Guía
	Sellador de Empaque	Rodillos Selladores Resistencia Eléctrica Termocuplas

EMPACADORA DE RISTRA		
Sistema	Subsistema	Componentes
	Corte	Mecanismo de Cuchilla
Sistema Eléctrico	Tablero de Control	Pulsador Suiche Muletilla 2 Occisiones Suiche con Enclavamiento Relé 110VAC Relé Estado Solidó AC250V,25A Contador Controlador de Temperatura (PID)
	Tablero de Potencia	Guarda Motor 3,5-5 A Contactor 220V Breaker Unipolar
Sistema de Sensores		Sensor Inductivo 12 mm Sensor Autoreflex 18mm
Sistema Neumático		Filtro de Aire Electroválvula Válvula de Caudal Actuador Neumático Bobina Electroválvula Válvula de Accionamiento Eléctrico Válvula de Accionamiento Eléctrico Condensador Silenciadores

2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

2.1. OBJETIVO

Analizar la criticidad del proceso de producción de pila R06, ubicando los tiempos de fallas, reparaciones, tiempos y demoras pertinentes en el cálculo CMD.

2.2. INTRODUCCIÓN

A partir del análisis de criticidad se pueden identificar las máquinas con los tiempos improductivos mas elevados, y con las actividades correctivas hechas en estas máquinas, se puede determinar que grado de riesgo representan y además sirven de punto de partida para saber que tipo de acciones se deben implementar para la reducción del riesgo y la detección de causas raíces que puedan generar futuras fallas.

El empleo de las herramientas de confiabilidad permite detectar la condición más probable en cuanto al comportamiento de un activo, ello a su vez proporciona un marco referencial para la toma de decisiones que van a direccionar la formulación de planes estratégicos (SIS@2007).

2.3. MÁQUINAS CRÍTICAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN R06

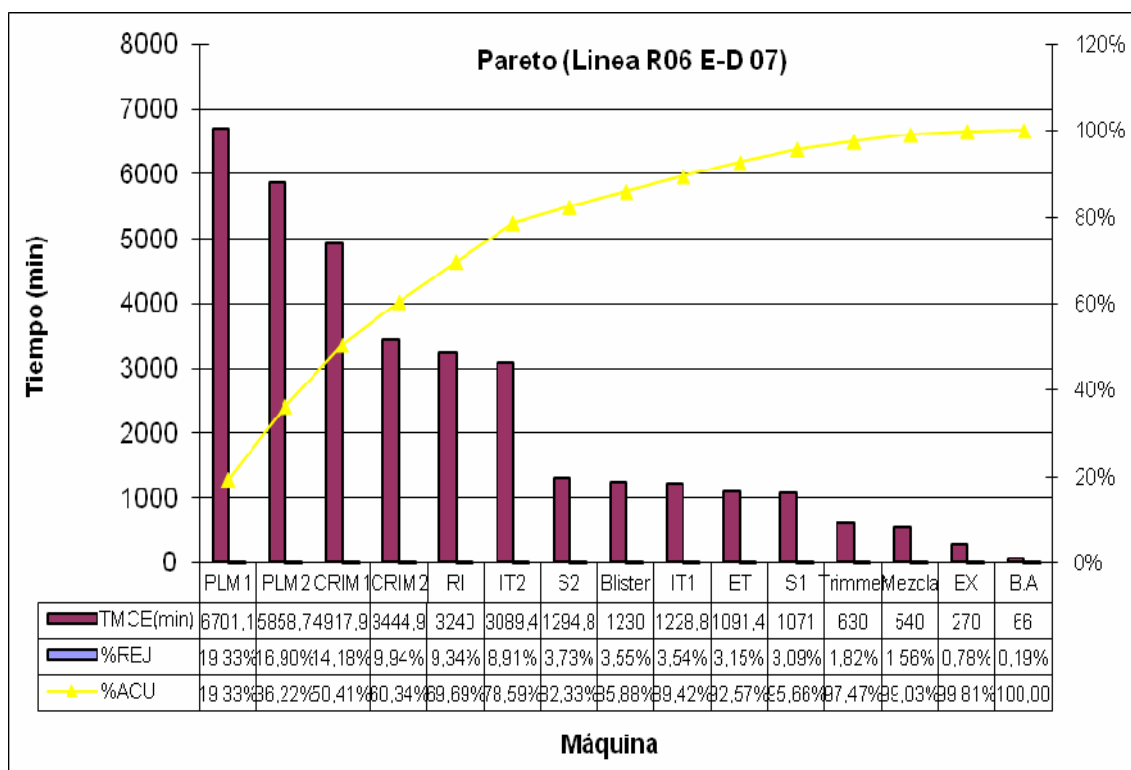
Basados en el historial disponible en la compañía, se toman todas las actividades realizadas en las máquinas que conforman la línea de producción R06 durante un periodo que comprende desde enero del 2007 hasta junio del presente año. El estudio se divide en un análisis completo del año 2007 y del primer semestre del 2008, con el fin de llevar un mejor seguimiento y comparar resultados. Para el análisis de criticidad corresponden únicamente las actividades relacionadas con mantenimientos correctivos (MCE) y se recopilan los tiempos de parada de cada una de las máquinas durante dichas actividades, todo esto con el fin de elaborar el

análisis de pareto útil para determinar cuales de las máquinas generan los tiempos improductivos más elevados dentro de la línea.

Tabla 19. Datos Pareto (Enero 2007 – Diciembre 2007)

MÁQUINA	TMCE(min)	%REJ	%ACU
PLM1	6701,1	19,33%	19,33%
PLM2	5858,7	16,90%	36,22%
CRIM1	4917,9	14,18%	50,41%
CRIM2	3444,9	9,94%	60,34%
RI	3240	9,34%	69,69%
IT2	3089,4	8,91%	78,59%
S2	1294,8	3,73%	82,33%
Blister	1230	3,55%	85,88%
IT1	1228,8	3,54%	89,42%
ET	1091,4	3,15%	92,57%
S1	1071	3,09%	95,66%
Trimmer	630	1,82%	97,47%
Mezcla	540	1,56%	99,03%
EX	270	0,78%	99,81%
B.A	66	0,19%	100,00%
TOTAL	34674		

Ilustracion 4. Diagrama de pareto (Enero – Diciembre 2007).



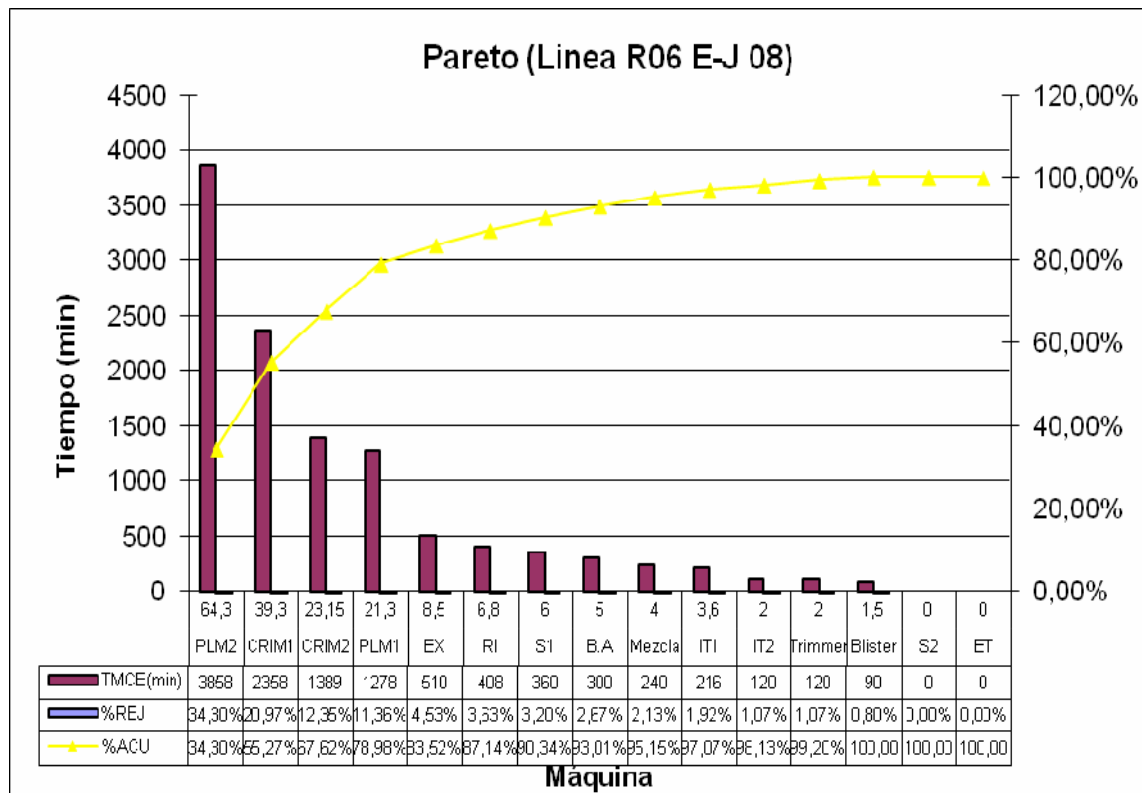
A partir de los resultados arrojados del análisis de pareto para las máquinas de la línea de producción R06 presentes en la tabla 19 , se puede observar que los dos porcentajes mas elevados de tiempos improductivos corresponden a las máquinas PLM 1 y PLM2 respectivamente con el 19.33% y 16.90%, en estas máquinas se inicia el ensamblaje de las pilas, estas reciben los tarros e insertan en ellos las arandelas de fondo y la mezcla; las máquinas que siguen a estas dos en sus líneas son las CRIM y en estas a partir del análisis se presenta el tercer y cuarto tiempo mas elevado de paros improductivos con el 14.18% para la CRIM 1 y el 9.94% para la CRIM 2, lo anterior muestra que en las máquinas donde se inicia el proceso de ensamble de las pilas esta representado el 60.34 % del tiempo improductivo de la línea R06, las dos máquinas restantes que ajustan el 78.59%

son la Ristra con un 9.34% y la máquina Insertadora de Tapas de Fondo 2 con un 8.91%.

Tabla 20. Datos Pareto (Enero 2008 – Junio 2008)

MÁQUINA	TMCE (hrs)	TMCE(min)	%REJ	%ACU
PLM2	64,3	3858	34,30%	34,30%
CRIM1	39,3	2358	20,97%	55,27%
CRIM2	23,15	1389	12,35%	67,62%
PLM1	21,3	1278	11,36%	78,98%
EX	8,5	510	4,53%	83,52%
RI	6,8	408	3,63%	87,14%
S1	6	360	3,20%	90,34%
B.A	5	300	2,67%	93,01%
Mezcla	4	240	2,13%	95,15%
IT1	3,6	216	1,92%	97,07%
IT2	2	120	1,07%	98,13%
Trimmer	2	120	1,07%	99,20%
Blister	1,5	90	0,80%	100,00%
S2	0	0	0,00%	100,00%
ET	0	0	0,00%	100,00%
	TOTAL	11247		

Ilustracion 5. Diagrama de pareto (Enero –Junio 2008).



En el análisis de pareto para el primer semestre del presente año se observa que ya solo cuatro Máquinas conforman el 80% de los tiempos improductivos. Estas Máquinas son: PLM 2 con un porcentaje del 34.30%, CRIM 1 con el 20,97%, CRIM 2 con el 12.35% y la PLM 1 con el 11.36%, que dan un total del 78.98%.

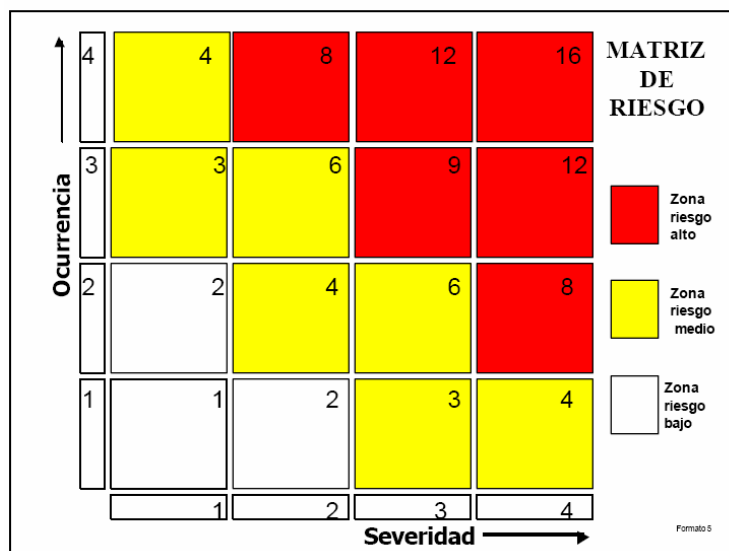
Comparando los resultados entre el pareto del año anterior y el pareto del primer semestre del presente año se observa que las Máquinas insertadora 2 y la Máquina ristra no hacen parte del 80% de los tiempos improductivos, esto lo explica en gran parte a las nuevas tareas de mantenimiento que se han venido implementando para estas Máquinas.

2.4. ANÁLISIS DE FALLA

Para el análisis de falla se toman las seis máquinas mencionadas anteriormente como las de mayor criticidad. A partir de las actividades correctivas desarrolladas en las máquinas y la frecuencia que tuvieron estas durante el periodo ya descrito se puede calificar a partir de la tabla 7 la Ocurrencia. Luego se evalúan las consecuencias y los efectos que tuvieron cada una de las actividades de acuerdo con los criterios de calificación de severidad presentes en las tablas, desde la 1 a la 6 y junto con esto la calificación tomada de la tabla 11 para determinar los valores probabilísticos para cada tipo de impacto y así obtener el valor de la Severidad a partir de la ecuación 5.

Con los valores de severidad y ocurrencia se puede calcular el RPN (ecuación), y además se puede desarrollar la matriz de riesgo, en donde se determinan cuáles de las actividades son de alto, medio o bajo riesgo.

Ilustración 6. Matriz riesgo de falla RCM



Moubray.

Con base en las actividades que representan un riesgo alto o medio se pueden determinar causas y posibles soluciones para evitar la repetición de estas.

El criterio para calificar los valores probabilísticos de cada impacto, es tomado del proyecto de grado de Viviana Sanín²², hecho para la línea de producción de pila R20.

Tabla 21. Valor probabilístico de cada impacto Ki

IMPACTO K	Ki
Falla oculta (KFO)	0,05
Falla seguridad física (KSF)	0,1
Falla medio ambiente (KMA)	0,1
Falla operacional (KOC)	0,35
Falla reparaciones (KOR)	0,2
Falla imagen corporativa (KIC)	0,2

De la información tomada del historial del programa de mantenimiento MP2 para el periodo de estudio definido, se toman las actividades correctivas ejecutadas al igual que la frecuencia con la que se presentaron dichas actividades. Lo anterior sirve para tener una mejor perspectiva en la calificación de la ocurrencia y en la determinación de modos y causas de fallas.

Los cálculos se realizan desde la herramienta Excel, por esta razón se omiten las formulas y el proceso de calculo de severidad y de RPN. Además en las tablas se califican las tareas de acuerdo a su riesgo y se consideran si son críticas o no.

El análisis de riesgo de fallas para las máquinas con mayor tiempo improductividad en la línea de producción R06 es el siguiente:

²² Viviana Sanín: Ingeniera Mecánica, jefe de mantenimiento de tronex battery company S.A

Tabla 22. Análisis de efecto de falla máquinas PLM.

PLM																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
1.1.1.1	Arandela De Compactación	Troquel arandela de compactación descentrado (desajustado)	No hay corte	Macho y hembra desalineados	4	0	1	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
1.1.1.2				Desgaste de piezas	4	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica
1.1.1.3				Cuchillas desafiladas	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.4				Tiempos entre macho y hembra desincronizados	3	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica
1.1.1.5				Troquel mal ensamblado	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.6				Mala fabricación del troquel	4	0	1	0	1	0	0	0	0,3	1,2	R Medio	Crítica
1.1.2.7		Corte defectuoso	Corte defectuoso	Tiempos entre macho y hembra desincronizados	3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
1.1.2.8				Desgaste de piezas	4	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica
1.1.2.9				Cuchillas desafiladas	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.2.10				Macho y hembra desalineados	4	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica
1.1.2.11				Mala fabricación del troquel	4	0	1	0	1	0	0	0	0,3	1,2	R Medio	Crítica
1.2.3.12	Perdida de filo troquel arandela de compactación	Corte defectuoso	Desgaste producido por la abrasión con el cartón	2	0	1	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica		
1.2.3.13			Despique de las cuchillas	3	0	1	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica		
1.3.4.14	Tarros deformados	Despique de tarros	Vaso mal posicionado respecto al troquel	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica		
1.3.4.15			Desincronización entre los tiempos del troquel y el posicionamiento del tarro	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica		
1.3.4.16			Desgaste en la cadena de transporte y canglones	2	0	2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica		
1.3.4.17			Pisadores desajustados	4	0	2	0	0	0	0	0,2	0,8	R Medio	No Crítica		
1.4.5.18	Suciedad en el troquel	Mal corte	Residuos de cartón (scrap)	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica		
1.4.5.19			Residuos de mezcla	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica		
2.5.6.20	Arandela De Fondo	Troquel arandela de fondo descentrado	No hay corte	Macho y hembra desalineados	4	0	1	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
2.5.6.21				Desgaste de piezas	4	0	1	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
2.5.6.22				Troquel mal ensamblado	3	0	1	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
2.5.6.23		Mala fabricación del troquel	4	0	1	0	1	0	0	0,3	1,2	R Medio	Crítica			
2.5.7.24		Corte defectuoso	Corte defectuoso	Macho y hembra desalineados	4	0	1	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
2.5.7.25				Desgaste de piezas	4	0	1	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
2.5.7.26	Troquel mal ensamblado			3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica		

PLM																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
2.5.7.27				Mala fabricación del troquel	4	0	1	0	1	0	0	0,3	1,2	R Medio	Crítica	
2.5.8.28			Mala posición de la arandela	Desincronización entre las levas y la cadena de transporte	3	0	1	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
2.6.9.29		Guía del troquel desajustada	descentrado en el troquel	Bujes desgastados	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica	
2.7.10.30		Tarros deformados	Despique de tarros	Vaso mal posicionado respecto al troquel	2	0	1	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica	
2.7.10.31				Desgaste en la cadena de transporte y cangilones	2	0	2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica	
2.7.10.32				Desincronización entre los tiempos del troquel y el posicionamiento del tarro	2	0	1	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica	
2.7.10.33				Pisadores desajustados	4	0	2	0	0	0	0	0,2	0,8	R Medio	No Crítica	
3.8.11.34		Variación en el peso	Bajo peso o exceso de peso en la pila	Fractura en la rosca del plunger	2	0	2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica	
3.8.11.35				Corrosión en la rosca por mezcla	2	0	2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica	
3.8.11.36				Desgaste en los ejes de compactación de mezcla	2	0	2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica	
3.8.11.37				Estación desalineada	2	0	1	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica	
3.8.11.38				Boquilla reventada	2	0	0	0	1	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica	
3.8.11.39				Tornillos del cuerpo del plunger reventados	2	0	1	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica	
3.8.11.40				Resorte de compactación reventado	3	0	1	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
3.8.11.41				Rosca de plunger desgastada	2	0	2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica	
3.9.12.42	Sistema De Inyección De Mezcla	Boquilla de mezcla desajustada		Mal montaje después de limpieza	2	0	1	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica	
3.9.12.43				Desgaste	2	0	2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica	
3.9.13.44		Estación papel descentrada	Fallas en el receptor	Eje receptor en mal estado	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica	
3.9.13.45				Resorte malo	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica	
3.9.13.46				Tarro mal posicionado en los receptores	3	0	1	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
3.9.13.47				No limpieza en los receptores	2	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica	
3.9.13.48				Receptores fracturados	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica	
3.9.13.49				Receptores despegados	3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
3.9.13.50				Mal montaje después de limpieza	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica	
3.9.14.51		Plunger desajustado	Vibración	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica		
4.10.15.52	Sistema De Papel Electrolytico	Mal corte o no corta	Cuchillas papel electrolytico desajustadas	Perdida de filo	4	0	2	0	0	0	0	0,2	0,8	R Medio	No Crítica	
4.10.15.53				Cuchillas con medidas diferentes	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica	

PLM															
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas
4.10.15.54				Pelusa de papel (scrap) pegado en la cuchilla	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica
4.10.15.55				Desincronización entre los tiempos de inserción de papel y el posicionamiento del tarro	2	0	1	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica
4.10.15.56				Resortes reventados	3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
4.10.15.57				No presión en las unas de la estación	3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
4.10.15.58				No limpieza en la estación	2	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica
4.10.15.59				Mala fabricación	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica
4.10.15.60				Varilla de papel descalibrada	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica
4.11.16.61				Papel arrugado o cortado	Estación papel desajustada	Problema en el sistema de arrastre	2	0	2	0	0	0	0	0,2	0,4
4.11.16.62		El disco con O ring ejerce mucha presión sobre el papel	2			0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica
4.11.16.63		Las unas ejercen mucha presión (quiebre en el papel)	2			0	2	0	0	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica
4.11.16.64		El resorte empujador ejerce mucha presión	2			0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica
4.12.17.65		No papel en el vaso	No alimentación de papel	Fallas en el sensor de mercurio	3	0	3	0	0	0	0	0,3	0,9	R Medio	Crítica
4.12.17.66				Variación en el traslapeo	3	0	0					0	0	R Medio	No Crítica
4.12.17.67				Mala calidad del papel	2	0	2	0	0	0	1	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica
5.13.18.68	Sistema De Transporte	Pila ladeada	Pisadores desajustados	Atrancamiento de tarros	3	0	3	0	0	0	0	0,3	0,9	R Medio	Crítica
5.13.18.69				Tarro malo	3	0	2	0	0	0	1	0,4	1,2	R Medio	Crítica
5.13.18.70				Enredo línea de papel	3	0	3	0	0	0	0	0,3	0,9	R Medio	Crítica
5.13.18.71				Resortes desajustados	3	0	3	0	0	0	0	0,3	0,9	R Medio	Crítica
5.13.18.72				Cinta de pisadores desgastada	3	0	2	0	0	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica
5.14.19.73		Perdida de tiempos	Cadena de transporte desajustada	Atrancamiento de tarros	4	0	3	0	0	0	0	0,3	1,2	R Medio	Crítica
5.14.19.74				Despique de tarros	4	0	3	0	0	0	0	0,3	1,2	R Medio	Crítica
5.15.20.75		Mala dosificación de tarros	Trinquete vasos de zinc desajustado	Trinquete desgastado	4	0	3	0	0	0	0	0,3	1,2	R Medio	Crítica
5.15.20.76				No rectificación de trinquete	3	0	3	0	0	0	0	0,3	0,9	R Medio	Crítica
5.15.20.77				Trinquete descalibrado	3	0	0	0	0	0		0	0	R Medio	No Crítica
5.16.21.78		Cambio de cadena	Paro de la máquina	Mal estado de la cadena	2	0	2	0	1	0		0,4	0,8	R Bajo	No Crítica
5.16.21.79				Cadena estirada	2		2	0	1	0	0	0,4	0,8	R Bajo	No Crítica

PLM																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
6.17.22.80	Sistema Eléctrico	No operación de la máquina	Elementos eléctricos quemados	Elementos eléctricos quemados	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
6.18.23.81		Desincronización de tiempos	Sensor desajustado	Suciedad en el sensor	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
6.18.23.82				Mal estado del cable	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
6.18.23.83				Desajuste en la posición del sensor	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica

Tabla 23. Análisis de efecto de falla máquinas CRIM.

CRIM																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
1.1.1.1	Sistema Inserador De Carbón	Atranche y fractura de carbones	Estación de carbones desajustada	Mal montaje después de limpieza	3	0	3	0	0	0	0	0,15	0,45	R Medio	No Crítica	
1.1.1.2				Suciedad en la estación de carbones	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.3				Varilla torcida	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.4				Mal centrado del troquel	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.5				Componentes en mal estado	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.6				Pisador mal calibrado	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.7				Residuos de carbón	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.8				Mala calidad de los carbones	2	0	3	0	0	0	0	0	1	0,35	0,7	R Bajo
2.2.2.9	Sistema de Arandela Final	Tarros deformados	Despique de tarros	Vaso mal posicionado respecto al troquel	2	0	1	0	0	0	0	0,05	0,1	R Bajo	No Crítica	
2.2.2.10				Desgaste en la cadena de transporte y cangilones	2	0	2	0	1	0	0	0	0,3	0,6	R Bajo	No Crítica
2.2.2.11				Desincronización entre los tiempos del troquel y el posicionamiento del tarro	2	0	1	0	0	0	0	0,05	0,1	R Bajo	No Crítica	
2.2.2.12				Pisadores desajustados	4	0	2	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
2.3.3.13	Sistema de Arandela Final	No hay corte	Troquel arandela final descentrado	Elementos desgastados	4	0	1	0	0	0	0	0,05	0,2	R Medio	No Crítica	
2.3.3.14				Cuchillas despichadas	3	0	1	0	0	0	0	0,05	0,15	R Medio	No Crítica	
2.3.3.15				Desgaste de bujes	4	0	1	0	0	0	0	0,05	0,2	R Medio	No Crítica	
2.3.3.16				Eje piloto pegado	4	0	3	0	0	0	0	0,15	0,6	R Medio	No Crítica	
2.3.3.17				Desgaste de las cuchillas	2	0	1	0	0	0	0	0	0,05	0,1	R Bajo	No Crítica

CRIM																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
2.3.3.18		Corte defectuoso	Perdida de filo troquel arandela de final	Mala fabricación del troquel	4	0	1	0	1	0	0	0,25	1	R Medio	Crítica	
2.4.3.19				Tiempos entre macho y hembra desincronizados	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
2.4.4.20				Suciedad en el troquel por pila despificada	2	0	2	0	0	0	0	0	0,1	0,2	R Bajo	No Crítica
2.4.4.21				Macho y hembra desalineados	4	0	1	0	0	0	0	0	0,05	0,2	R Medio	No Crítica
2.4.4.22				Desgaste producido por la abrasión con el papel	2	0	1	0	0	0	0	0	0,05	0,1	R Bajo	No Crítica
2.5.5.23		Fallas en el Rapidair	Rapidair desajustado	Válvulas desgastadas	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica
2.5.5.24				Falta de lubricación	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica
2.5.5.25				Desincronización entre el troquel y el rapidair	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica
2.5.5.26				Fugas	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica
2.5.5.27				O ring desgastado	3	0	2	0	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica
2.6.6.28	Atranque en tubo por aieluya	Problemas en el piloto	Obstrucción en el tubo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica		
3.7.7.29	Chequeador De Voltaje	Paso de pilas defectuosas	Chequeador de voltaje desajustado	Suciedad en los contactos	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
3.7.7.30				Cilindro empujador desajustado	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
3.7.7.31				Problemas de programación	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica
3.7.7.32				No hace contacto con la pila	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
3.7.8.33		Set point desajustado	Reseteo del programa	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica	
4.8.9.34	Sistema Eléctrico	Descontrol de la máquina	Elementos eléctricos quemados	Elementos eléctricos quemados	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
4.8.10.35			Señales del PLC erróneas	Problemas electrónicos	2	0	0	0	0	0	0	0	0	R Bajo	No Crítica	
4.9.11.36		Atranques	Sensor desajustado	Sensor malo	4	0	2	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
4.9.11.37				Mal estado del cable	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
5.10.12.38	Sistema De Transporte	Pila ladeada	Pisadores desajustados	Atranques	3	0	3	0	0	0	0	0,15	0,45	R Medio	No Crítica	
5.10.12.39				Tarro malo	3	0	2	0	0	0	1	0,3	0,9	R Medio	Crítica	
5.10.12.40				Enredo línea de papel	3	0	3	0	0	0	0	0,15	0,45	R Medio	No Crítica	
5.10.12.41				Calibración de resortes	3	0	3	0	0	0	0	0,15	0,45	R Medio	No Crítica	
5.10.12.42				Cinta de pisadores desgastada	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
5.11.13.43		Pérdida de tiempos	Cadena de transporte desajustada	Suciedad en la cadena	2	0	2	0	1	0	0	0,3	0,6	R Bajo	No Crítica	
5.11.13.44				Atranques	4	0	3	0	0	0	0	0,15	0,6	R Medio	No Crítica	
5.11.13.45				Despique de tarros	4	0	3	0	0	0	0	0,15	0,6	R Medio	No Crítica	

CRIM															
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas
5.12.14.46		Cangilones desajustados	Pierden medida	Atrunque	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica
5.12.14.47				Choques	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica
5.12.14.48				Deformación	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica

Tabla 24. Análisis de efecto de falla máquina Insertadora de Tapas de Fondo.

INSERTADORA DE TAPA DE FONDO																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
1.1.1.1	Alimentador De Tapas De Fondo	posición inadecuada de la tapa	Posicionador de tapa desajustado	Fatiga del resorte	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
1.1.1.2				Descalibración del variador de velocidad	3	0	0	0	1	0	0	0,2	0,6	R Medio	No Crítica	
1.1.1.3				Sensor desajustado	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.4				No alimentación del vibrador	2	0	0	0	1	0	0	0,2	0,4	R Bajo	No Crítica	
1.1.1.5				Placa guía de disco desajustada	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
1.1.1.6				Mal centrado de la estrella respecto al rebordeador	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
2.2.2.7	Insertadora De Disco De Fondo	Golpe en pila	Plato desajustado	Plato descentrado	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
2.2.2.8				Elementos desgastados	3	0	1	0	0	0	0,05	0,15	R Medio	No Crítica		
2.2.2.9				Suciedad en barril	4	0	2	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica		
2.2.2.10				Rebordeador mal centrado	4	0	2	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica		
2.2.2.11				Resorte reventado en el rebordeador	4	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica		
2.2.3.12			Suciedad en quijadas	Elementos desgastados	2	0	1	0	0	0	0,05	0,1	R Bajo	No Crítica		
3.3.4.13	Transmisión De Potencia	Fallas en el movimiento del plato	Falla en seguidor caja indexadora	Desgaste en el seguidor de la caja indexadora	2	0	2	0	1	0	0	0,3	0,6	R Bajo	No Crítica	
3.3.4.14				Atrunque de celda	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
3.3.4.15				Bajo nivel de aceite	2	0	3	0	1	0	0,35	0,7	R Bajo	No Crítica		
3.3.4.16				Seguidor reventado	2	0	2	0	1	0	0,3	0,6	R Bajo	No Crítica		
3.4.5.17	No hay transmisión	Inspección clutch	Desgaste en los discos de embrague	2	0	2	0	1	0	0,3	0,6	R Bajo	No Crítica			
4.5.6.18	Transporte	Mal posicionamiento de la pila	Fallas en pines botadores	Desgaste de pines	3	0	2	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica		
4.5.6.19				Entrada del empujador desajustada	3	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica		

INSERTADORA DE TAPA DE FONDO																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
4.6.7.20		Pérdida en el transporte de pilas	Fallas en la cinta guía pin	Fatiga	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
4.6.7.21				La cinta se revienta	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
5.7.8.22	Sistema Eléctrico	Atranques	Sensor inductivo desajustado	Quemado de sensor	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
5.7.8.23				Mal estado del cable	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
5.7.8.24				Suciedad en el sensor	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
5.7.8.25				Desajuste en la posición del sensor	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
5.8.9.26				Paro de la máquina	Elementos eléctricos quemados	Problemas eléctricos	Subida de voltaje	2	0	0	0	0	0	0	0	0
5.8.10.27	Cable eléctrico reventado	2	0				3	0	0	0	0	0,15	0,3	R Bajo	No Crítica	

Tabla 25. Análisis de efecto de falla máquina Ristra.

RISTRA																
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas	
1.1.1.1	Empaque	Daño de pila	Descalibración en los tiempos de los rodillos	Atranques de pila	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
1.1.1.2				Desgaste de los ejes de los rodillos (desde la rosca)	4	0	3	0	0	0	0	0,15	0,6	R Medio	No Crítica	
1.1.1.3				Desgaste en los bujes	4	0	3	0	0	0	0	0,15	0,6	R Medio	No Crítica	
1.1.1.4				Resorte comprimidos	4	0	1	0	0	0	0	0,05	0,2	R Medio	No Crítica	
1.1.1.5				Mal montaje	3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica	
1.1.1.6				Prisionero suelto	4	0	2	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
1.1.1.7				Cuña torcida	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
1.1.2.8				Cizalla descalibrada	Por desgaste pierde filo	4	0	3	0	0	0	0	0,15	0,6	R Medio	No Crítica
1.1.2.9		Rodillos desajustados	3		0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica		
1.2.3.10		Corte defectuoso o no corta	Problemas en la cuchilla	Desgaste en las cuchillas por trabajo	4	0	2	0	0	0	0	0,1	0,4	R Medio	No Crítica	
1.2.3.11				Cuchillas reventadas	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
1.3.4.12		No hay control de temperatura	Contactos de cobre desajustados	Desgaste de escobillas	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica	
1.3.5.13				Problemas en la termocupla	Por el uso se quema	3	0	3	0	0	0	0	0,15	0,45	R Medio	No Crítica
1.3.5.14					Por contacto con el eje se revienta	3	0	2	0	0	0	0	0,1	0,3	R Medio	No Crítica

RISTRA															
No	Sistema	Modo de Falla	Causas Inmediatas	Causa de Falla	Ocurrencia	SF	FO	MA	OR	OC	IC	S	RPN	Riesgo	Tareas Críticas
2.4.6.15	Sistema Neumático	Mal empaçado	Problemas en el cilindro de la cizalla	Por fatiga se revienta la espiga del cilindro	4	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica
3.5.7.16	Sistema Eléctrico	Descontrol de la máquina	Elementos eléctricos	Se quedan pegados los contactos (se queman)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	R Medio	No Crítica

2.5. RESULTADOS

Después de observar y analizar la matriz de riesgos y el análisis de falla para las seis máquinas más críticas dentro de la línea de producción R06 se puede concluir:

Tabla 26. Resultados Análisis de Falla (Fallas Críticas)

Máquina	Sistema	Componente
PLM	Arandela de Compactación	Troquel
	Arandela de Fondo	Troquel
	Sistema papel electrolítico	Sensor de Mercurio
	Sistema de Transporte	Pisadores
		Trinquete
		Cadena de Transporte
CRIM	Sistema de Arandela Final	Troquel
	Sistema de Transporte	Pisadores

A partir de los resultados de las tablas 22 a la 25, se puede identificar claramente que todas las fallas presentan un riesgo medio, esto debido a que son fallas que afectan mas por su ocurrencia que por su severidad, ya que son fallas dirigidas a la calibración y ajuste en componentes que fácilmente debido a una variación ya sea en materias primas o fallas ocultas se desajustan y pierden su desempeño normal.

Una vez identificadas las fallas con un valor de riesgo medio, se hace una nueva valoración basada en el resultado del cálculo del RPN, entre un rango de 0.9 y 1.2, y así determinar cuáles de estas fallas son críticas, y con base en esto enfocar nuevas tareas para la reducción de estas fallas.

Al establecer que máquinas y en que sistemas se encuentran los modos de falla más críticos dentro de la línea de producción R06, se pueden determinar que tipo de actividades de mantenimiento son las más adecuadas para llevar a cabo como lo son: acciones modificativas, preventivas, predictivas, correctivas y de análisis de falla. Además sirven como punto de partida para el desarrollo de proyectos de mejoramiento.

3. CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO CMD

3.1. OBJETIVO

Aplicar los cálculos de CMD en forma global, a partir de distribuciones y una metodología universal, calculando los indicadores de MTBMc, MTBMp, MTTR, Mp y demás indicadores pertinentes del CMD a partir de los métodos de series temporales y distribuciones.

3.2. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones industriales actuales necesitan incrementar la productividad y su vez la calidad de cualquier sistema o proceso. Situación por la cual, el mantenimiento juega un papel muy importante a la hora de cumplir dichos objetivos. Ya que es necesario, hacer efectivos, registros, mediciones y evaluaciones de los índices básicos de la gestión de mantenimiento, los cuales se conocen como CMD.

Las ventajas observadas del estudio científico y matemático del CMD, resalta que pretenden buscar una metodología adecuada para medirlas y evaluarlas eficazmente, con el fin de brindar una herramienta fácil de usar para controlar la gestión y operación integral del mantenimiento.

En resumen, la confiabilidad se asocia a fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos.

3.3. HISTORIAL DE FALLOS EN LA MÁQUINAS DE MAYOR TIEMPO IMPRODUCTIVO DE PRODUCCIÓN

Las actividades tomadas del historial de mantenimiento durante el periodo correspondiente a enero del 2007 y a junio del presente año provienen del sistema de información de mantenimiento MP2 con el que cuenta la empresa Tronex , estas actividades y sus tiempos sirven para calcular la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de cada una de las seis máquinas que fueron consideradas más críticas a partir de los cálculos de criticidad y análisis de falla.

El periodo de estudio se divide en tres semestres: Enero-Junio 2007, Julio-Diciembre 2007 y Enero-Junio 2008. Esto con el fin de hacer un comparativo entre los resultados de cada semestre y así llevar un seguimiento del desempeño de las máquinas e igualmente del departamento de mantenimiento de la empresa Tronex Battery Company S.A. (Ver Anexos)

3.4. CÁLCULO Y RESULTADO DE INDICADORES DE CMD

El cálculo de los indicadores CMD se realiza con el programa VALRAMOR 4 [®]²³ utilizando los métodos de estimación, las diferentes distribuciones y pruebas de bondad de ajuste, y buscando cuál de ellas se acomoda mejor a los datos, con el fin de obtener un resultado mas preciso del indicador.

Para la disponibilidad se opta por utilizar la teoría y cálculo de la disponibilidad alcanzada, ya que es apto para cualquier tiempo bajo condiciones de operación específicas y en un entorno en donde no se considera ningún retraso logístico o

²³ VALRAMOR 4: Aplicacion para el cálculo de indicadores CMD. Este programa viene incluido en el libro " Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios" por Alberto Mora Gutiérrez.

administrativo pero involucra los tiempos imputables a las actividades planeadas de mantenimiento.

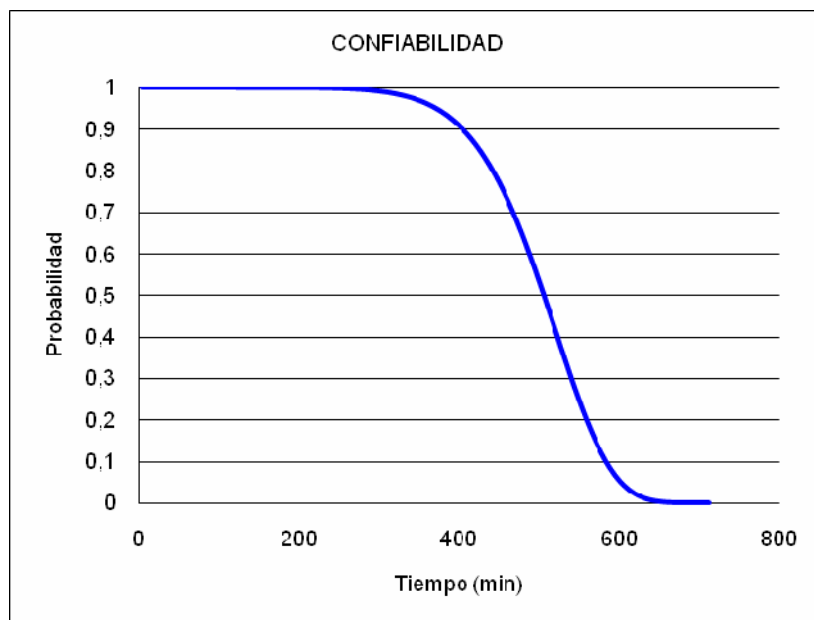
Al realizar el cálculo de la disponibilidad se asume varias consideraciones como: que el MTTR tiende en el tiempo a ser igual al MDT, que el MTBF es mucho mayor que MTTR, que le MLDT²⁴ tiende a cero en el tiempo.

En cada una de las siguientes graficas se propone un objetivo a cumplir con base en los resultados reflejados en cada una de las curvas de cada indicador, esto se hace para cada una de las maquinas y para cada periodo.

3.4.1 Análisis de Resultados PLM 1 (Enero – Junio 2007).

3.4.1.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 7. Curva de Confiabilidad.



²⁴ MLDT – Mean logistics Down Times – Tiempo medio de los tiempos logísticos, causados por demoras.

VALRAMOR 4 ®

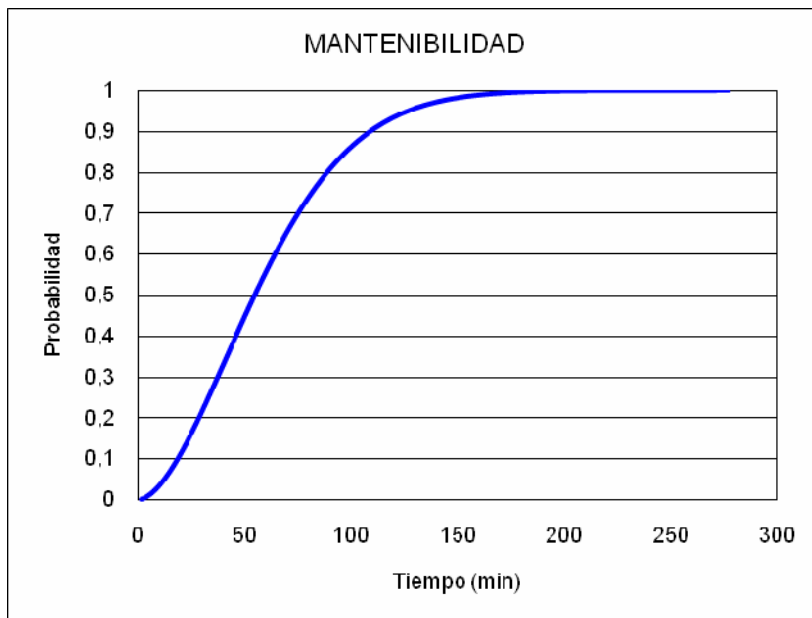
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina PLM1 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 497.783 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 52% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina PLM1 es aumentar el tiempo entre fallas hasta 2800 minutos; es decir, disminuir la probabilidad de que ocurran fallas en horas de producción.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (8.29 horas).

3.4.1.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 8. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



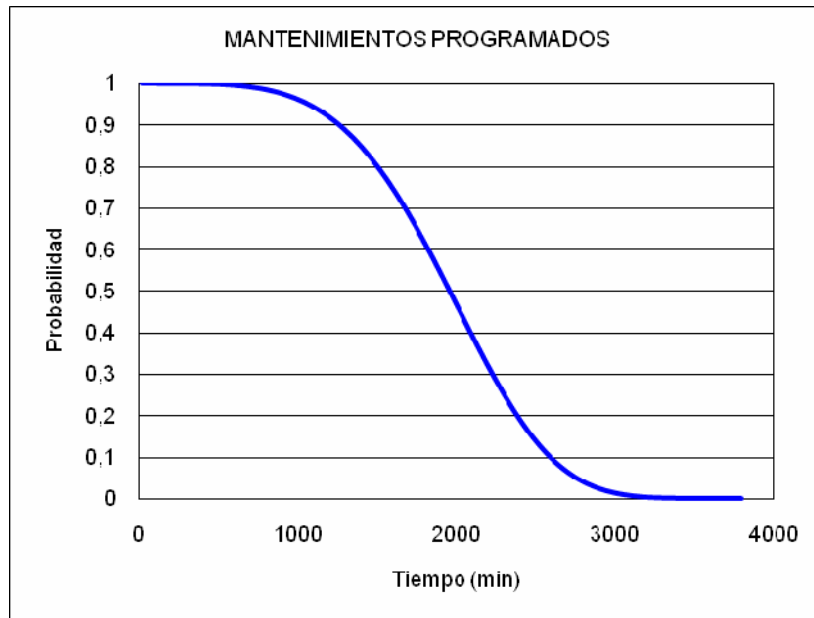
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 36 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 62.3 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoren más de 85.9 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de media hora.

3.4.1.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 9. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

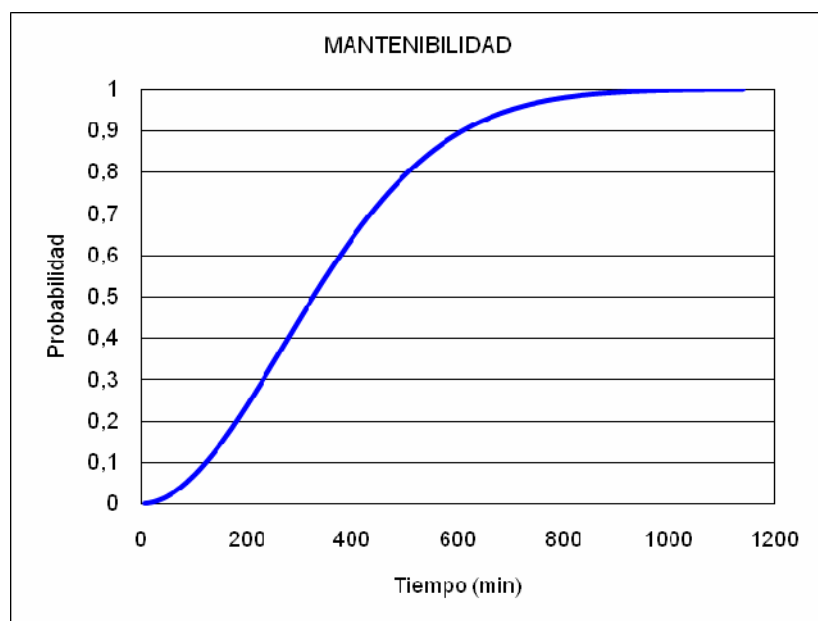


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1920 minutos es del 50%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 10. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

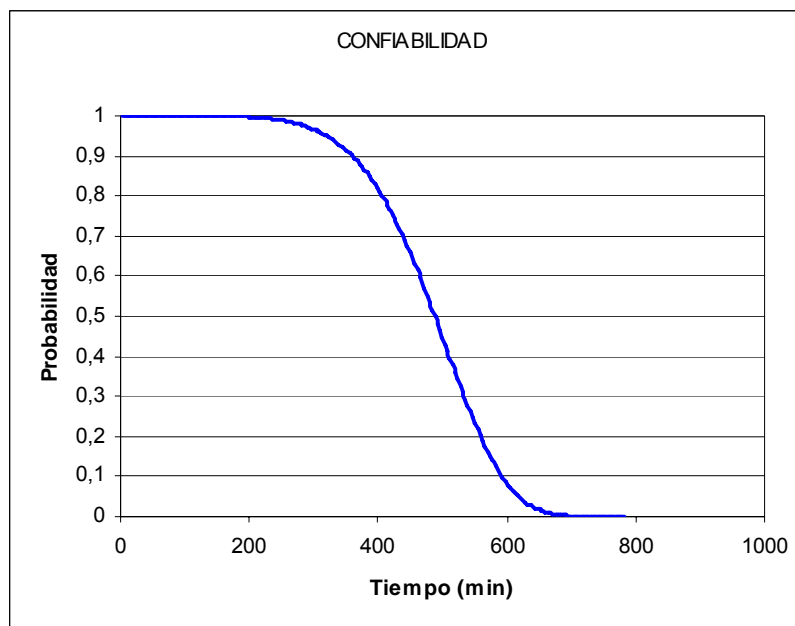
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 222 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 371 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 490 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 230 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.2. Análisis de Resultados PLM 2 (Enero – Junio 2007).

3.4.2.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 11. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina PLM 2 opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 479,634 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 48% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

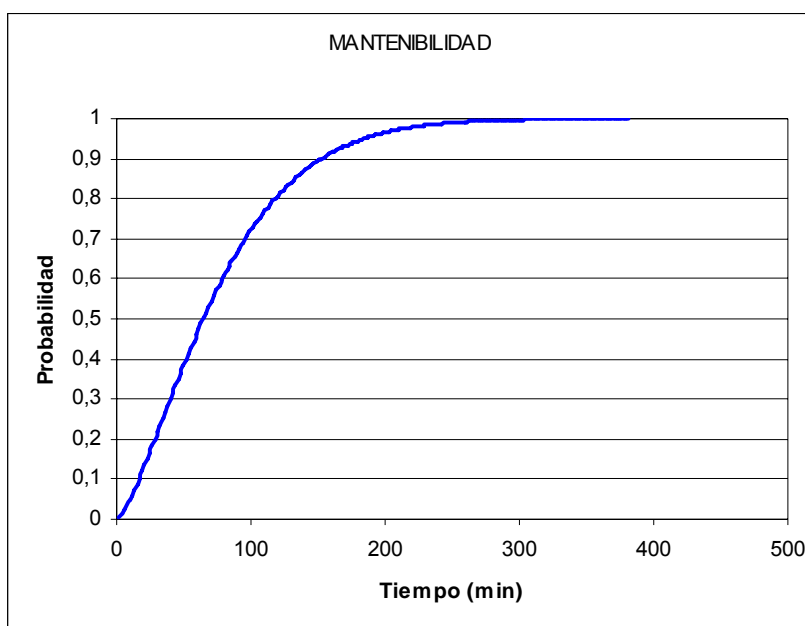
El objetivo en la Máquina PLM2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 15% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente

se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (7.993 horas).

3.4.2.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 12. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 40 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 80.17 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran mas de 118 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 45 minutos.

3.4.2.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 13. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

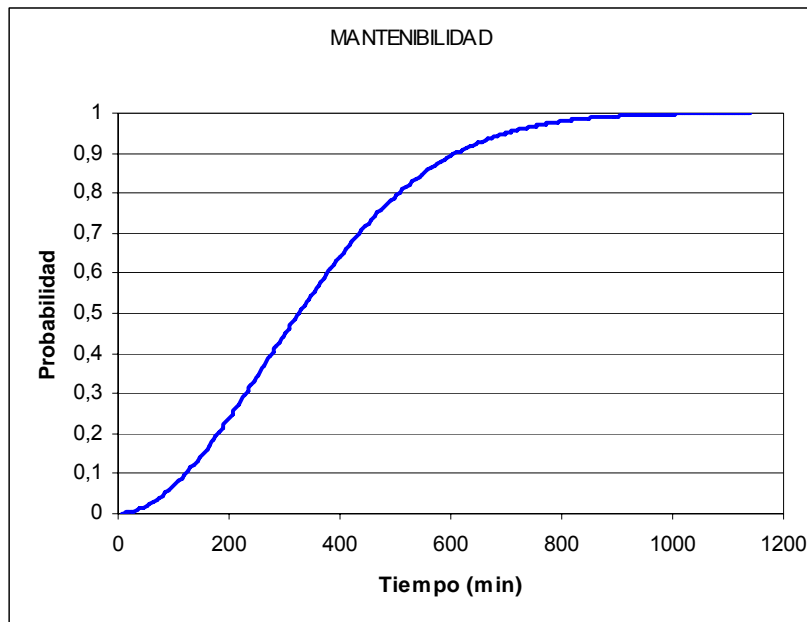


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1916.84 minutos o 3.42 días es del 50%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 11%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 14. Curva de Mantenibilidad (Programados)



VALRAMOR 4 ®

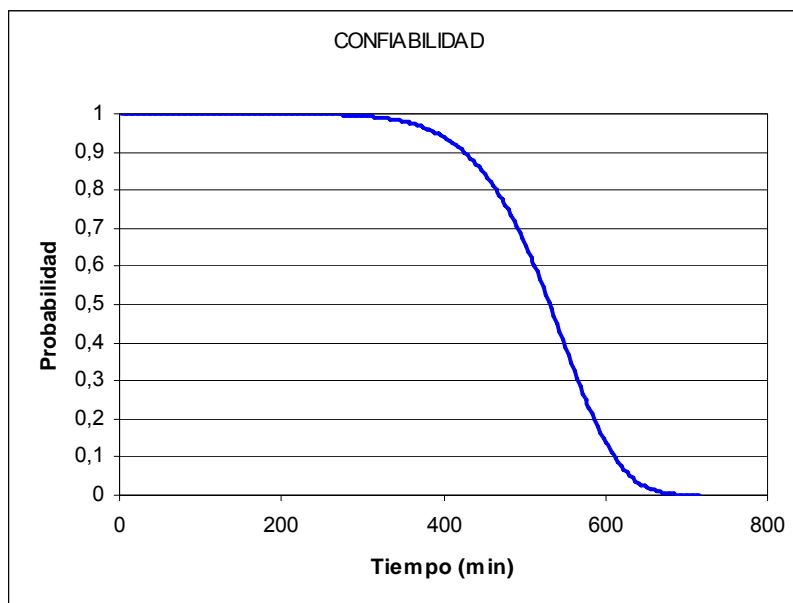
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 234 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 382 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 508 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se realice antes de 240 minutos.

3.4.3. Análisis de Resultados CRIM 1 (Enero – Junio 2007).

3.4.3.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 15. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina CRIM1 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 521.81 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 55%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

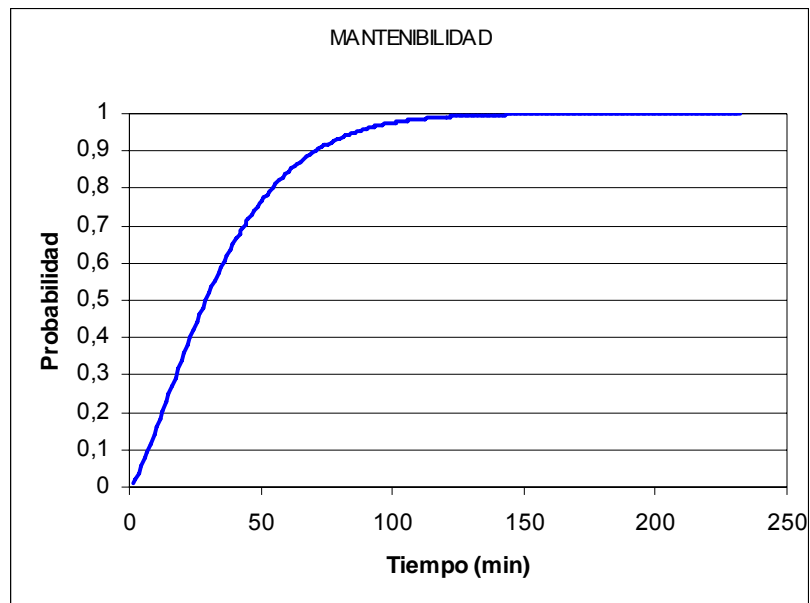
El objetivo en la Máquina CRIM 1 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 14% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente

se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (8.696 horas).

3.4.3.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 16. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



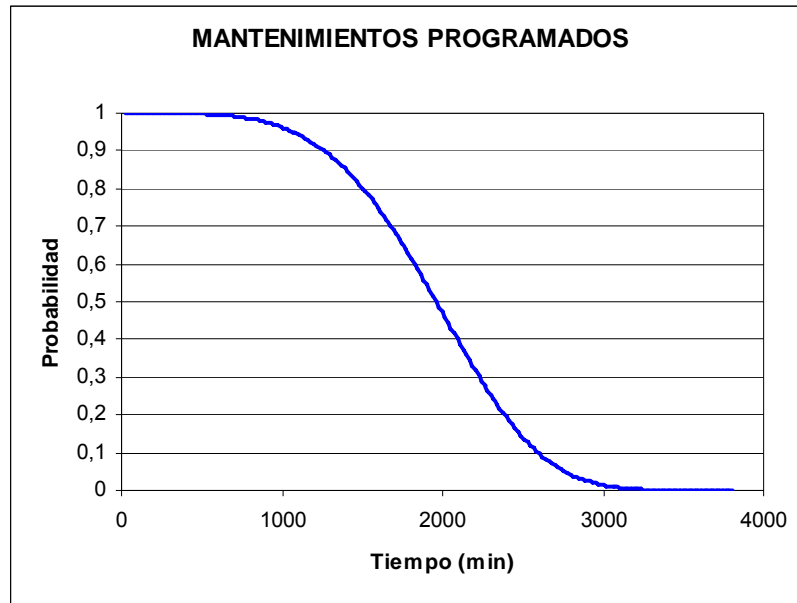
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 18 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 36 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 54.58 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 20 minutos.

3.4.3.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 17. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

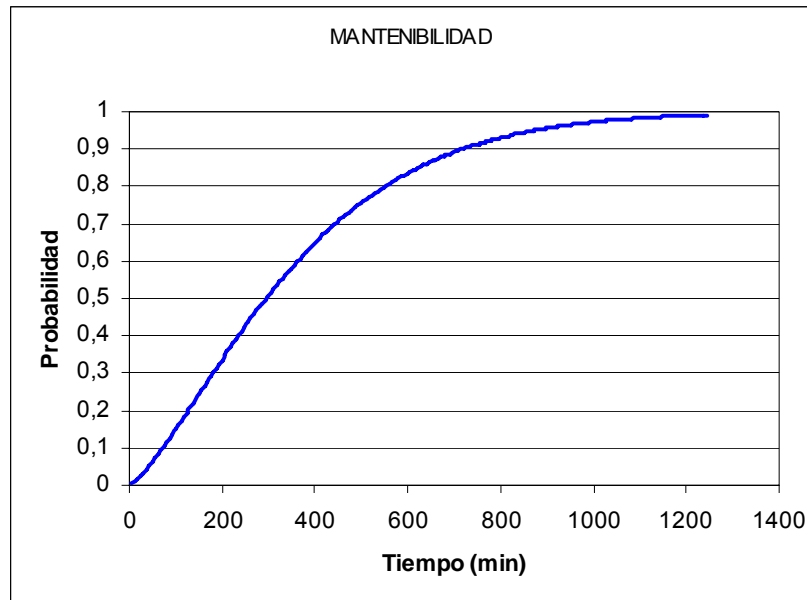


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1936.7 minutos es del 51.77%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 18. Curva de Mantenibilidad (Programados)



VALRAMOR 4 ®

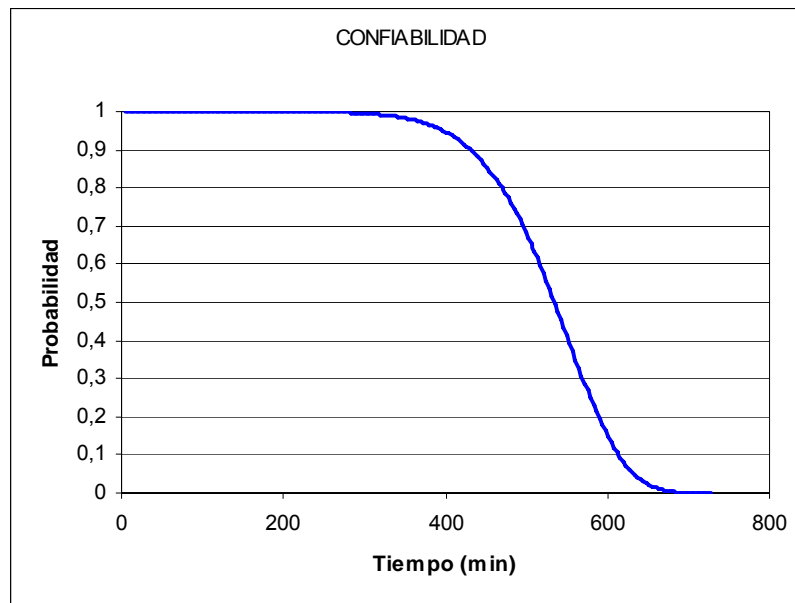
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 180 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 367.21 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 560 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 185 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.4. Análisis de Resultados CRIM 2 (Enero – Junio 2007).

3.4.4.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 19. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina CRIM 2 opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 527.93 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 46.17% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

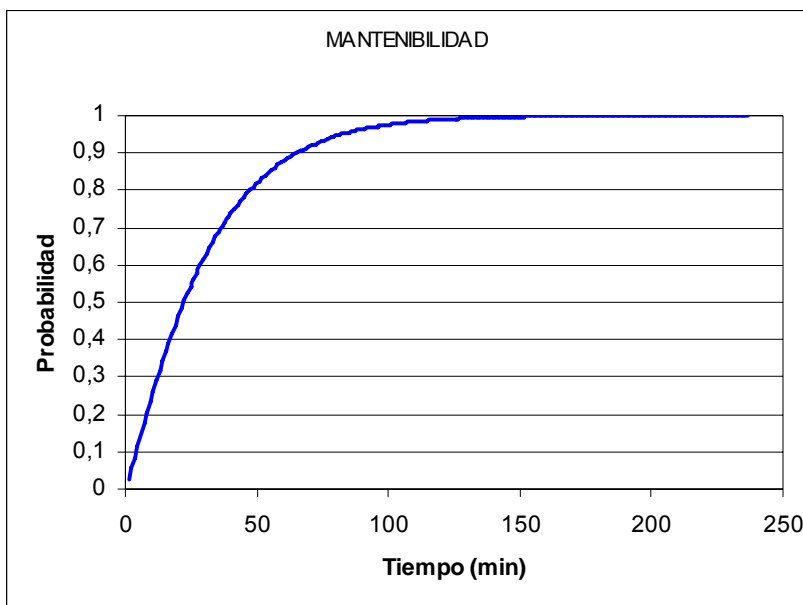
El objetivo en la Máquina CRIM 2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 13% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente

se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (8.7988 horas).

3.4.4.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 20. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



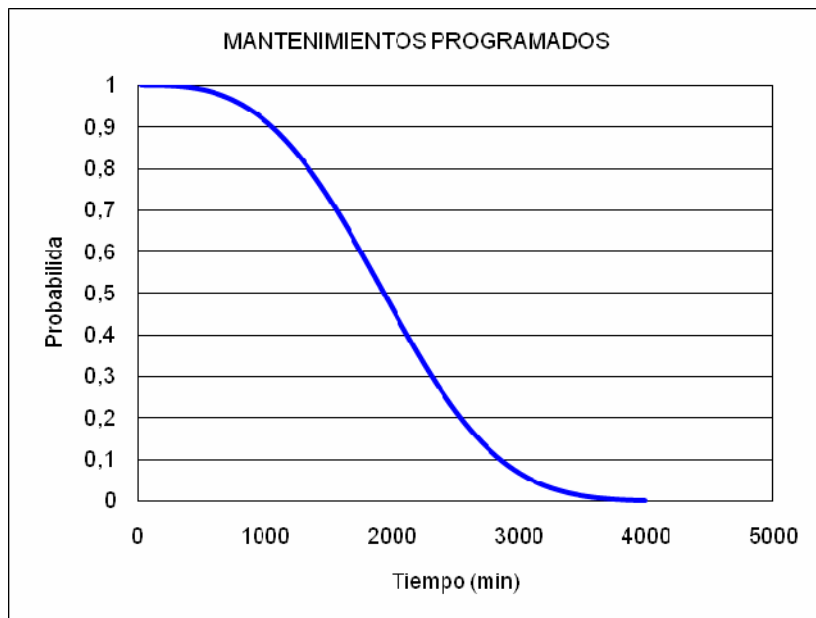
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 13 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 29 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran mas de 48 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 15 minutos.

3.4.4.3 Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 21. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.



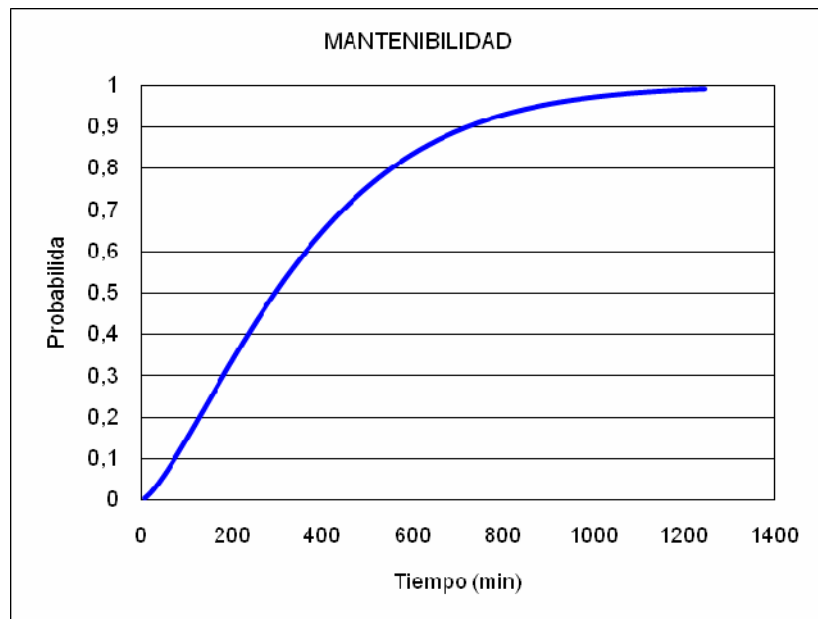
VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1913.3 minutos o 3.41 días es del 50%.

La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 horas o 5 días es del 9%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 22. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

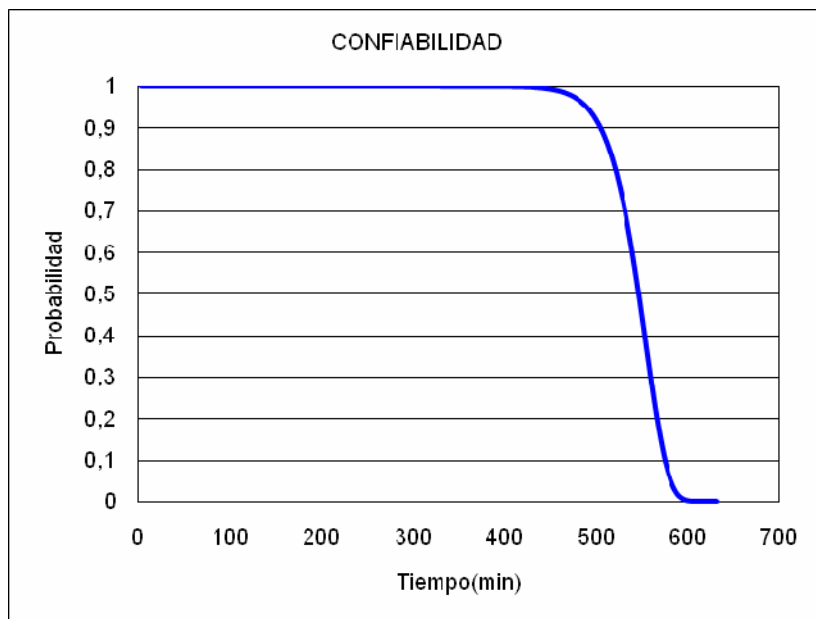
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 180 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 348 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 542 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 200 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.5. Análisis de Resultados Insertadora de Tapas 2 (Enero – Junio 2007).

3.4.5.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 23. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

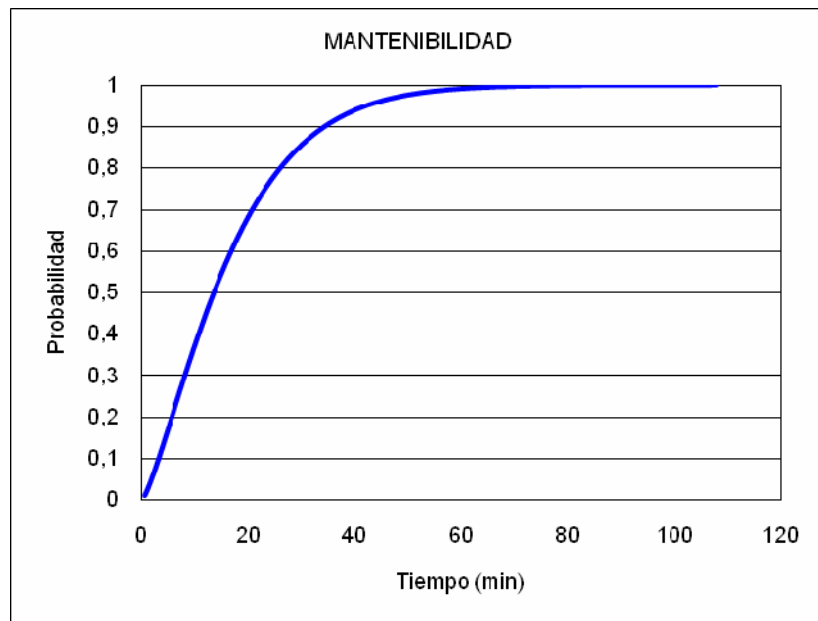
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina Insertadora de Tapas 2 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 545.87 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 50% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.097 horas).

El objetivo en la Máquina insertadora 2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 16% antes de los 568 minutos de operación o 9.47 horas.

3.4.5.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 24. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



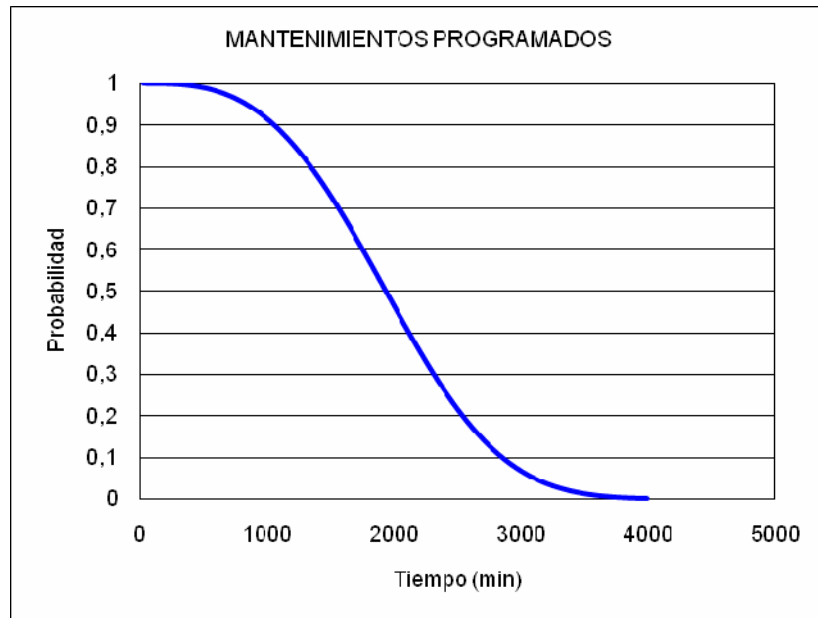
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 8.10 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 16.8 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 25.4 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 9 minutos.

3.4.5.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 25. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

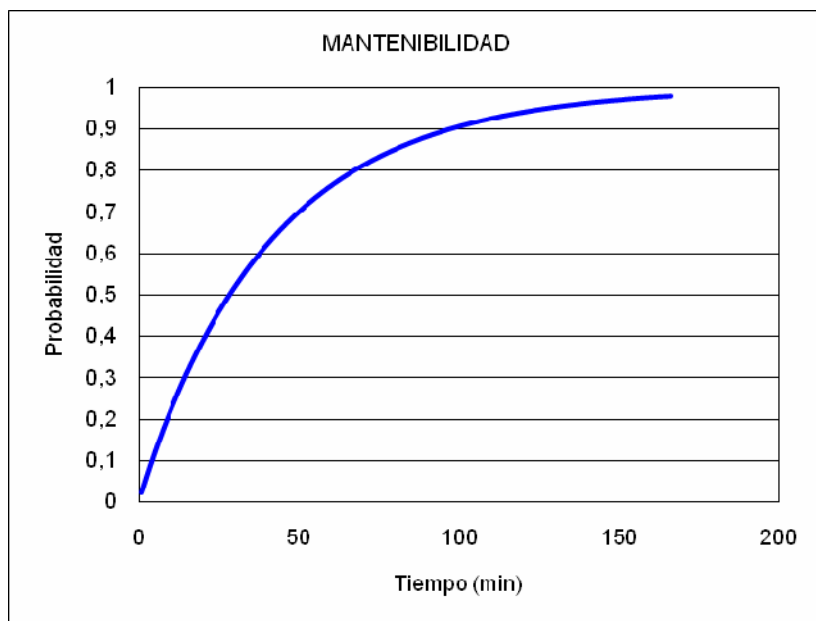


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 2186 minutos o 3.9 días es del 35%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 11%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 26. Curva de Mantenibilidad (Programados)



VALRAMOR 4 ®

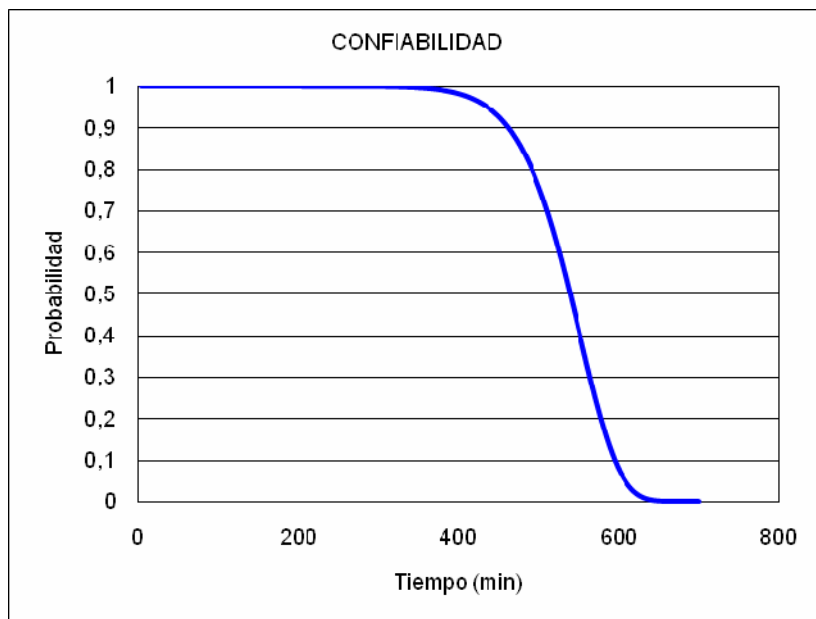
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 14.8 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 37.5 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 66.6 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 15 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.6. Análisis de Resultados Ristra (Enero – Junio 2007).

3.4.6.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 27. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina Ristra opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 544.24 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 56% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

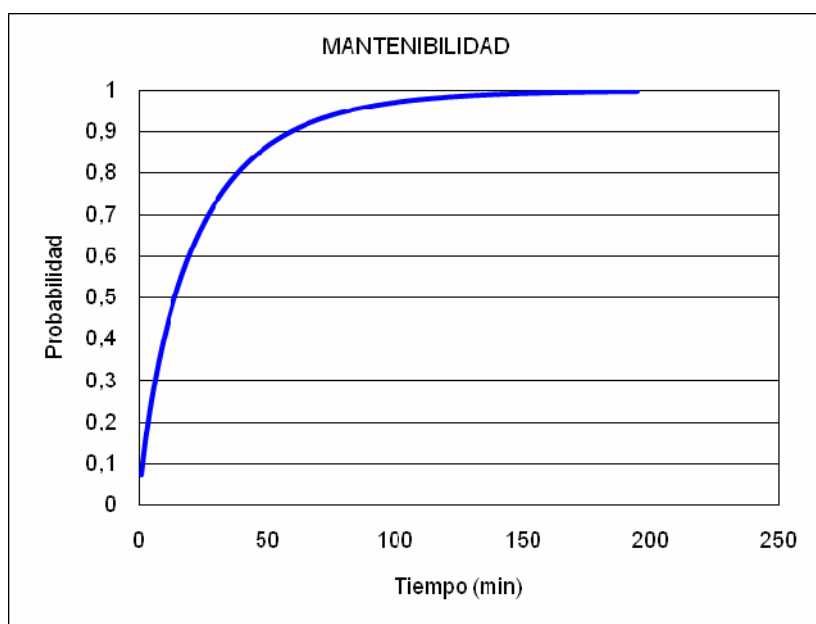
El objetivo en la Máquina Ristra es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 10% antes de los 590 minutos de operación o 9.83 horas.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente

se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.07 horas).

3.3.6.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 28. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



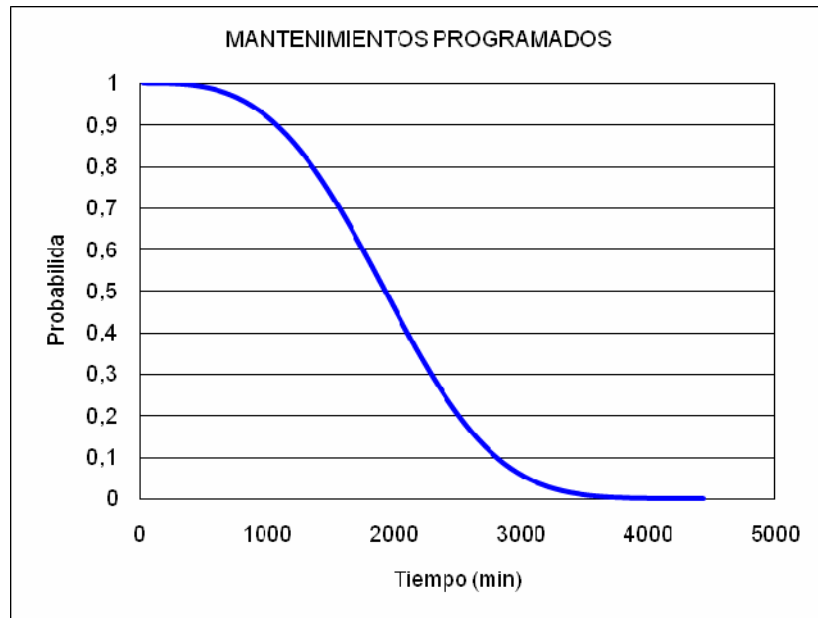
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 6.7 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 19.6 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoren más de 39min.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 7 minutos.

3.4.6.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 29. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

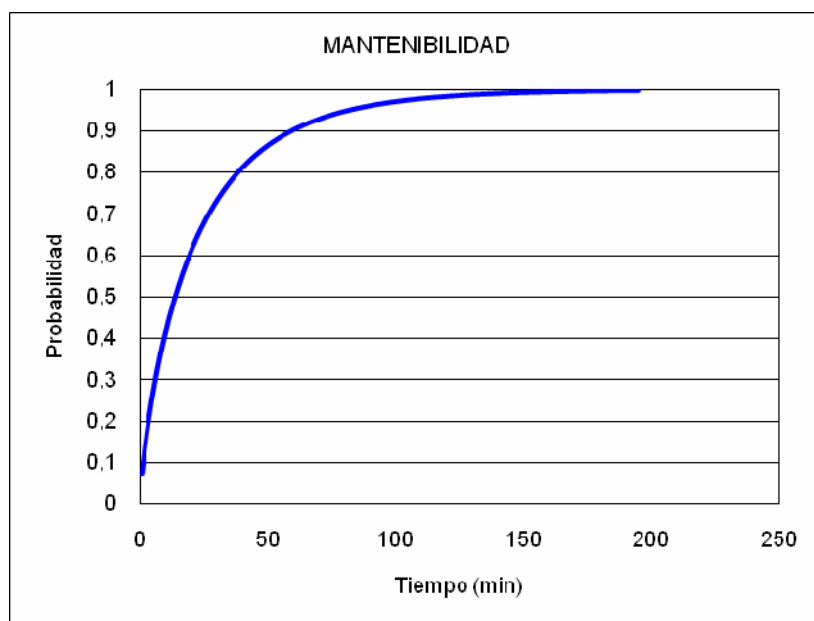


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1920 minutos o 3.42 días es del 49%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 9.7%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 30. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

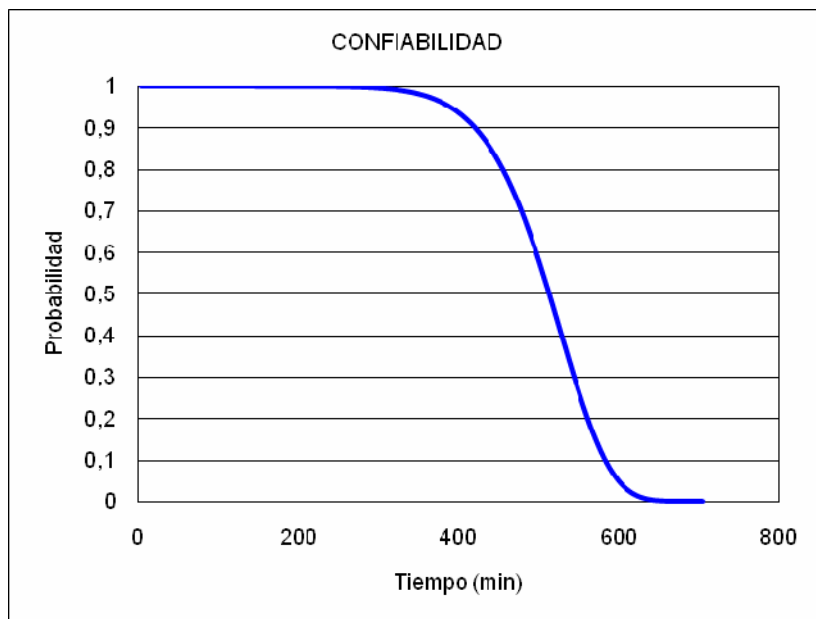
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 5.4 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 16.5 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 32 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 7 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.7. Análisis de Resultados PLM 1 (Julio – Diciembre 2007).

3.4.7.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 31. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina PLM1 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 505 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 55.8% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

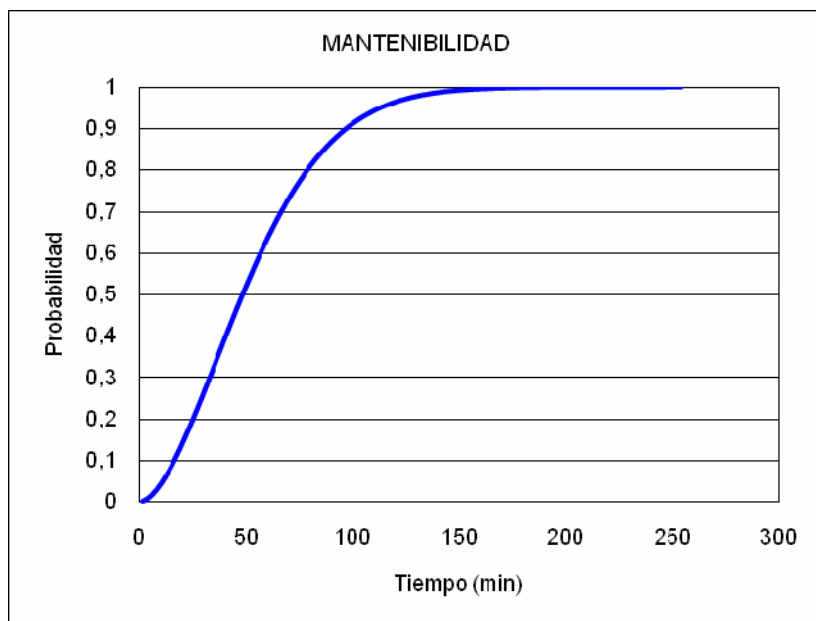
El objetivo en la Máquina PLM1 es aumentar el tiempo entre fallas hasta 2800 minutos; es decir, disminuir la probabilidad de que ocurran fallas en horas de producción.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente

se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (8.41 horas).

3.4.7.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 32. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



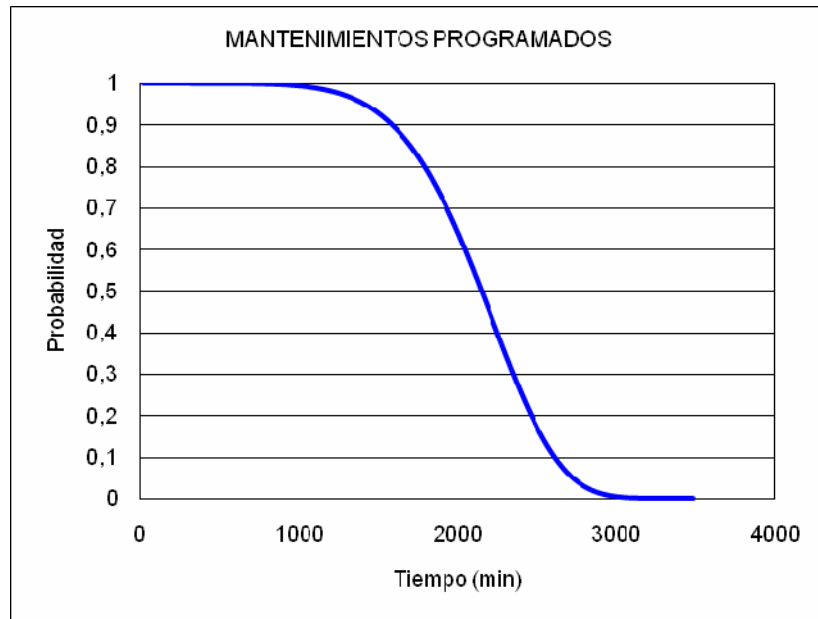
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 28 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 57.19 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 77.6min.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 30 minutos.

3.4.7.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 33. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

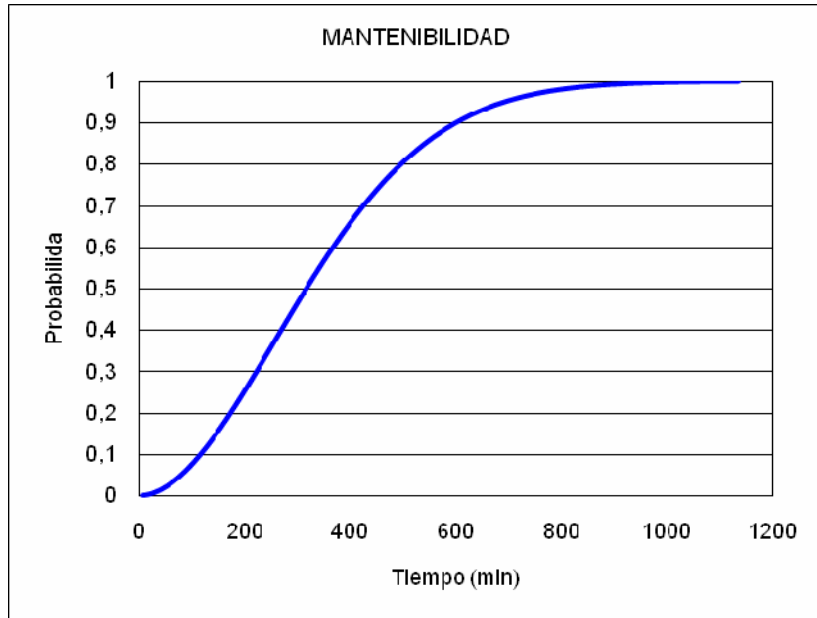


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 2112.7 minutos o 3.77 días es del 49%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 2.3%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 34. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

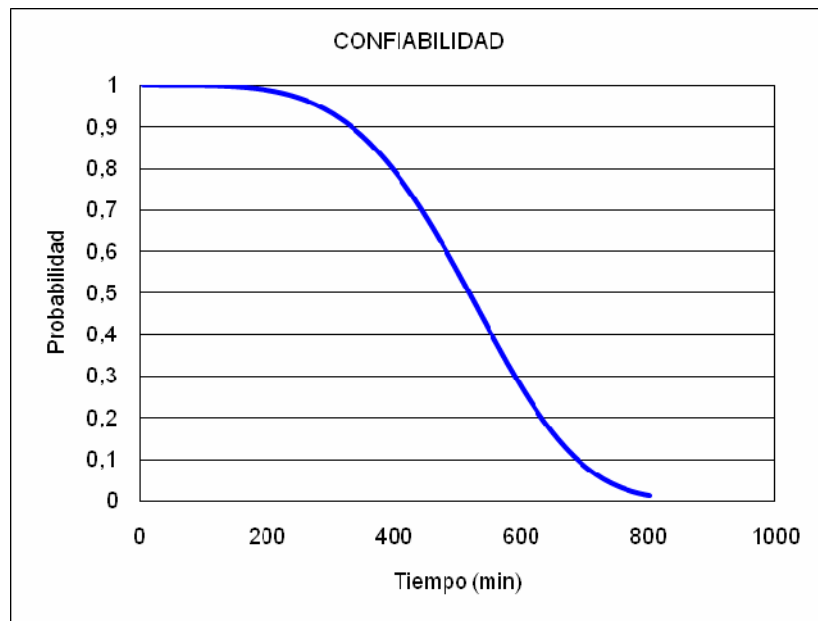
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 221.6 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 363.9 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 488.8 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 240 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.8. Análisis de Resultados PLM 2 (Julio– Diciembre 2007).

3.4.8.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 35. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina PLM 2 opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 503.43 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 45.4% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

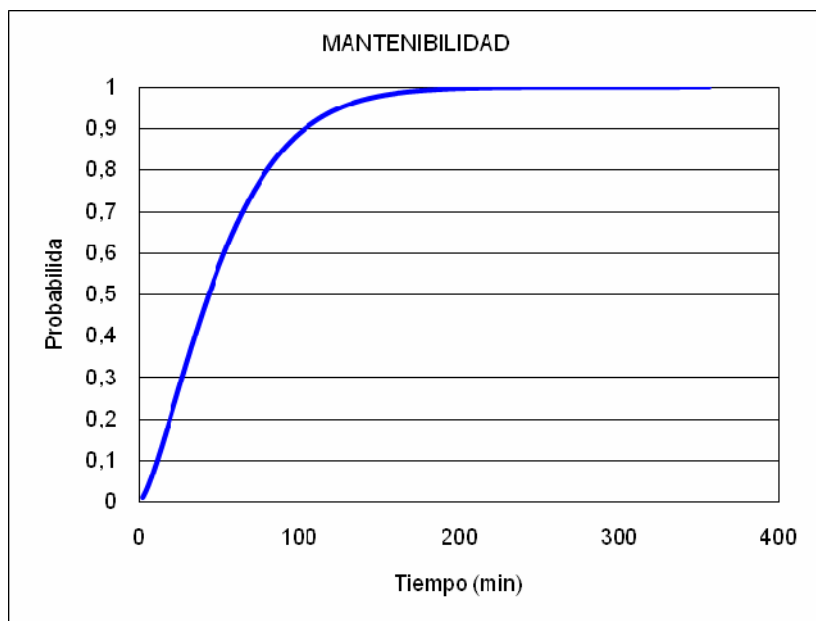
El objetivo en la Máquina PLM 2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 17% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente

se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.07 horas).

3.4.8.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 36. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



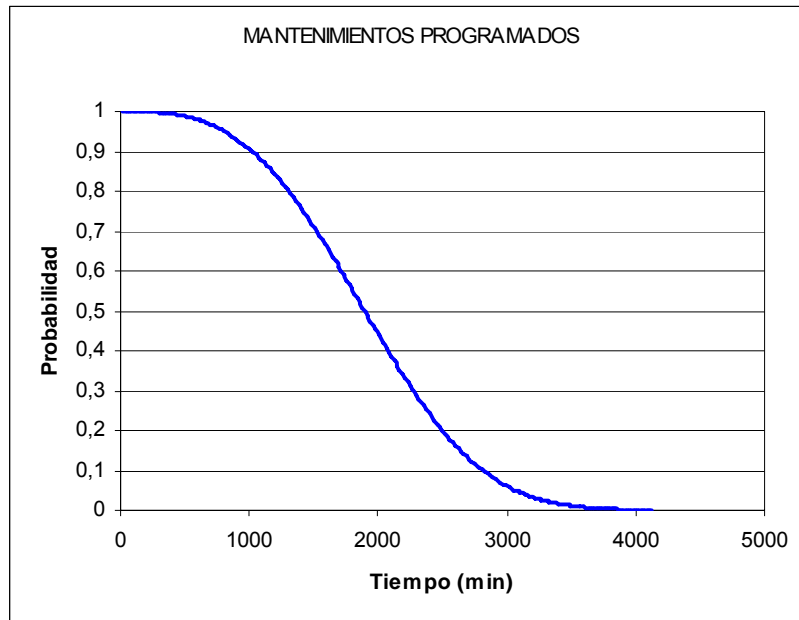
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 26.6 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 53.3 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoren más de 80 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 29 minutos.

3.4.8.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 37. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

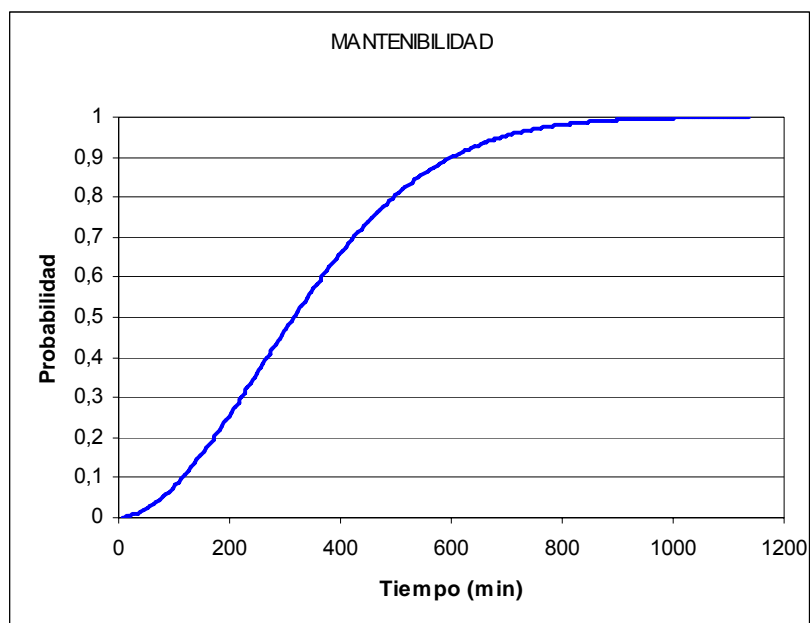


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1883.6 minutos o 3.36 días es del 50.62%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 10%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 38. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

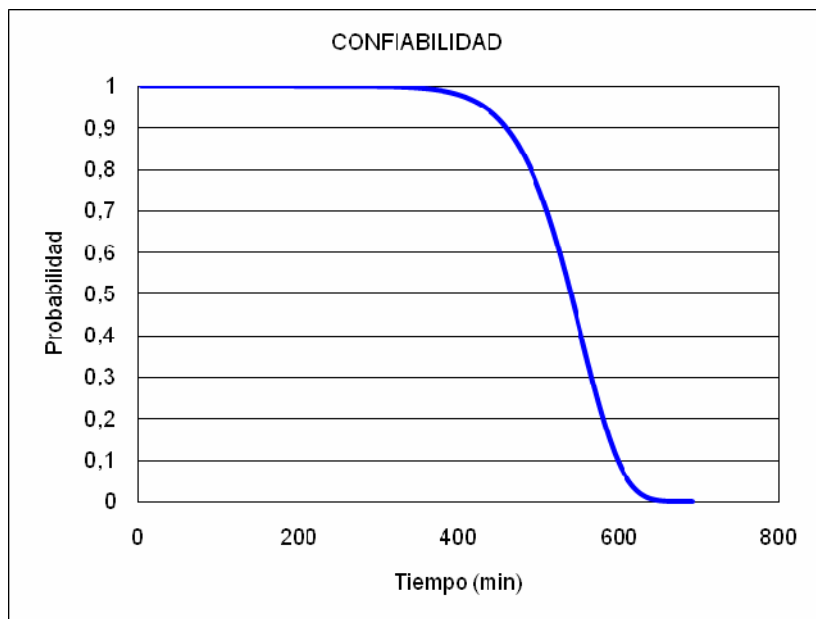
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 221.58 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 369.30 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 499.98 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 250 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.9. Análisis de Resultados CRIM 1(Julio– Diciembre 2007).

3.4.9.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 39. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

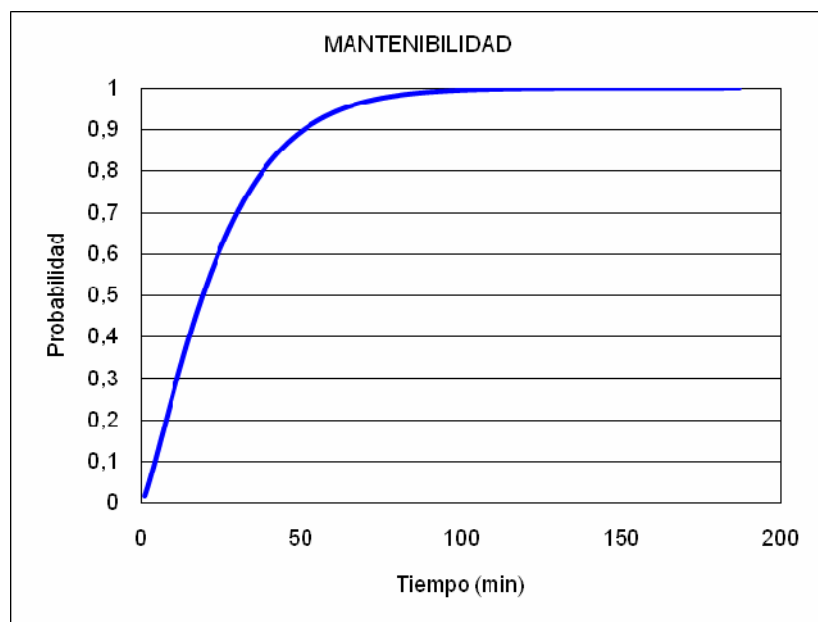
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina CRIM 1 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 532.61 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 55% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina CRIM 1 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 20% antes de los 662 minutos de operación o 11 horas. . Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.04 horas).

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días

3.4.9.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 40. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



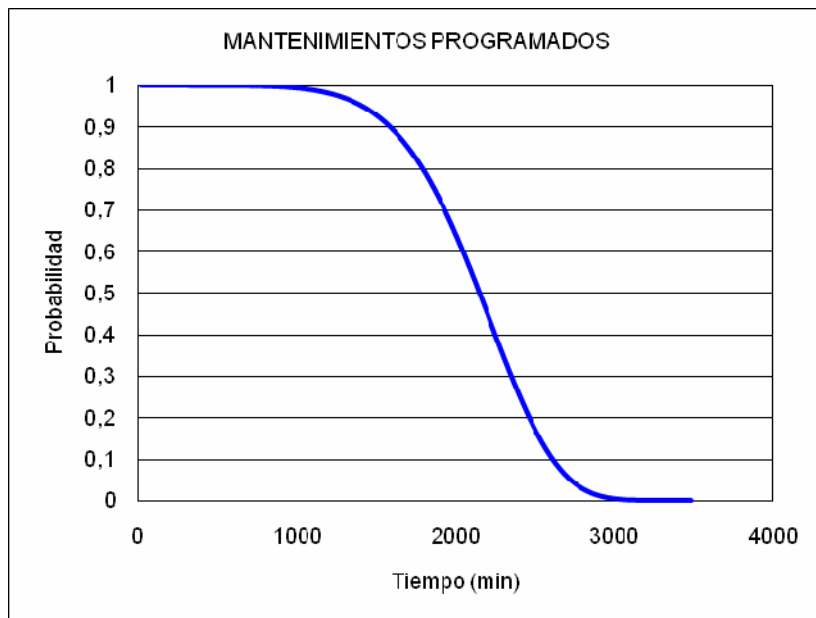
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 11.23 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 23.4 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 35.5 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 13 minutos.

3.4.9.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 41. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.



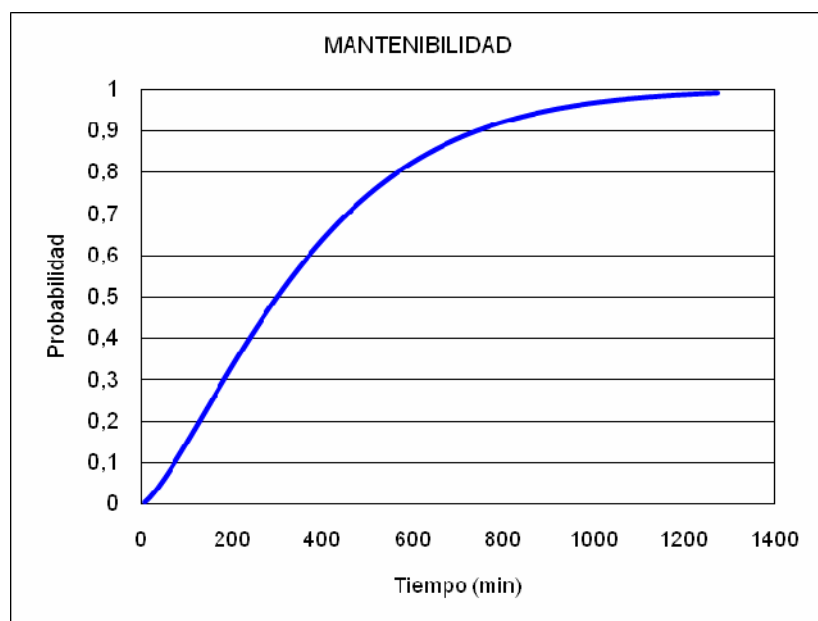
VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 2112.7 minutos o 3.77 días es del 76%.

La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 2.8%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 42. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

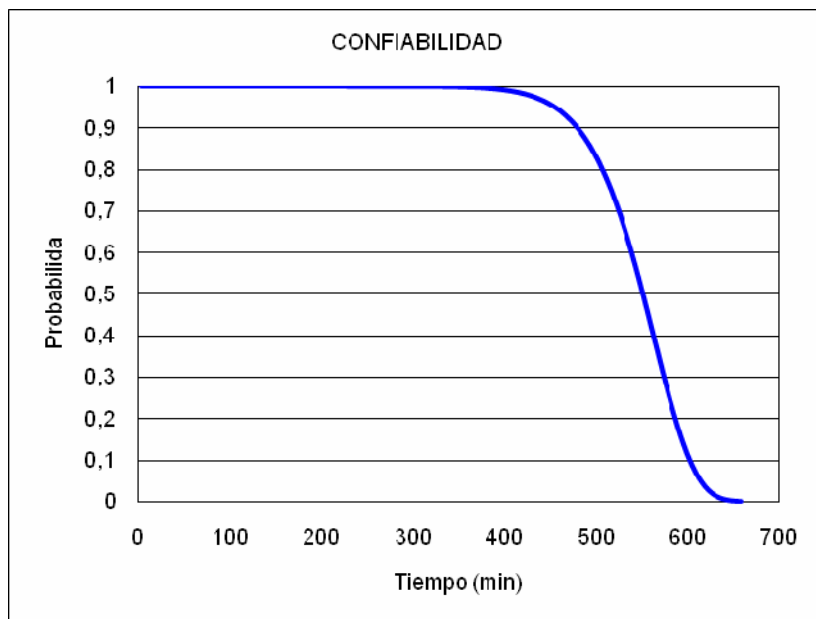
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 178.5 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 369.58 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 586.5 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 200 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.10. Análisis de Resultados CRIM 2(Julio– Diciembre 2007).

3.4.10.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 43. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

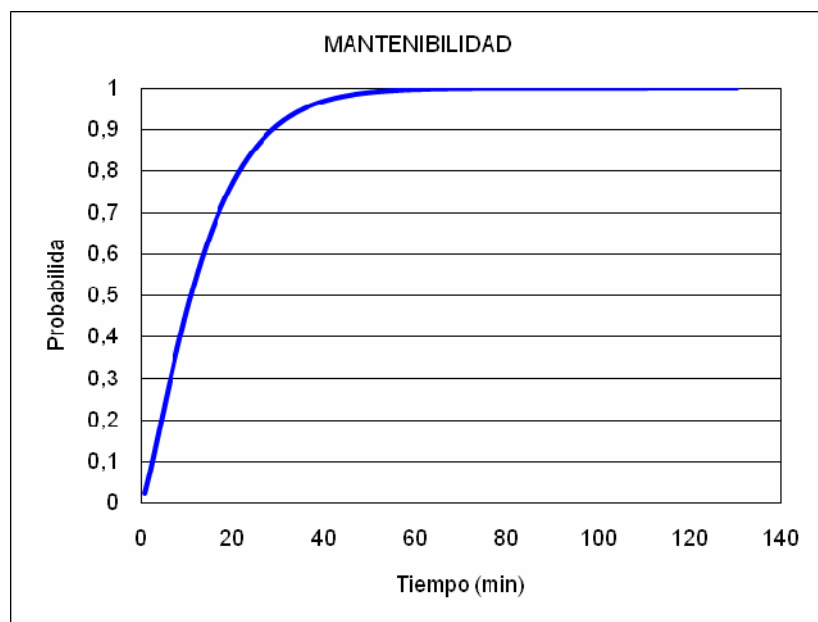
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de la Máquina CRIM 2 opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 545.65 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 46%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina CRIM 2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 11% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.09 horas).

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días.

3.4.10.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 44. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



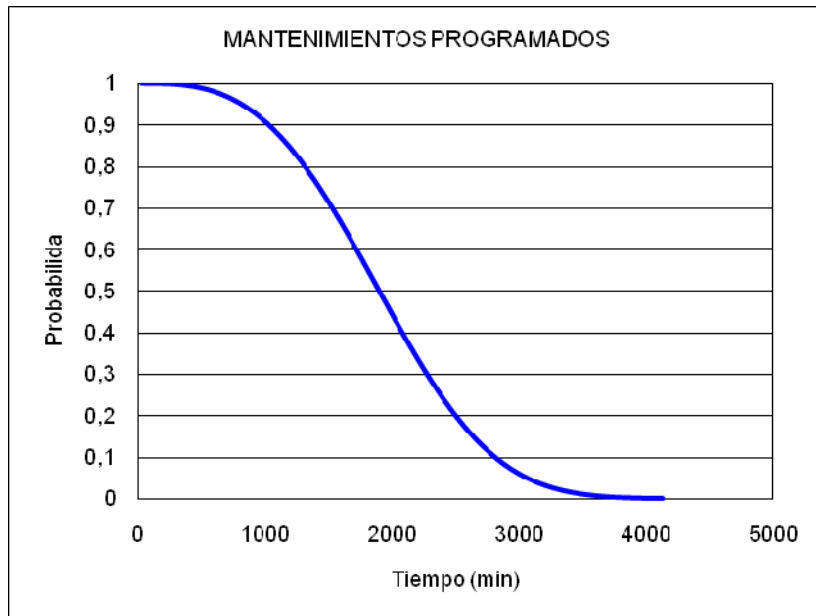
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 6.5 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 13.6 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 21.5 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 7 minutos.

3.4.10.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 45. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

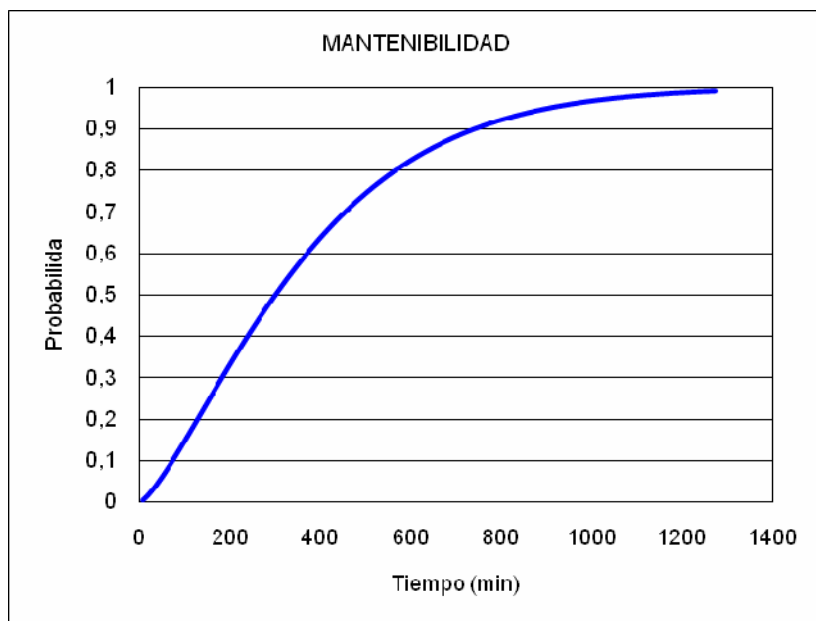


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1883.6 minutos o 3.36 días es del 48%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 10%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 46. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

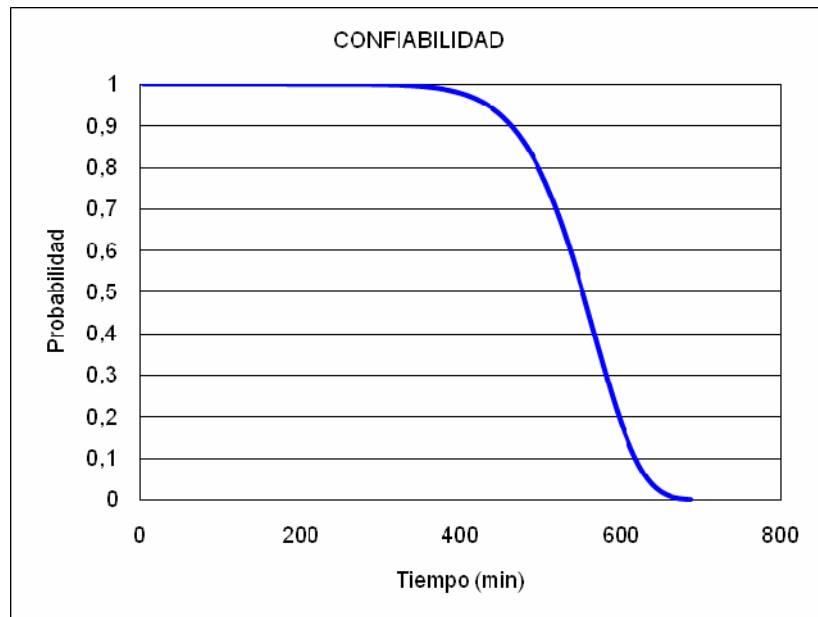
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 178.9 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 363.8 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 567.1 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 200 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.11. Análisis de Resultados Insertadora de Tapas 2(Julio– Diciembre 2007).

3.4.11.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 47. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

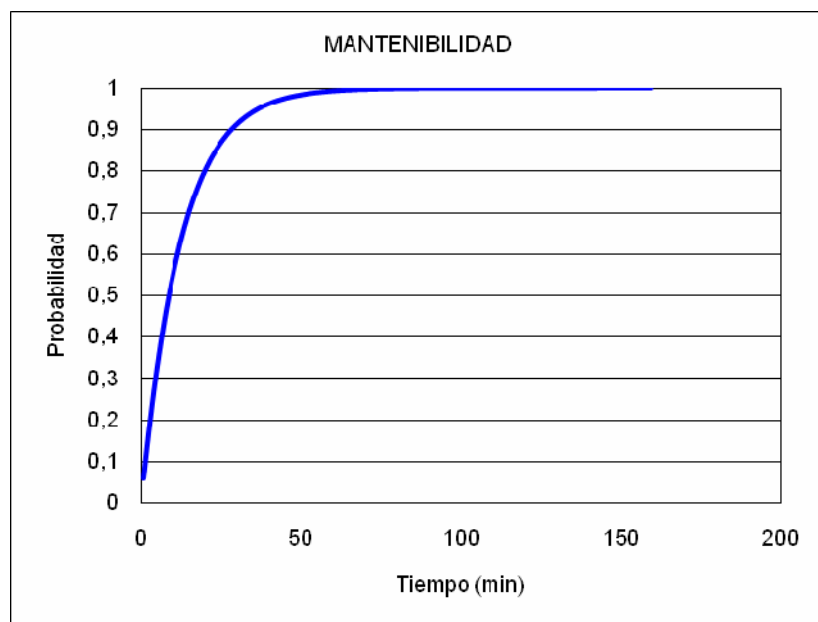
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina Insertadora de Tapas 2 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 552.9189 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 44.3%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina Insertadora de Tapas 2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 17% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas. . Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.21 horas).

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días

3.4.11.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 48. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



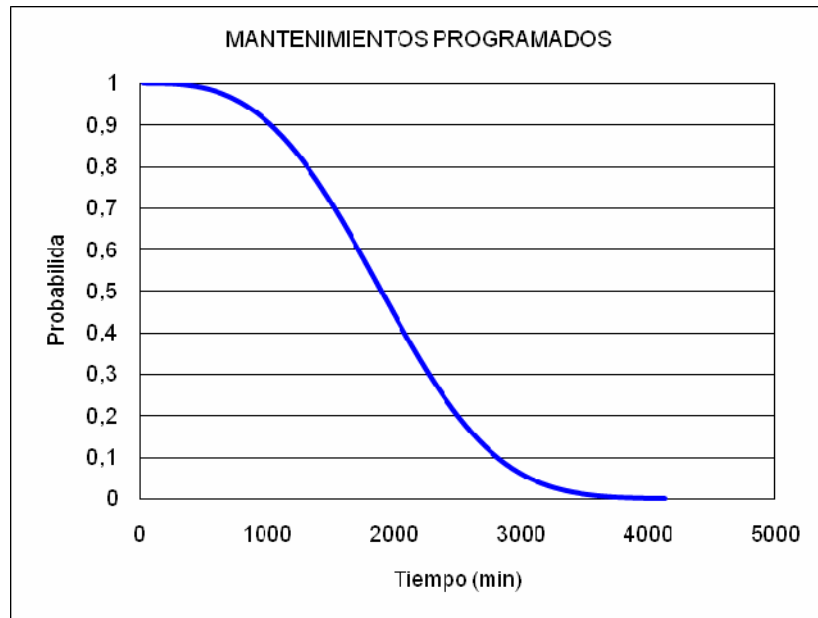
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 4.5 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 11.1 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoren más de 19.9 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 6 minutos.

3.4.11.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 49. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

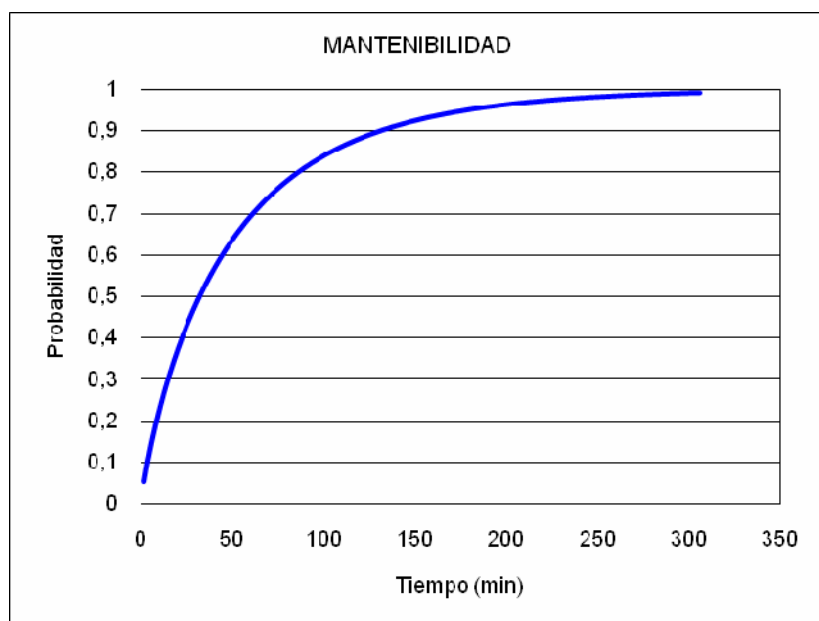


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1883.6 minutos o 3.36 días es del 45%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 10%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 50. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

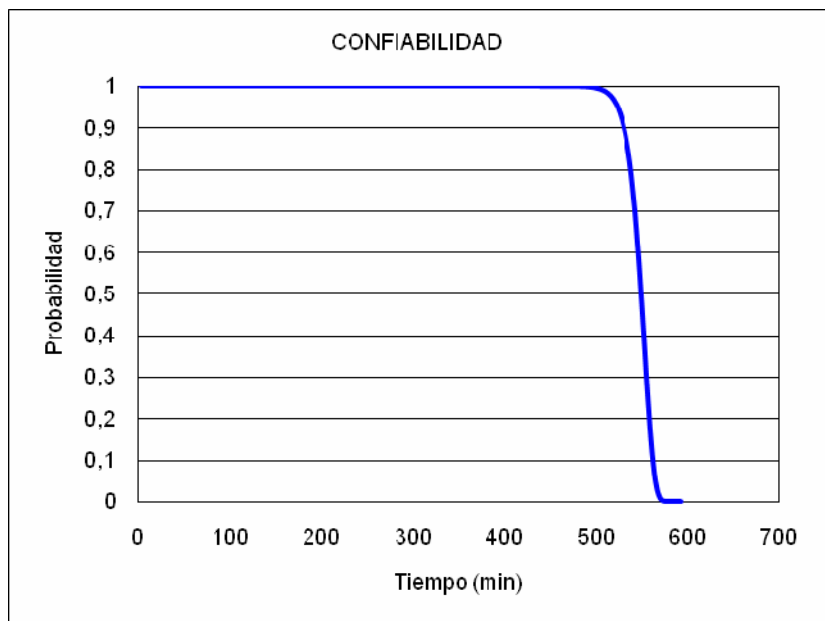
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 15 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 44.3 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 85.8 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 18 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.12. Análisis de Resultados Ristra (Julio– Diciembre 2007).

3.4.12.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 51. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

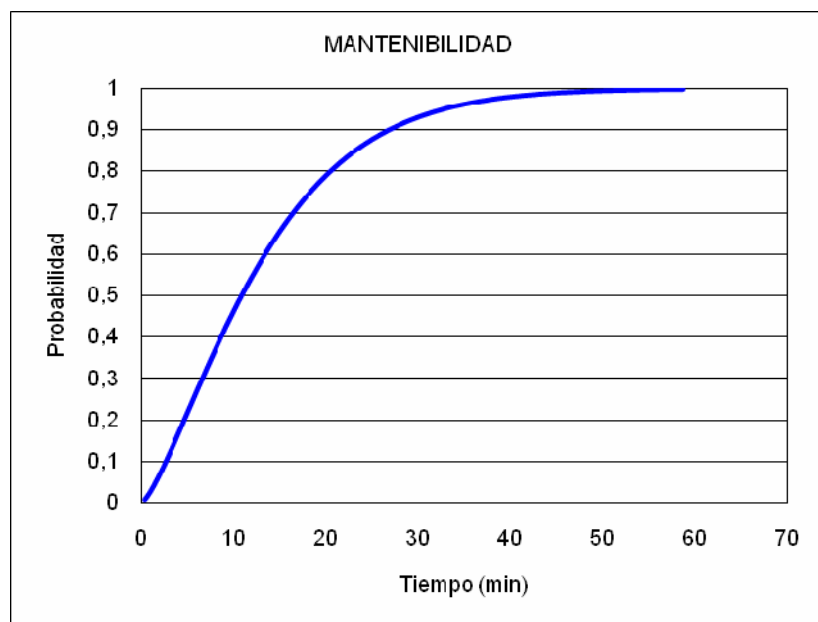
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina Ristra opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 554.027 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 31.60%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina Ristra es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 13% antes de los 560 minutos de operación o 9.33 horas. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.23 horas).

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días.

3.4.12.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 52. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



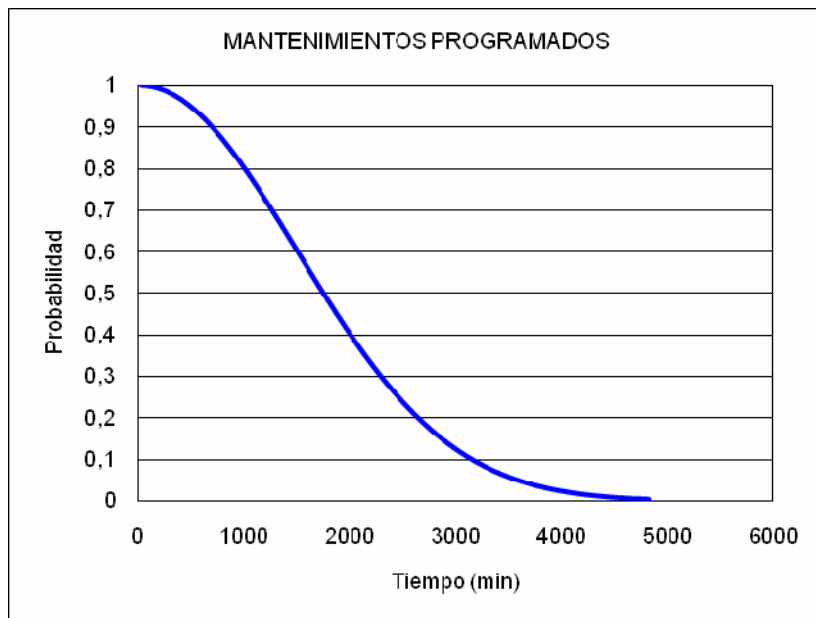
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 6.5 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 13.3 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran mas de 20 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 7 minutos.

3.4.12.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 53. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

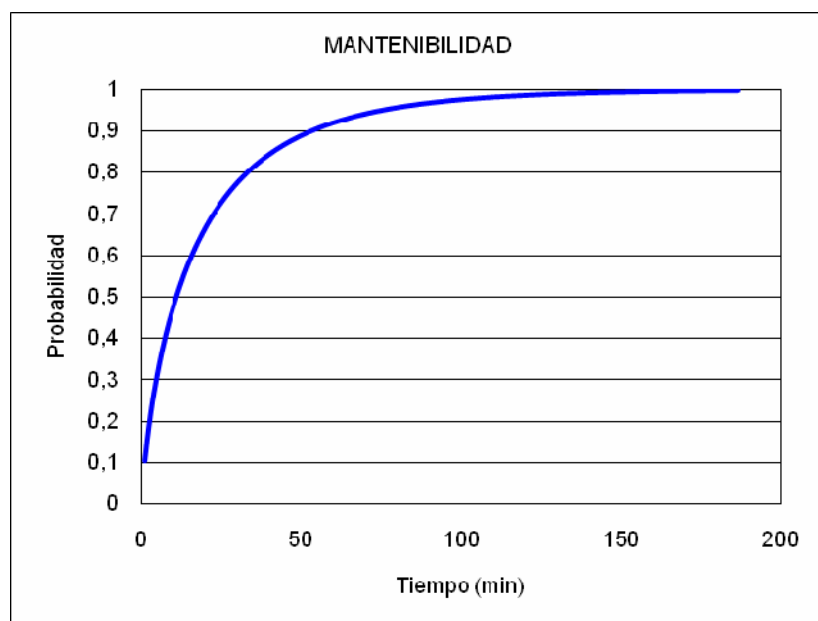


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1796.7min o 3.20 días es del 49%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 16.5%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 54. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

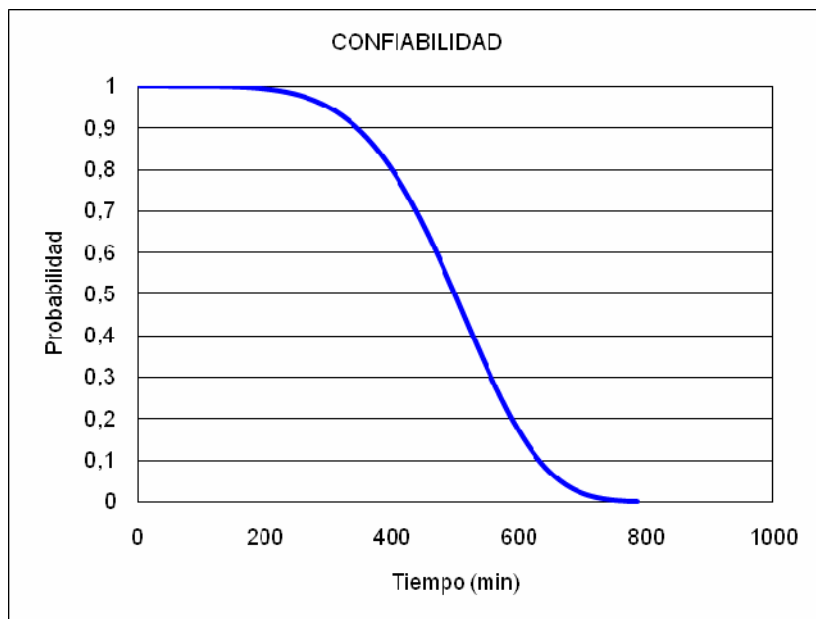
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 4.6 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 15.88 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 32.7 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 6 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.13. Análisis de Resultados PLM 1 (Enero–Junio 2008).

3.4.13.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 55. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

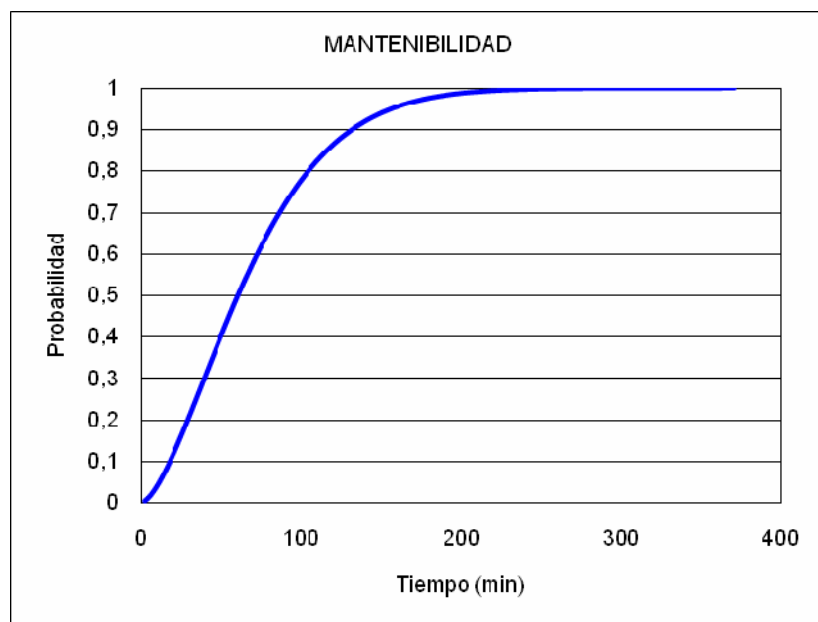
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de la Máquina PLM 1 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 554.027 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 48.5%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina PLM 1 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 16% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (8.22 horas).

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días.

3.4.13.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 56. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



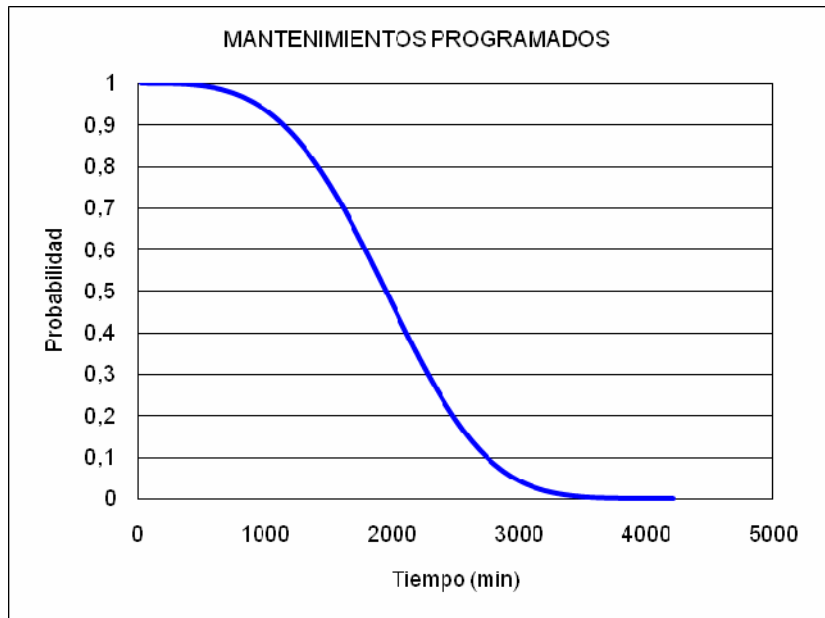
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 39 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 72.2 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran mas de 103.8 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 45 minutos.

3.4.13.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 57. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

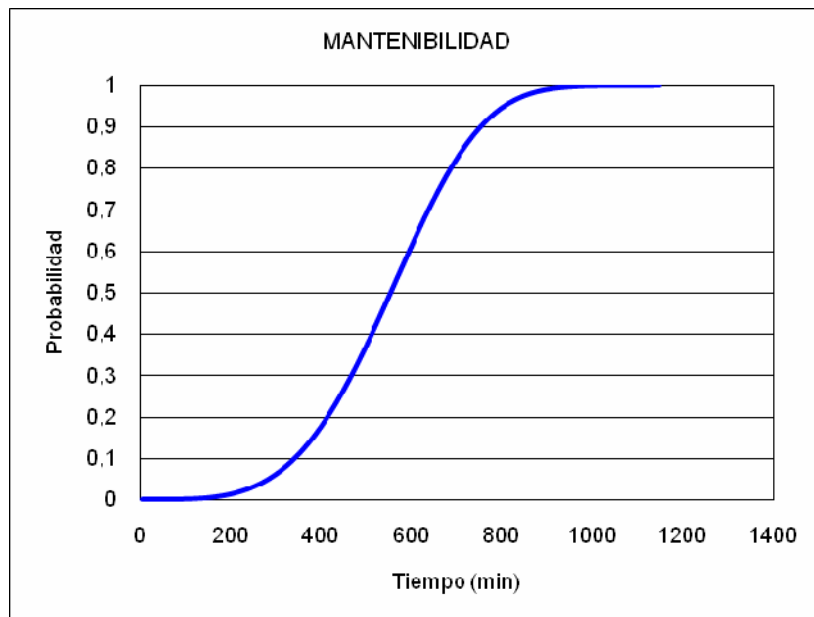


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1936.7 minutos o 3.45 días es del 49%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 8%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 58. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

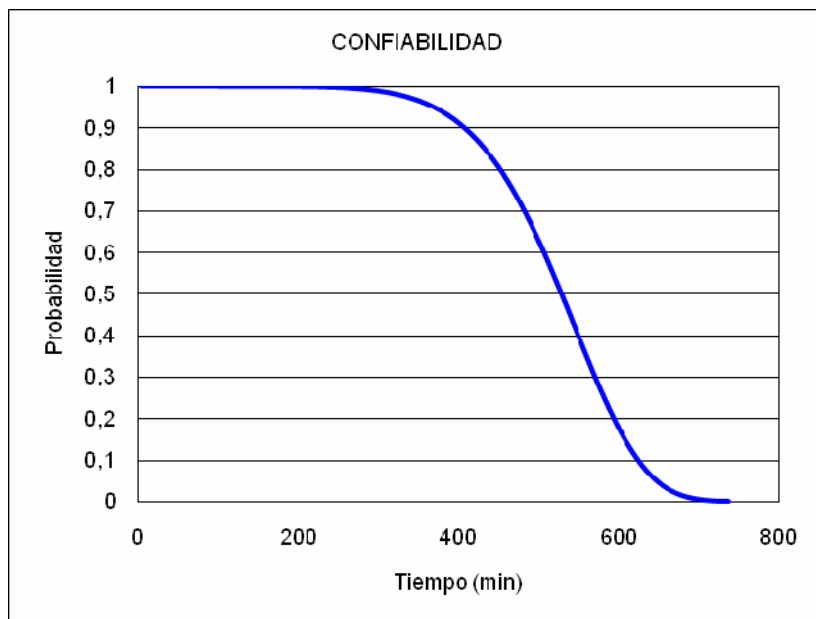
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 465.4 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 597.5 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 689.5 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 480 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.14. Análisis de Resultados PLM 2 (Enero–Junio 2008).

3.4.14.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 59. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

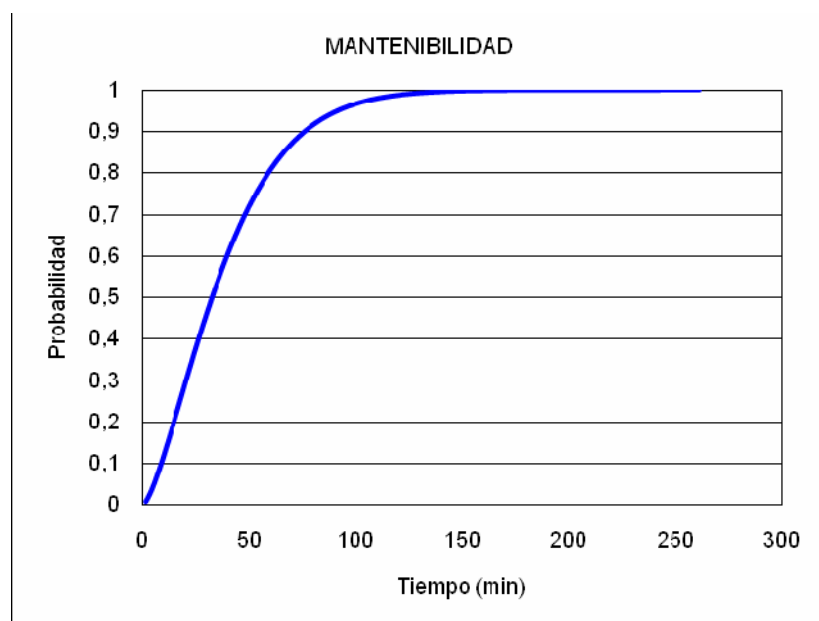
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina PLM 2 opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 524.78 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 49%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina PLM 2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 17% antes de los 600 minutos de operación o 10 horas. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (8.74horas).

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días.

3.4.14.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 60. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



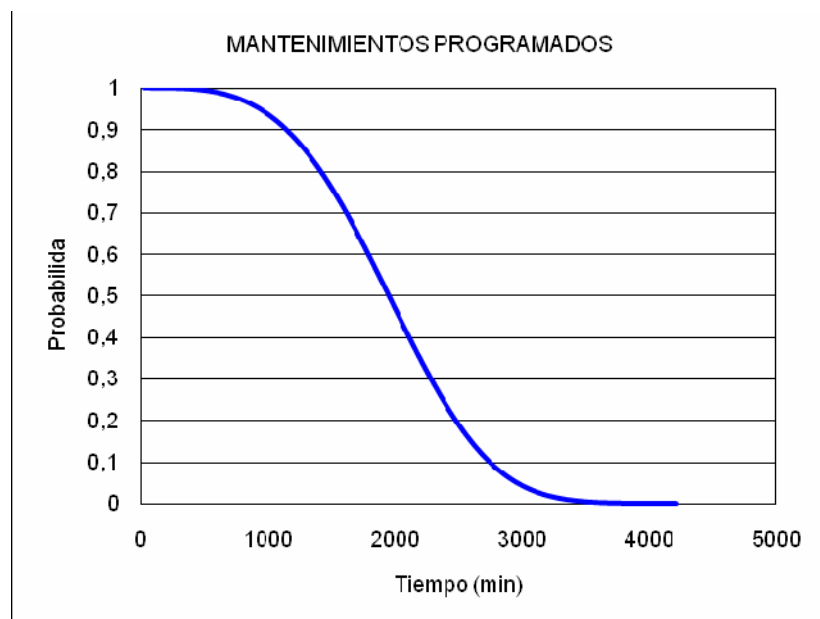
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 20,6 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 39,4 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 58,9 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 22 minutos.

3.4.14.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 61. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.

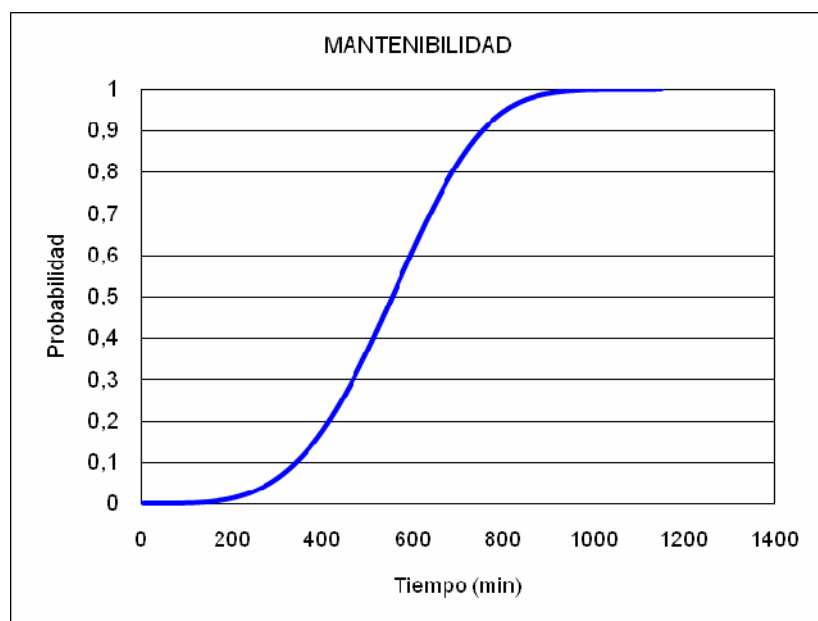


VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1936.7 minutos o 3.45 días es del 50.2%. La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 8%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 62. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

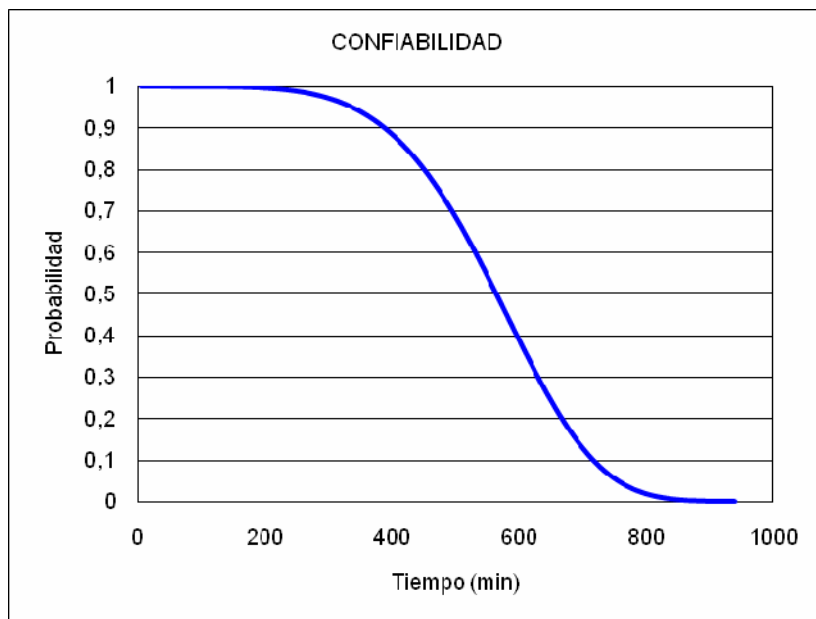
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 465.4 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 597.5 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 689.5 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 480 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.15. Análisis de Resultados CRIM 1(Enero–Junio 2008).

3.4.15.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 63. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina CRIM 1 opere sin que se presente ninguna falla por encima de 555.805 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 52.5%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

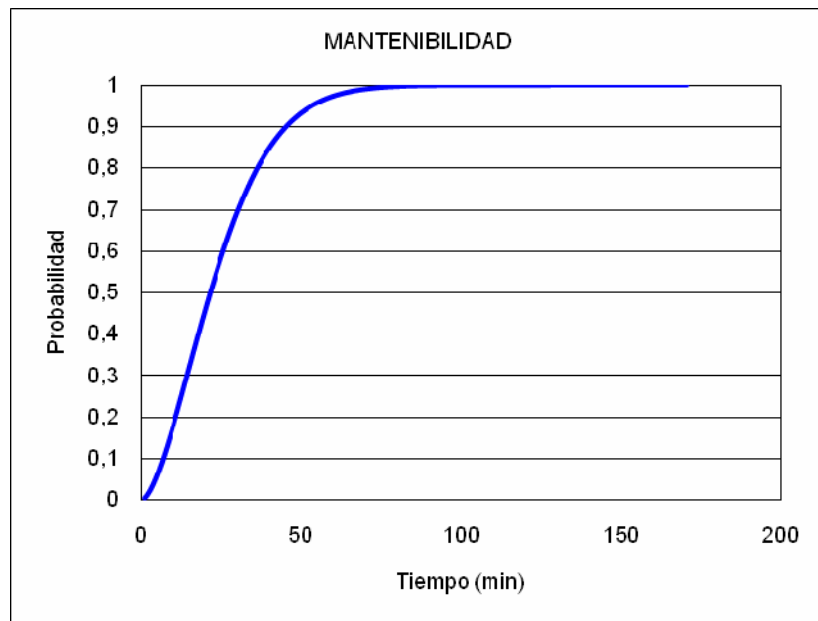
El objetivo en la Máquina CRIM 1 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 15% antes de los 686 minutos de operación o 11.43 horas.

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente

se hace con una periodicidad de 5 días. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.26 horas).

3.4.15.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 64. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



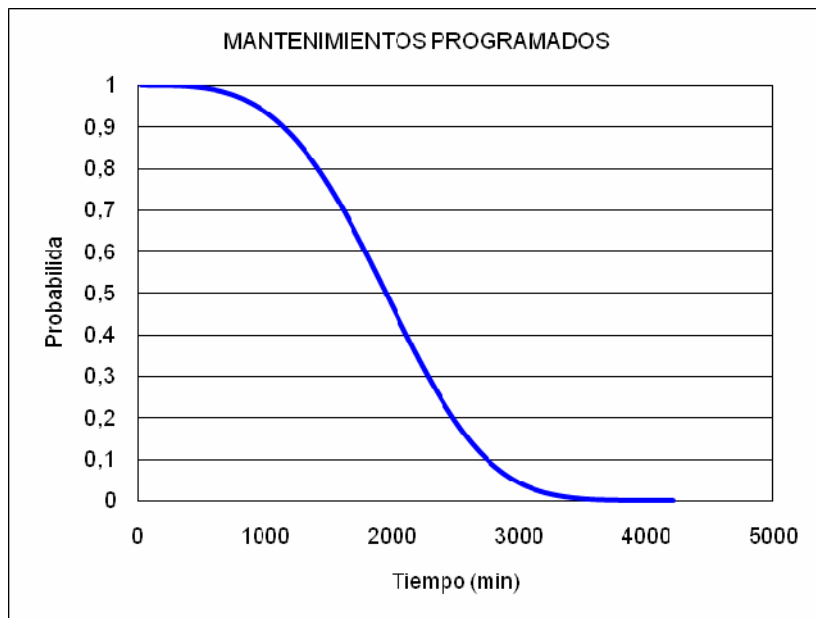
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 14.1 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 25.5 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 35.9 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 15 minutos.

3.4.15.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 65. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.



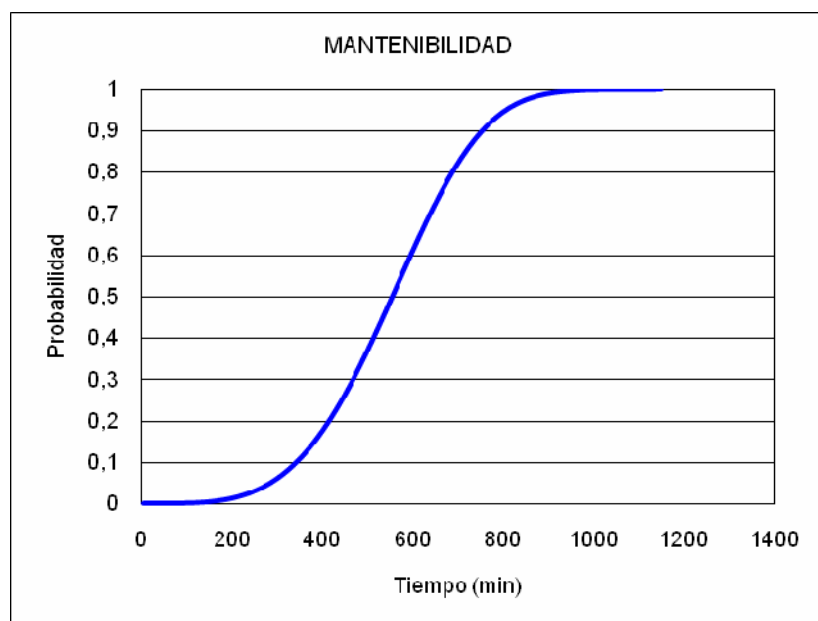
VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1936.7 minutos o 3.45 días es del 50.2%.

La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 8%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 66. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

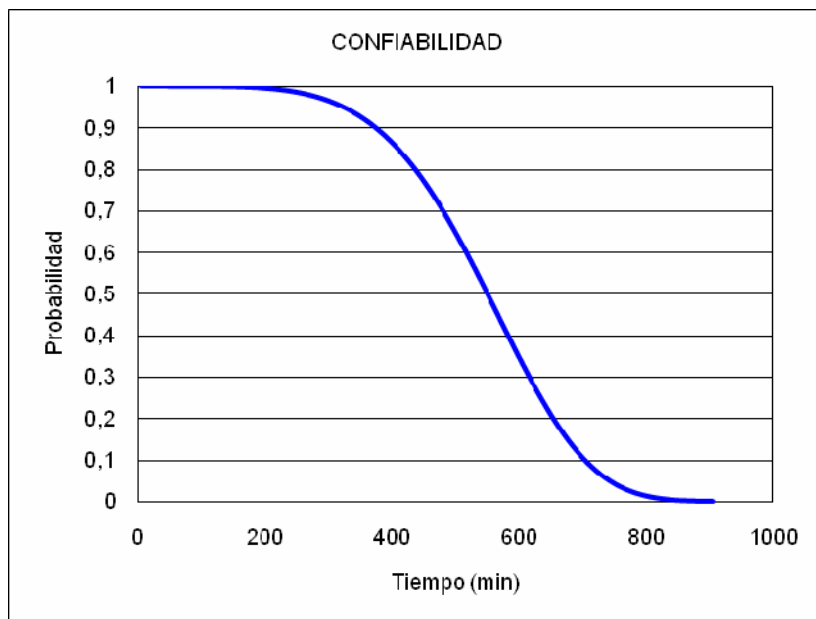
La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 465.4 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 597.5 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 689.5 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 480 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.4.16. Análisis de Resultados CRIM 2 (Enero–Junio 2008).

3.4.16.1. Análisis de Resultados de Confiabilidad.

Ilustración 67. Curva de Confiabilidad.



VALRAMOR 4 ®

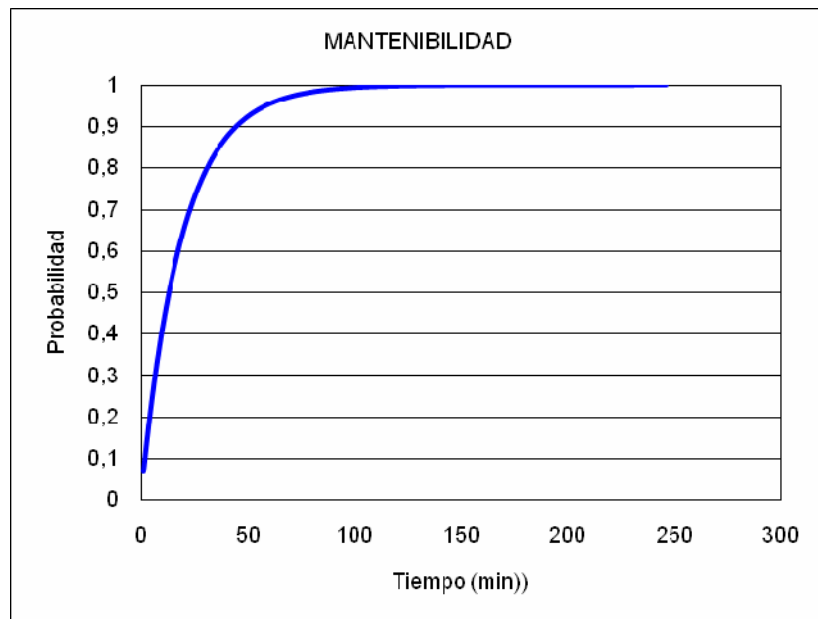
La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la Máquina CRIM 2 opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 542.49min de funcionamiento es aproximadamente del 48.9%, lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

El objetivo en la Máquina CRIM 2 es disminuir la probabilidad del tiempo entre fallas hasta un 15% antes de los 673 minutos de operación o 11 horas. Pero se presenta una frecuencia de fallos alrededor de un fallo por día (9.04 horas).

El tiempo de funcionamiento en el que deben operar las Máquinas antes de realizarse un mantenimiento programado, debe ser de 6 días, ya que actualmente se hace con una periodicidad de 5 días.

3.4.16.2. Análisis de Resultados de Mantenibilidad.

Ilustración 68. Curva de Mantenibilidad (correctivos).



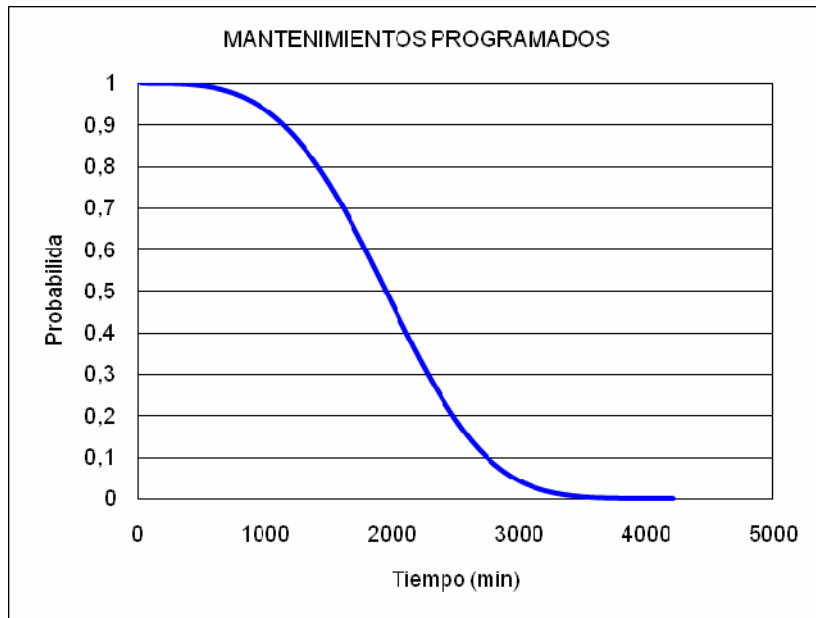
VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos se hayan terminado antes de 7.1 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 17.5 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 30.8 minutos.

Aunque los tiempos de reparación son relativamente bajos el objetivo es disminuir estos tiempos durante un mantenimiento correctivo; es decir, tener una probabilidad del 40% para realizar las reparaciones en menos de 8 minutos.

3.4.16.3. Análisis de Resultados de Mantenimientos Programados.

Ilustración 69. Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados.



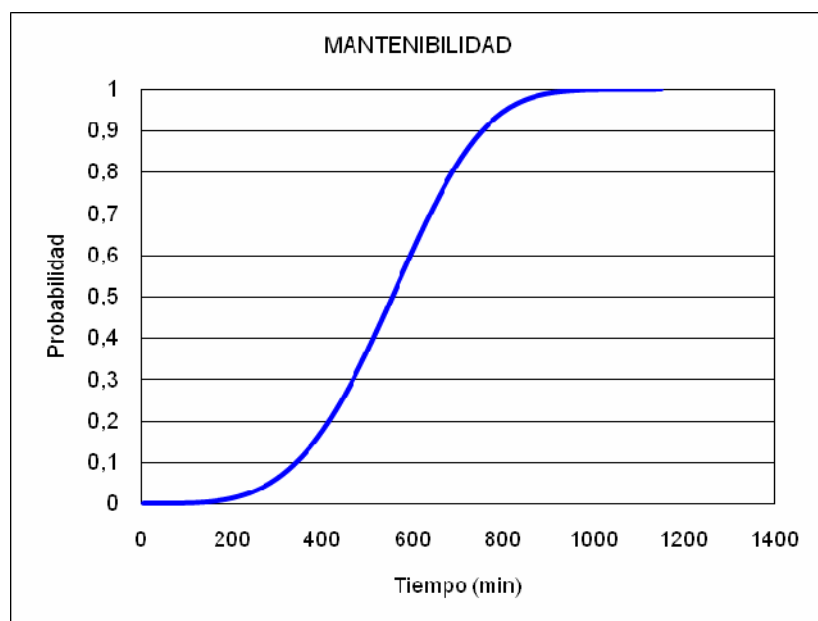
VALRAMOR 4 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 1936.7 minutos o 3.45 días es del 50.2%.

La probabilidad de que se hagan los mantenimientos programados cada 2800 minutos o 5 días es del 8%.

La proyección del área de mantenimiento es que los mantenimientos programados se realicen cada 3360 minutos de operación que son equivalentes a 6 días.

Ilustración 70. Curva de Mantenibilidad (Programados).



VALRAMOR 4 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados, se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 465.4 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado después de 597.5 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 689.5 minutos.

El objetivo es disminuir el tiempo de reparación durante un mantenimiento programado; es decir, tener una probabilidad de 40% de que el mantenimiento se realice antes de 480 minutos, y con esto aprovechar el tiempo para otros trabajos.

3.5 CONCLUSIONES

Se presenta una tabla que resume los resultados de los cálculos de disponibilidad para las Máquinas más críticas de la línea de producción R06 para cada periodo de tiempo (Ver datos en Anexos Tablas 39 a la 54).

Tabla 27. Resultado cálculos de disponibilidad.

Semestre	Máquina	MTBM	M	A _A
EN - JUN	PLM 1	395,9991	119,272	0,7685
	PLM 2	383,4987	132,656	0,743
	CRIM 1	411,0545	100,394	0,804
	CRIM 2	396,9069	93,9902	0,809
	Insertadora 2	436,8285	19,0062	0,9583
	Ristra	424,042	15,454	0,965
JUL - DIC	PLM 1	407,578	108,315	0,79
	PLM 2	397,259	114,522	0,776
	CRIM 1	425,373	89,967	0,825
	CRIM 2	423,089	87,088	0,829
	Insertadora 2	427,447	15,686	0,965
	Ristra	423,450	25,232	0,979
EN - JUN	PLM 1	393,32	170,51	0,698
	PLM 2	412,898	150,841	0,732
	CRIM 1	431,864	143,091	0,751
	CRIM 2	423,784	140,586	0,751

De acuerdo a los resultados de la tabla 27, se puede observar como la disponibilidad alcanzada de las Máquinas se vio disminuida durante el primer semestre del 2008 en comparación al segundo semestre del 2007, lo cual indica

que se deben llevar a cabo mas y mejores tareas de mantenimientos programados que aumente los tiempos entre fallas y a su vez la disponibilidad.

Se deben realizar nuevas tareas programadas para las máquinas PLM y CRIM con el fin de al ser implementadas estas se pueda aumentar la disponibilidad de dichas máquinas que son tan críticas para la línea de producción y que para el último periodo (Enero – Junio 2008) tuvieron una disponibilidad alcanzada inferior al resto de periodos , ya que en este se encontraron mecanismos a los cuales no se les había hecho ningún tipo de mantenimiento y fueron estos en donde se presentaron mas fallas.

El área de mantenimiento se ha trazado como objetivo disminuir los tiempos improductivos debido a los mantenimientos correctivos y así contribuir con los objetivos de producción de tener Máquinas con una disponibilidad del 85% aproximadamente. Dicho objetivo se piensa alcanzar a un mediano plazo, para lo cual se debe seguir implementando tareas preventivas y llevando a cabo el seguimiento de las Máquinas por medio del análisis de fallas y los indicadores CMD.

4. TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS Y PREDICTIVAS

4.1. OBJETIVO

Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo a partir del estudio de la criticidad.

4.2. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre los equipos, con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de esos elementos, que pueden ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aun en estado inicial de desarrollo (Patton, 1995, 17-37).

Las principales ventajas frente a otros tipos de tareas de mantenimientos son: Evitar averías mayores como consecuencia de pequeñas fallas, preparar las herramientas y repuestos, aprovechar, realzar las reparaciones en el momento mas oportuno tanto para producción como para mantenimiento; distribuir el trabajo de mantenimiento optimizando la cuadrilla de reparación y disminuir la frecuencia de los paros y aprovechar estos para realizar varias reparaciones diferentes al mismo tiempo (Navarro y otros, 1997, 32-34).

El mantenimiento predictivo estudia la evolución temporal de ciertos parámetros, para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el fin de determinar en que periodo de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para así poder planificar todas tareas proactivas con tiempo suficiente para que esa avería

nunca tenga consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos (Mora, 2007, 264).

4.3 TAREAS DE MANTENIMIENTO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PILA R06

Los planes de mantenimiento predictivo y preventivo para los equipos de la línea de producción de pila R06 se desarrollan a partir de las tareas preventivas realizadas durante el periodo de estudio, del análisis de falla y de los resultados de los indicadores CMD, dichas tareas buscan la disminución de fallas lo que representa un aumento en los resultados de los indicadores CMD.

Tabla 28. Tareas de mantenimiento Máquinas PLM

PLM				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Elevador de Tarros	Limpieza	Limpiar superficie de la banda con agua y jabón	Operario	M-01
	Revisar, cambiar	Revisar estado de la banda y cambiar si es necesario	Mecánico	M-06
Posicionador De Tarros	Revisión, Cambiar	Revisar estado de la banda dentada, si es el caso se cambia	Mecánico	M-03
	Revisión	Revisar estado de varillas posicionadoras	Mecánico	M-01
Chifflis	Limpieza	Limpiar con disolvente	Operario	S-02
Estación Papel	Limpieza	Limpiar estación de papel	Mecánico	M-01
	Inspección, cambio	Cambio de bujes y ejes	Mecánico	M-06
	Inspección, cambio	Inspeccionar estado del resorte y uñas en la estación de papel	Mecánico	M-01
Cuchillas Papel Electrolítico	Sustitución	Sustituir cuchillas de papel electrolítico	Mecánico	S-01
Caja Indexadora, Motoreductor	Inspección	Inspección nivel de aceite	Mecánico	M-03
	Cambio	Cambio de aceite	Mecánico	A-01
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01
Chumaceras	Revisión	Revisar estado de los rodamientos	Mecánico	M-06
	Lubricar	Lubricar con grasera	Mecánico	S-01
Bandas y Poleas de transmisión	Revisar, Ajustar	Revisar estado y cambio de las bandas	Mecánico	M-01
Motores	Revisar, Limpiar	Revisar estado y limpiar tapa y ventilador	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado de rodamientos y partes internas	Mecánico	M-06
Piñones, Ejes y Bujes	Inspeccionar, limpieza, lubricar, cambiar	Revisar el estado de desgaste de piñones, ejes y bujes. Se debe de verificar las medidas y cambiar si se encuentra muy holgado.	Mecánico	M-06

Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Troquel Hembra	Soplar	Soplar el paquete de troqueles	Operario	D-01
	Limpieza	Bajar el paquete de troqueles para limpieza y ajuste	Mecánico	S-02
	Inspeccionar, rectificar, cambiar	Verificar el desgaste y el juego con el troquel macho	Mecánico	M-01
Troquel Macho	Soplar	Soplar el paquete de troqueles	Operario	D-01
	Limpieza	Bajar el paquete de troqueles para limpieza y ajuste	Mecánico	S-02
	Rectificar, cambiar, ajustar	Verificar el desgaste y el juego con el troquel macho	Mecánico	M-01
Boquilla de Mezcla	Limpieza	Limpieza	Operario	S-01
	Revisión, cambio	Revisar estado de la boquilla	Mecánico	M-06
Plunger	Revisión, cambio	Revisar estado de los tornillos del cuerpo del plunger	Mecánico	M-01
	Revisión, cambio	Revisar desgaste en la rosca del plunger	Mecánico	M-06
	Inspección	Inspección desgaste de los ejes de compactación de mezcla	Mecánico	S-01
Ejes de Compactación	Cambiar	Sustitución Bujes y ejes guías	Mecánico	M-06
	Revisión, cambio	Revisar estado de l resorte de compactación	Mecánico	M-01
Disco de Aspas Cerámicas	Revisión, cambio	Revisar estado de las aspas cerámicas	Mecánico	M-06
Recibidores	Limpieza	Inspección recibidores para limpieza y montar cuidadosamente	Mecánico	M-01
	Revisión, cambio	Revisar estado de los recibidores (eje del recibidor y resorte)	Operario	S-01
Cadena de Transporte	Limpieza, revisión	Limpiar y revisar estado de la cadena transportadora	Mecánico	M-01
	Limpieza, revisión	Limpiar y revisar estado de los cangilones	Mecánico	M-01
Pisadores	Revisión, cambiar	Revisar estado de los cauchos de los pisadores	Mecánico	S-01
Componentes Neumáticos	Revisión, cambio	Revisar estado de silenciadores	Mecánico	M-04
	Limpieza	Realizar limpieza de vasos y filtros	Mecánico	M-04
	Inspección, control	Inspeccionar y solucionar fugas	Mecánico	S-01
Componentes Eléctricos	Revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control	Eléctrico	A-01
	Revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)	Eléctrico	M-06
Sensores	Inspeccionar señal	Verificar censado	Operario	D-01
	Limpieza	Limpiar cuidadosamente la parte externa	Operario	S-01
	Revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Mecánico	M-01

Tabla 29. Tareas de mantenimiento Máquinas CRIM

CRIM				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Chiflis	Limpieza	Limpiar con disolvente	Operario	S-02
Cadena de Transporte	Limpieza, revisión	Limpiar y revisar estado de la cadena transportadora	Mecánico	M-01
	Limpieza, revisión	Limpiar y revisar estado de los cangilones	Mecánico	M-01
Pisadores	revisión, cambiar	Revisar estado de los cauchos de los pisadores	Operario	S-01
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-04

Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01
Caja Indexadora, Motoreductor	Inspección	Inspección nivel de aceite	Mecánico	M-03
	Cambio	Cambio de aceite	Mecánico	A-01
Chumaceras	revisión	Revisar estado de los rodamientos	Mecánico	M-06
	Lubricar	Lubricar con grasera	Mecánico	S-01
Ejes y Bujes	Inspeccionar, limpieza, lubricar, cambiar	Revisar el estado de desgaste de ejes y bujes. Se debe de verificar las medidas y cambiar si se encuentra muy holgado.	Mecánico	M-06
Motores	Revisar, Limpiar	Revisar estado y limpiar tapa y ventilador	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado de rodamientos y partes internas	Mecánico	M-06
Estación Carbones	Limpieza	Bajar para limpieza y montar cuidadosamente	Mecánico	S-02
Troquel Hembra	Soplar	Soplar el paquete de troqueles	Operario	D-01
	Limpieza	Bajar el paquete de troqueles para limpieza y ajuste	Mecánico	S-01
	Inspeccionar, rectificar , cambiar	Verificar el desgaste y el juego con el troquel macho	Mecánico	S-01
Troquel Macho	Soplar	Soplar el paquete de troqueles	Operario	D-01
	Revisión, cambio	Revisar estado del resorte del troquel y cambiar si es necesario	Mecánico	S-02
	Limpieza	Bajar el paquete de troqueles para limpieza y ajuste	Mecánico	S-02
	Rectificar, cambiar, ajustar	Verificar el desgaste y el juego con el troquel macho	Mecánico	M-01
Piloto Arandela Final	revisión, limpieza	Revisar estado y retirar aleruyas del tubo	Mecánico	M-03
Rapidair	Inspección	Inspeccionar el estado de las partes externas e internas	Mecánico	S-02
	Lubricación	Lubricar Rapidair (según manual)	Mecánico	S-01
Boquilla Stellite de Carbones	Inspección	Inspeccionar estado de la boquilla en la estación de carbones	Mecánico	M-06
Chequeador	revisión, limpieza	Revisar estado y limpiar los contactos	Mecánico	M-01
	revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Mecánico	M-01
Componentes Neumáticos	revisión	Revisar estado del actuador neumático	Mecánico	M-01
	Limpieza	Realizar limpieza de vasos	Mecánico	M-02
	Inspección, control	Inspeccionar y solucionar fugas	Mecánico	S-01
Componentes Eléctricos	revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control	Eléctrico	M-01
	revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)	Eléctrico	M-06
Sensores	Inspeccionar señal	verificar censado	Operario	D-01
	Limpieza	Limpiar cuidadosamente la parte externa	Operario	S-01
	revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Eléctrico	M-01

Tabla 30. Tareas de mantenimiento Máquinas Insertadora de Tapas

INSERTADORA TAPA DE FONDO (BOTTOM)				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01
Motores	Revisar, Limpiar	Revisar estado y limpiar tapa y ventilador	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado de rodamientos y partes internas	Mecánico	M-06
Caja Indexadora, Motoreductor	Inspección	Inspección nivel de aceite	Mecánico	M-03
	Cambio	Cambio de aceite	Mecánico	A-01
Chifflis	Limpieza	Limpiar con disolvente	Operario	S-01
Alimentador de Tapas	Inspección	Inspeccionar ajuste en tornillería del cuerpo del vibrador	Mecánico	M-03
Cinta Guía	Revisión, cambio	Revisar estado de la cinta guía pin	Mecánico	M-01
Platos	Limpieza	Limpiar barriles	Operario	S-01
	Inspección y ajuste	Verificación de centrado de platos (posicionador y de barriles)	Mecánico	S-01
Rebordeador	Verificar	Verificar la lubricación del rebordeador	Mecánico	D-01
	Revisar	Revisar estado del rebordeador y sus componentes	Mecánico	M-01
Pines Botadores	Revisar, cambio	Revisar estado de los pines botadores	Mecánico	S-01
	Limpieza	Limpieza de pines botadores	Operario	S-01
Quijadas	Limpieza	Limpieza de quijadas	Mecánico	M-03
Ejes y Bujes	Inspeccionar, limpieza, lubricar, cambiar	Revisar el estado de desgaste de ejes y bujes. Se debe de verificar las medidas y cambiar si se encuentra muy holgado.	Mecánico	M-06
Componentes Neumáticos	Limpieza	Limpiar filtro	Mecánico	M-01
	Inspección, control	Inspeccionar y solucionar fugas	Mecánico	S-01
Componentes Eléctricos	Revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control	Eléctrico	M-01
	Revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)	Eléctrico	M-06
Sensores	Inspeccionar señal	verificar censado	Operario	D-01
	Limpieza	Limpiar cuidadosamente la parte externa	Operario	S-01
	Revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Mecánico	M-01

Tabla 31. Tareas de mantenimiento Máquinas Selladora

SELLADORA DE ASFALTO (TOP)				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Quijadas	Limpieza	Limpieza de quijadas	Mecánico	M-03
Chifflis	Limpieza	Limpiar con disolvente	Operario	S-01
Vibrador	Inspección	Inspeccionar ajuste en tornillería del cuerpo del vibrador	Mecánico	M-03
Caja Indexadora, Motoreductor	Inspección	Inspección nivel de aceite	Mecánico	M-03
	Cambio	Cambio de aceite	Mecánico	A-01
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01

Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Motores	Revisar, Limpiar	Revisar estado y limpiar tapa y ventilador	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado de rodamientos y partes internas	Mecánico	M-06
Ejes y Bujes	Inspeccionar, limpieza, lubricar, cambiar	Revisar el estado de desgaste de ejes y bujes. Se debe de verificar las medidas y cambiar si se encuentra muy holgado.	Mecánico	A-01
Tanque de Asfalto	Limpieza	Limpieza de tanque con aceite	Mecánico	S-01
	Overhaul	Mantenimiento completo	Mecánico	M-06
Boquilla	Revisar	Revisar estado de boquilla de alimentación de asfalto	Operario	S-01
Bomba	Limpieza, revisión	Limpiar y revisar estado de la bomba de asfalto	Mecánico	M-06
Quemador	Limpieza	Limpieza de boquilla del quemador	Operario	M-01
	revisión	Revisar estado de electrodos de encendido	Mecánico	M-01
	Inspección	Inspeccionar fugas de gas	Mecánico	S-01
Tapa Acrílica	Revisión, cambio	Revisar estado de la tapa acrílica	Mecánico	M-02
Platos	Inspección	Verificación de centrada de platos (posicionador y de barriles)	Mecánico	S-01
Rebordeador	Verificar	Verificar la lubricación del rebordeador	Operario	D-01
	Revisar	Revisar estado del rebordeador y sus componentes	Mecánico	M-01
Cinta Guía	revisión, cambio	Revisar estado de la cinta guía pin	Mecánico	M-01
Componentes Neumáticos	Limpieza	Limpiar y purgar condensador	Mecánico	M-01
	Inspección, control	Inspeccionar y solucionar fugas	Mecánico	S-01
Componentes Eléctricos	revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control	Eléctrico	M-01
	revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)	Eléctrico	M-06
Sensores	Inspeccionar señal	verificar censado	Operario	D-01
	Limpieza	Limpiar cuidadosamente la parte externa	Operario	S-01
	revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Mecánico	M-01

Tabla 32. Tareas de mantenimiento para las Bandas Acumuladoras

BANDA ACUMULADORA				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01
Banda Transportadora	Limpieza	Limpieza de banda transportadora	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado del tensor de las bandas	Mecánico	M-03
	Inspección, lubricación	lubricación de piñonería con grasa	Mecánico	M-02
	Revisar, cambiar	Revisar estado de piñones y rodamientos	Mecánico	A-01
Motores	Revisar, Limpiar	Revisar estado y limpiar tapa y ventilador	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado de rodamientos y partes internas	Mecánico	M-06
Disco de Caucho (empujador)	Revisar	Revisar estado de disco de goma	Mecánico	M-04
Sensor de Nivel	Verificar	Verificar funcionamiento del sensor de nivel de las cajas acumuladoras	Operario	D-01

Tabla 33. Tareas de mantenimiento para la Máquina Etiquetadora

ETIQUETADORA				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01
Bandas y Poleas de transmisión	Revisar, Ajustar	Revisar estado y tensión de las bandas	Mecánico	M-03
Piñones, Ejes y Bujes	Inspeccionar, limpieza, lubricar, cambiar	Revisar el estado de desgaste de piñones, ejes y bujes. Se debe de verificar las medidas y cambiar si se encuentra muy holgado.	Mecánico	M-06
Banda de Espuma	Revisar	Revisar estado de la banda de etiquetado	Operario	S-01
Bomba	Limpieza, revisión	Limpiar y revisar bomba de aire	Eléctrico	M-06
Chequeador	revisión	Revisar estado de los contactos	Eléctrico	S-01
	revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Eléctrico	M-01
	Revisar, Limpiar	Revisar estado y limpiar tapa y ventilador	Mecánico	M-01
Motores	Revisar	Revisar estado de rodamientos y partes internas	Mecánico	M-06
	Soplar	Soplar cadenas de transporte	Operario	S-01
Cadena de Transporte	Limpieza	Limpieza de la cadena de transporte	Operario	A-01
	Inspección, cambio	Inspeccionar estado de la cadena y de los rodamientos	Mecánico	M-06
	Limpieza	Limpiar y purgar condensador	Mecánico	M-01
Componentes Neumáticos	Inspección, control	Inspeccionar y solucionar fugas	Mecánico	S-01
	revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control	Eléctrico	M-01
Componentes Eléctricos	revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)	Eléctrico	M-06
	Inspeccionar señal	verificar censado	Operario	D-01
Sensores	Limpieza	Limpiar cuidadosamente la parte externa	Operario	S-01
	revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Mecánico	M-01

Tabla 34. Tareas de mantenimiento para la Máquina Ristra

EMPACADORA RISTRA				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Chumaceras	Revisión	Revisar estado de los rodamientos	Mecánico	M-06
	Lubricar	Lubricar con grasera	Mecánico	S-01
Piñones, Ejes y Bujes	Inspeccionar, limpieza, lubricar, cambiar	Revisar el estado de desgaste de piñones, ejes y bujes. Se debe de verificar las medidas y cambiar si se encuentra muy holgado.	Mecánico	M-06
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01
Cizalla	Inspección	Inspección de la cuchilla de la cizalla	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado de la cizalla	Mecánico	S-01
	Revisión, cambio	Inspección del paquete de la cizalla y cambio de rodamientos y ejes	Mecánico	M-03
Rodillos	Revisión, cambio	Revisar estado de los resortes de los ejes de los rodillos	Mecánico	M-01
	Verificar	Verificar tiempos de los rodillos	Mecánico	M-01

Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
	Inspección	Inspección de ejes derecho e izquierdo de los rodillos	Mecánico	M-02
Resistencias, control de temperatura	Inspeccionar	calentando y que tenga la temperatura correcta para la operación.	Eléctrico	D-01
Cadena de Transporte	Soplar	Soplar cadena de transporte	Operario	S-01
Componentes Neumáticos	Limpieza, revisión, cambio	Limpiar filtros	Mecánico	M-01
	Limpieza, revisión	Limpiar silenciadores	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar y purgar condensador	Mecánico	M-01
	Inspección, control	Inspeccionar y solucionar fugas	Mecánico	S-01
Componentes Eléctricos	Revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control	Eléctrico	M-01
	Revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)	Eléctrico	M-06
Sensores	Inspeccionar señal	verificar censado	Operario	D-01
	Limpieza	Limpiar cuidadosamente la parte externa	Operario	S-01
	Revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Mecánico	M-01

Tabla 35. Tareas de mantenimiento para la Máquina Blister

BLISTER				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Motor 1/2 HP	Soplar	Soplar internamente el motor.	Mecánico	A-01
	Inspeccionar, limpiar, lubricar, cambiar	Revisar que las piezas internas no se encuentren desgastadas.	Mecánico	A-01
	Inspeccionar, cambiar	Revisar que las escobillas no se encuentren desgastadas.	Eléctrico	A-01
Cadena de transmisión	Inspeccionar, limpieza, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas.	Mecánico	A-01
Resistencias, control de temperatura, bujía	Inspeccionar	Verificar que las resistencias si estén calentando y que tenga la temperatura correcta para la operación.	Eléctrico	D-01
	Cambiar, reparar	Cambio de cableado eléctrico y verificación de temperatura de las resistencias.	Eléctrico	M-09
Microsuiche	Inspeccionar, cambiar	Verificar la señal del microsuiche.	Eléctrico	M-09
Teflón	Limpieza, cambiar	Limpiar el teflón.	Eléctrico	S-01, M-02
Riel transportador	Limpieza, ajustar	Verificar la sujeción del riel, cambio de tornillos.	Mecánico	M-09
	Plan de lubricación	Según manual.	Mecánico	A-01
Componentes Eléctricos	Mantenimiento eléctrico	Según manual, cambio de cableado.	Eléctrico	A-01
	Revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control		
	Revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)		
Componentes Neumáticos	Mantenimiento neumático	Según manual.	Mecánico	M-04

Tabla 36. Tareas de mantenimiento para la Máquina Extrusor

EXTRUSOR				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Sistema formador	Soplar	Soplar el sistema formador.	Operario	D-01
	Limpieza	Limpieza del sistema formador.	Operario	S-01
Aguantador, boquilla, porta boquilla	Limpieza	Limpieza de piezas.	Operario	S-01
	Inspeccionar, ajustar, cambiar	Verificar que el porta-rod y el rod estén bien ajustados y centrados.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspección, apretar, ajustar, cambiar	Verificar la alineación y apretar tornillos del sistema de alimentación.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspección, apretar, ajustar, cambiar	Revisar el estado de desgaste. Verificar las medidas y cambiar si se encuentra exceso de juego.	Mecánico	M-02
Tuerca empujador, tuerca boquilla	Inspeccionar, apretar, ajustar	Verificar la alineación del sistema de formador, ajustar (Según procedimiento).	Supervisor	D-01
Rod	Inspeccionar, limpieza, ajustar, cambiar	Verificar al prender la máquina, el centro del rod con respecto a la hembra y boquilla. Verificar las medidas y el ajuste con la boquilla.	Supervisor - Mecánico	D-01, M-02
Botador tarros, sujetador soporte botador, Soporte botador	Inspeccionar, ajustar, cambiar	Verificar que las piezas estén bien ajustadas.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Verificar la alineación y apretar tornillos del sistema de alimentación.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Revisar el estado de desgaste. Verificar las medidas y cambiar si se encuentra exceso de juego.	Mecánico	M-04
Eje botador, cuadrante	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Verificar la alineación y apretar tornillos del sistema de alimentación.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Revisar el estado de desgaste. Verificar las medidas y cambiar si se encuentra exceso de juego.	Mecánico	M-04
	Limpieza	Limpieza de piezas.	Operario	S-01
Hembra, base de hembra, aguantador de hembra	Inspeccionar, ajustar, cambiar	Verificar que la base y la hembra estén bien ajustadas y centradas.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Verificar la alineación y apretar tornillos del sistema de alimentación.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Revisar el estado de desgaste. Verificar las medidas y cambiar si se encuentra exceso de juego.	Mecánico	M-02
Pernos sujetador de sufridera, tornillo y tuerca centrador de hembra,	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Verificar la alineación y apretar tornillos del sistema de alimentación.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Revisar el estado de desgaste. Verificar las medidas y cambiar si se encuentra exceso de juego.	Mecánico	M-02
	Soplar	Soplar el sistema para eliminar el scrap del zinc.	Operario	D-01
Sujetador (superior, inferior) de moneda, posicionador, tornillo guía posicionador	Limpieza	Limpiar el sistema de alimentación.	Operario	S-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Verificar la alineación y apretar tornillos del sistema de alimentación.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Revisar el estado de desgaste. Verificar las medidas y cambiar si se encuentra exceso de juego.	Mecánico	M-03
	Soplar	Soplar el sistema para eliminar el scrap del zinc.	Operario	D-01
Mecanismo rotula moneda, brazo mecanismo muñeca, mecanismo muñeca	Limpieza	Limpiar el sistema de alimentación.	Operario	S-01

Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Verificar la alineación y apretar tornillos del sistema de alimentación.	Operario - Supervisor	D-01
	Inspeccionar, apretar, ajustar, cambiar	Revisar el estado de desgaste. Verificar las medidas y cambiar si se encuentra exceso de juego.	Mecánico	M-03
Cadena muñeca	Inspeccionar, limpieza, cambiar	Verificar que la cadena no esté estirada.	Mecánico	M-06
Resistencias, control de temperatura	Inspeccionar	Verificar que las resistencias si estén calentando y que tenga la temperatura correcta para la operación.	Eléctrico	D-01
	Cambiar, reparar	Cambio de cableado eléctrico y verificación de temperatura de las resistencias.	Eléctrico	M-09
Cangilones pasadores	Limpieza	Limpieza de la banda y cangilones de monedas.	Operario	S-03
	Inspeccionar, limpieza, cambiar	Verificar los cangilones y ajustar.	Mecánico	M-08
Banda transmisión principal plana	Inspeccionar, limpieza, cambiar	Revisar la superficie, la tensión y limpiarla.	Mecánico - Operario	M-02
Cadena de transmisión	Inspeccionar, limpieza, cambiar	Verificar que la cadena no este estirada.	Mecánico	M-02
Sensor de lubricación	Soplar, limpieza	Soplar y limpiar el sensor.	Mecánico	M-04
Aceite ISO 100	Analizar, cambiar	Análisis de aceite y cambio.	Externo - Mecánico	M-06
Motor principal	Soplar	Soplar internamente los motores.	Mecánico	A-01
	Inspeccionar, limpiar, lubricar, cambiar	Revisar que las piezas internas no se encuentren desgastadas.	Mecánico	A-01
	Inspeccionar, cambiar	Revisar que las escobillas no se encuentren desgastadas.	Eléctrico	A-01
Embrague	Soplar	Soplar internamente los motores.	Mecánico	A-01
	Inspeccionar, limpiar, lubricar, cambiar	Revisar que las piezas internas no se encuentren desgastadas.	Mecánico	A-01

Tabla 37. Tareas de mantenimiento para la zona de Mezclas

MEZCLAS				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Tanques	Inspeccionar, limpieza	Verificar espesor de tanque, y limpieza externa e interna	Externo - Operario	M-06
	Cambiar	Cambio de tornillos y flanche.	Mecánico	M-06
Tubería	Inspeccionar, cambiar	Verificar fugas y cambio de tubería y conexiones. Limpieza de filtro y malla.	Mecánico	M-06
Filtros	Inspeccionar, limpieza	Verificar fugas y cambio de tubería y conexiones.	Mecánico	A-01
Desionizador de agua	Inspeccionar, limpieza	Verificar fugas y cambio de tubería y conexiones.	Mecánico	A-01
Abbe	Inspeccionar, limpieza	Verificar fugas y cambio de tubería y conexiones.	Mecánico	M-03
	Cambiar	Cambio de prensa estopa y tronillo de compuerta,	Mecánico	M-03
Bombas diafragma	Soplar	Soplar internamente los motores.	Mecánico	A-01
	Inspeccionar, limpieza, cambiar	Verificar la válvula de bronce, cambiar.	Mecánico	M-06
	Inspeccionar, limpiar, lubricar, cambiar	Revisar que las piezas internas no se encuentren desgastadas.	Mecánico	A-01
	Inspeccionar, cambiar	Revisar que las escobillas no se encuentren desgastadas.	Eléctrico	A-01
	Plan de lubricación	Según manual.	Mecánico	A-01
	Mantenimiento eléctrico	Según manual, cambio de cableado.	Eléctrico	A-01

Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
	Mantenimiento neumático	Según manual.	Mecánico	M-04

Tabla 38. Tareas de mantenimiento para la Máquina Trimmer

TRIMMER				
Componente	Tarea	Instructivo	Encargado	Frecuencia
Motor	Revisar, Limpiar	Revisar estado y limpiar tapa y ventilador	Mecánico	M-01
	Revisar	Revisar estado de rodamientos y partes internas	Mecánico	M-06
Bandas y Poleas de transmisión	Revisar, Ajustar	Revisar estado y cambio de las bandas	Mecánico	M-01
Piñones, Ejes y Bujes	Inspeccionar, limpieza, cambiar	Revisar el estado de desgaste de piñones, ejes y bujes. Se debe de verificar las medidas y cambiar si se encuentra muy holgado.	Mecánico	M-06
	Lubricación	lubricar con grasa de alta temperatura	Mecánico	S-2
Cadenas de Transmisión	Inspeccionar, cambiar	Verificar que las cadenas no estén estiradas	Mecánico	M-02
	Limpieza	Limpiar cadena	Mecánico	M-01
Árbol y Botador	Limpieza, Lubricación	Limpiar árbol y botador con disolvente y lubricar el botador y cuchillas	Mecánico	S-02
Cluch	Limpieza	Limpieza de anillos	Mecánico	S-02
Componentes Eléctricos	Revisión, Limpieza	Soplar tablero de potencia y control	Eléctrico	A-01
	Revisión	Verificación de terminales y ajuste de tornillería (contactores, relés térmicos y regletas)	Eléctrico	M-06
Sensores	Inspeccionar señal	Verificar censado	Operario	D-01
	Limpieza	Limpiar cuidadosamente la parte externa	Operario	S-01
	Revisión de la conexión	Revisar estado del cable	Mecánico	M-01

4.4. CONCLUSIONES

La ejecución de los mantenimientos preventivos se deben llevar a cabo basados en las frecuencias recomendadas en este estudio y no en los tiempos sugeridos por personas no responsables de los mantenimientos.

Para la mantenibilidad es indispensable buscar que las tareas de mantenimiento preventivas se lleven a cabo en el menor tiempo posible y así aprovechar más eficientemente el personal de mantenimiento y reducir el tiempo de los mantenimientos programados, para que a su vez el personal de mantenimiento tenga una mayor disponibilidad para trabajar en mantenimientos modificativos y proyectos.

5. CONCLUSIONES

5.1. OBJETIVO

Concluir los resultados obtenidos con el fin de hacer recomendaciones útiles para la empresa, aplicables a otras líneas de trabajo.

5.2. CONCLUSIONES

La descomposición de cada una de las máquinas que conforman la línea de producción R06 es de gran utilidad para conocer de una forma detallada la operación de cada uno de los sistemas y componentes que hacen parte de las diferentes máquinas, al comprender su funcionamiento se puede dar una idea de donde podrían ocurrir fallas.

La recopilación de datos provenientes del historial de mantenimientos para las máquinas de la línea R06 permite identificar actividades de mantenimiento correctivas, preventivas que fueron ejecutadas durante el periodo de estudio lo que es de gran ayuda para la conformación de tareas preventivas y sirve como punto de partida para la elaboración del diagrama de pareto, para conocer las actividades mas frecuentes en cada una de las máquinas lo que representa un punto de partida para la identificación de los modos y causas de falla dentro del análisis de consecuencia de falla.

El análisis de pareto sirve para identificar las máquinas que generan cerca del 80% de los tiempos improductivos por mantenimiento correctivos dentro de la línea de producción R06, en donde la mayor parte del porcentaje de estos tiempos se ven representados en las máquinas en donde se inicia el ensamble de la pila lo que afecta la línea desde su principio.

Las Máquinas PLM concentran el mayor porcentaje en los tiempos improductivos ya que son las Máquinas que se encuentran bajo mayor exigencia y contacto con la corrosión que produce la mezcla en todos los elementos de las Máquina, lo que acelera considerablemente el desgaste normal.

Para el análisis de falla es de gran utilidad contar con el criterio del personal encargado del área de mantenimiento de la empresa, estos criterios son de gran ayuda para la calificación de las consecuencias de falla y para medir de una forma el impacto real que las fallas podrían tener para la empresa.

Las causas de falla dentro del análisis de falla permiten plantear actividades programadas para evitar algunas de estas fallas, al igual que sirven para reconocer que repuestos se deben tener dentro de el almacén, por su importancia o frecuencia de cambio.

El análisis de la matriz de riesgo permite identificar que fallas tienen un riesgo alto, medio o bajo, siendo las dos primeras en las cuales se deben enfocar las posibles actividades para corregir dichas fallas, estas actividades deben estar dirigidas a realizar acciones de tipo modificativo en primer lugar, si esto no es posible; acciones correctivas, preventivas o predictivas.

La mayor parte del tiempo de los mantenimientos programados se encuentra concentrado en tareas de calibración de los troqueles y limpieza de las Máquinas debido a que la mezcla en el ambiente es un factor inherente al proceso de conformación de la pila, razón por la cual se dificulta aumentar el tiempo entre los mantenimientos programados, y por lo tanto se deben buscar factores que recorten estos tiempos para obtener resultados que se reflejen en los indicadores CMD.

5.3. RECOMENDACIONES

La continuidad en el seguimiento de las Máquinas es indispensable para medir el desempeño y eficacia del departamento de mantenimiento y de las tareas definidas.

Llevar a cabo estrictamente las tareas que surgieron con base en este estudio con el fin de mejorar el desempeño de las líneas de producción R06.

Con base en el historial de mantenimiento, se observa que muchos de los mantenimientos programados se ejecutaron en horas extras lo que representa un mayor costo para la empresa. Se recomienda llevar a cabo un análisis sobre las tareas en las cuales se pueden hacer recortes de los tiempos para que así se pueda cubrir un número mayor de mantenimientos y evitar en lo posible este tipo de rubros.

Continuar con la comunicación entre las áreas de mantenimiento y producción para mantener la confiabilidad de los datos y su disposición oportuna para los análisis pertinentes en el cálculo de CMD y el análisis de fallas.

Buscar la forma de proteger los mecanismos de las máquinas PLM y CRIM del contacto directo con la mezcla por medio de un mantenimiento modificativo o un análisis de corrosión.

BIBLIOGRAFÍA

CLÁSICA

BAZOVSKY, Igor. - Reliability Theory and Practice - Edit. Dover Publication Incorporated - New York, NY, USA -2004 - ISBN: 0486438678.

DE LOS RÍOS MEDINA, Sandra Milena. "Implementación de los índices CMD en la engomadora sucker muller de textiles fabricato Tejicóndor s.a." – Medellín – Colombia – 2006. Trabajo De Grado (Ingeniería Mecánica). - Universidad EAFIT.

DOUNCE, Enrique Villanueva - L Productividad en el mantenimiento industrial - Compañía Editorial Continental, SA de CV. Segunda Edición - México, DF - México - 1998 - ISBN: 968-26-1089-3.

GNEDENKO, Boris Vladimirovich - USHAKOV, Igor A. (Traductor) - Probabilistic Reability Engineering - Editorial John Wiley and Sons, inc. - New Cork - USA - 1995. - ISBN 0471305022.

HARRIS, Gray W. - Living with murphy's law.- Research-technology Management, Vol. 37, Iss. 1 10-13 – USA – 1994.

KELLY, Anthony. - HARRIS, M. J. - Gestión del mantenimiento industrial – Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar – Traducido por Gerardo Álvarez Cuervo y equipo de trabajo – Madrid – España – 1998 – ISBN: 84-923506-0-1.

KNEZEVIC, Jezdimir. - Mantenibilidad - Editorial ISDEFE - Madrid -España - 1996 - ISBN: 84-89338-6.

MORA, Luís Alberto. Diplomado en gestión y control de mantenimiento (IRI).

ACIEM, 2003.

MORA, Luís Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios, Enfoque sistemático Kantiano, Medellín, Colombia: Editorial AMG. 2006. 306p. ISBN 958-338218-3.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto - Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios. – Marzo del 2007 – Medellín – Colombia - Segunda edición – Editorial AMG - ISBN: 958-33-8218-3 – Paginación: P55-69-75.

NAVARRO ELOLA, Luis. Gestión Integral de Mantenimiento. Barcelona, España. Marcombo S.A. 1997. 112p ISBN: 8426711219.

O'CONNOR, Patrick D.T - Practical Reliability Engineering - New York, NY, - USA - Jhon Wiley and Sons, Inc. – 1989.

Patton, Joseph D.Jr – Preventive maintenance – The International Society for Measurement and Control Instrument Society of America – Second Edition – USA -1995 –ISBN: 1-55617-533-7.

REY SACRISTÁN, Francisco. Hacia la excelencia en mantenimiento, Madrid, España: Editorial DGP HOSHIN .S.L. 1996. 165. ISBN: 8495428180.

RODRÍGUEZ, Alberto García. - HENAO, Jhon Harvey. - GONZALES, Juan Camilo. - VALLEJO Jaramillo, Juan Santiago - GONZALES, Juan Sebastián Duque. - CASTAÑEDA, Leonel Francisco. - MORA, Alberto Gutiérrez - Diseño para la medición De Confiabilidad, Mantenibilidad Y Disponibilidad De Equipos En Mantenimiento Industrial. - Informe Final de Investigación. - Medellín. - Colombia. - Universidad Eafit. - 2004 - 123p

STAMARIS, D.H., Failure Mode and Effect Analysis. FMEA from Theory to Execution. Editorial: ASQC, Quality Press, NY, USA, 1995, ISBN: 087389300X.

VALLEJO JARAMILLO, Juan Santiago. Desarrollo, validación, contraste y pronóstico del cálculo CMD. Medellín, 2004, 153 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Eafit. Departamento de Ingeniería Mecánica. Área de mantenimiento.

INTERNET

Cavero@

CAVERO, José M^a. Situación De La Normativa De confiabilidad. [en línea]. Febrero de 2000. [citado en 28 enero de 2002]. disponible en Internet. <http://www.alcatel.es/eventos/ponencias/normativa_confiabilidad-2.htm>

Ellman@

ELLMAN, Enrique P. - Comparación entre “Mejoras Tradicionales” y “Modernas Estrategias chile noviembre de 2001 [citado en febrero 22 de 2002] disponible en Internet.

http://www.servic.cl/congreso_2001/presentaciones/e.ellmann.doc.

IIM@, 2006. Tomado de la página web: <http://www.ingenieriaymantenimiento.com/index.php?id=10>, consultada el 5 de Junio de 2006.

RAE@, 2006. Tomado de la página web de la real academia de la lengua española, web: <http://www.rae.es/> consultada el 10 de Febrero de 2006.

SOLOMANTENIMIENTO@, 2006. Tomado de la página web:
http://www.solomantenimiento.com/m_correctivo.htm, consultada el 5 de Junio de
2006.

ANEXOS

En las siguientes tablas se muestran los tiempos requeridos para el cálculo de los indicadores CMD para cada uno de los semestres. Y además en estas tablas se calcula por medio de la herramienta Excel los diferentes indicadores cuyos resultados se muestran en la tabla.

Donde:

DP: Días de producción.

MPM: Minutos de producción en el mes.

UT: Tiempo útil total en el mes.

UT: Tiempo útil.

TBMc: Tiempo entre mantenimientos correctivos.

TBF: Tiempo entre fallas.

TTR: Tiempo que se demora la reparación.

TBMp: Tiempo entre mantenimientos programados.

PM: Tiempo que se demora el mantenimiento programado.

Tabla 39. Datos máquina PLM 1

ENERO - JUNIO 2007								
PLM 1								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
12	6720	5791	517	517	517	43	2800	180
			501	501	501	59	2240	300
			332	332	332	228	1680	600
			522	522	522	38		
			492	492	492	68		
			461	461	461	99		
			344	344	344	216		
			517	517	517	43		
			533	533	533	27		
			542	542	542	18		

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			497	497	497	63		
			533	533	533	27		
15	8400	7286	458	458	458	102	2240	180
			486	486	486	74	1680	300
			517	517	517	43	2240	180
			498	498	498	62	2240	600
			381	381	381	179		
			515	515	515	45		
			530	530	530	30		
			466	466	466	94		
			509	509	509	51		
			492	492	492	68		
			519	519	519	41		
			477	477	477	83		
			432	432	432	128		
			497	497	497	63		
16	8960	8008	496	496	496	64	2800	180
			506	506	506	54	2240	300
			521	521	521	39	2240	180
			444	444	444	116	1680	600
			532	532	532	28		
			410	410	410	150		
			541	541	541	19		
			545	545	545	15		
			536	536	536	24		
			539	539	539	21		
			477	477	477	83		
			501	501	501	59		
			433	433	433	127		
			524	524	524	36		
			485	485	485	75		
			518	518	518	42		
11	6160	5278	543	543	543	17	1120	180
			514	514	514	46	1120	300
			504	504	504	56	2240	390
			543	543	543	17	1680	600

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			514	514	514	46		
			513	513	513	47		
			235	235	235	325		
			529	529	529	31		
			522	522	522	38		
			328	328	328	232		
			533	533	533	27		
18	10080	9286	543	543	543	17	1680	180
			508	508	508	52	2240	300
			522	522	522	38	2240	180
			541	541	541	19	1680	300
			524	524	524	36	2240	600
			531	531	531	29		
			541	541	541	19		
			521	521	521	39		
			508	508	508	52		
			518	518	518	42		
			539	539	539	21		
			505	505	505	55		
			461	461	461	99		
			496	496	496	64		
			540	540	540	20		
			502	502	502	58		
			451	451	451	109		
			535	535	535	25		
11	6160	5667	539	539	539	21	1680	180
			515	515	515	45	1680	300
			519	519	519	41	1680	180
			523	523	523	37	1120	900
			506	506	506	54		
			476	476	476	84		
			518	518	518	42		
			529	529	529	31		
			526	526	526	34		
			509	509	509	51		
			507	507	507	53		

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
				41316	41316	5164	46480	8190
				83	83	83	24	24
				497,7831325	497,7831325	62,21686747	1936,666667	341,25
				MTBMc	MTBF	MTTR	MTBMp	MP

MTBM MGORRO **AA**
395,999129 119,2720538 **0,768525666**

Tabla 40. Datos máquina PLM 2

ENERO - JUNIO 2007								
PLM 2								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
13	7280	6145	476	476	476	84	2800	180
			325	325	325	235	2240	300
			508	508	508	52	2240	600
			497	497	497	63		
			509	509	509	51		
			483	483	483	77		
			510	510	510	50		
			528	528	528	32		
			529	529	529	31		
			351	351	351	209		
			524	524	524	36		
			412	412	412	148		
			493	493	493	67		
14	7840	6282	498	498	498	62	2240	180
			504	504	504	56	2240	300
			523	523	523	37	1120	180
			470	470	470	90	2240	600
			263	263	263	297		
			328	328	328	232		
			483	483	483	77		
			506	506	506	54		
			410	410	410	150		

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			511	511	511	49		
			485	485	485	75		
			493	493	493	67		
			505	505	505	55		
			303	303	303	257		
16	8960	6638	387	387	387	173	2240	180
			258	258	258	302	2240	300
			262	262	262	298	2240	180
			373	373	373	187	2240	600
			367	367	367	193		
			490	490	490	70		
			545	545	545	15		
			476	476	476	84		
			493	493	493	67		
			391	391	391	169		
			284	284	284	276		
			360	360	360	200		
			544	544	544	16		
			381	381	381	179		
			521	521	521	39		
			506	506	506	54		
11	6160	5678	542	542	542	18	560	180
			448	448	448	112	1120	300
			540	540	540	20	2240	390
			503	503	503	57	2240	600
			489	489	489	71		
			525	525	525	35		
			497	497	497	63		
			542	542	542	18		
			505	505	505	55		
			538	538	538	22		
			549	549	549	11		
16	8960	8317	510	510	510	50	1680	180

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			516	516	516	44	1680	300
			527	527	527	33	1680	180
			538	538	538	22	1680	300
			484	484	484	76	2240	600
			503	503	503	57		
			530	530	530	30		
			511	511	511	49		
			537	537	537	23		
			533	533	533	27		
			497	497	497	63		
			552	552	552	8		
			547	547	547	13		
			471	471	471	89		
			533	533	533	27		
			528	528	528	32		
12	6720	6270	543	543	543	17	2240	180
			484	484	484	76	1680	300
			524	524	524	36	1680	180
			538	538	538	22	1120	900
			521	521	521	39		
			512	512	512	48		
			522	522	522	38		
			535	535	535	25		
			521	521	521	39		
			497	497	497	63		
			534	534	534	26		
			539	539	539	21		
				39330	39330	6590	45920	8190
				82	82	82	24	24
				479,6341463	479,6341463	80,36585366	1913,333333	341,25
				MTBMc	MTBF	MTR	MTBMp	MP

MTBM MGORRO **AA**
383,4987344 132,6561359 **0,742991603**

Tabla 41. Datos máquina CRIM 1.

ENERO - JUNIO 2007								
CRIM 1								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
12	6720	5767	536	536	536	24	2800	120
			244	244	244	316	2240	390
			514	514	514	46	1680	600
			481	481	481	79		
			496	496	496	64		
			513	513	513	47		
			535	535	535	25		
			520	520	520	40		
			542	542	542	18		
			314	314	314	246		
			522	522	522	38		
			550	550	550	10		
15	8400	8118	547	547	547	13	2240	120
			547	547	547	13	1680	390
			535	535	535	25	2240	120
			546	546	546	14	2240	600
			544	544	544	16		
			538	538	538	22		
			551	551	551	9		
			547	547	547	13		
			522	522	522	38		
			538	538	538	22		
			541	541	541	19		
			538	538	538	22		
			546	546	546	14		
			547	547	547	13		
			531	531	531	29		
16	8960	8585	543	543	543	17	2800	120
			531	531	531	29	2240	390
			538	538	538	22	2240	120

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			518	518	518	42	1680	600
			546	546	546	14		
			542	542	542	18		
			556	556	556	4		
			534	534	534	26		
			540	540	540	20		
			551	551	551	9		
			535	535	535	25		
			501	501	501	59		
			548	548	548	12		
			552	552	552	8		
			515	515	515	45		
			535	535	535	25		
11	6160	5451	506	506	506	54	1120	120
			471	471	471	89	1120	390
			535	535	535	25	2240	120
			553	553	553	7	1680	600
			375	375	375	185		
			438	438	438	122		
			469	469	469	91		
			468	468	468	92		
			540	540	540	20		
			549	549	549	11		
			547	547	547	13		
18	10080	9466	479	479	479	81	1680	120
			546	546	546	14	2240	390
			542	542	542	18	2240	120
			519	519	519	41	1680	390
			523	523	523	37	2240	600
			537	537	537	23		
			548	548	548	12		
			543	543	543	17		
			491	491	491	69		

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			547	547	547	13		
			545	545	545	15		
			527	527	527	33		
			495	495	495	65		
			487	487	487	73		
			548	548	548	12		
			537	537	537	23		
			513	513	513	47		
			539	539	539	21		
11	6160	5923	556	556	556	4	1680	120
			550	550	550	10	1680	390
			518	518	518	42	1680	120
			542	542	542	18	1120	900
			540	540	540	20		
			521	521	521	39		
			547	547	547	13		
			503	503	503	57		
			546	546	546	14		
			556	556	556	4		
			544	544	544	16		
				43310	43310	3170	46480	7950
				83	83	83	24	24
				521,8072289	521,8072289	38,19277108	1936,666667	331,25
				MTBMc	MTBF	MTTR	MTBMp	MP

MTBM MGORRO **AA**
411,0544629 100,3937083 **0,804**

Tabla 42. Datos máquina CRIM 2.

ENERO - JUNIO 2007

CRIM 2

DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
13	7280	6657	547	547	547	13	2800	120
			552	552	552	8	2240	390
			550	550	550	10	2240	600
			547	547	547	13		
			538	538	538	22		
			518	518	518	42		
			541	541	541	19		
			549	549	549	11		
			552	552	552	8		
			421	421	421	139		
			279	279	279	281		
			549	549	549	11		
			514	514	514	46		
14	7840	7350	542	542	542	18	2240	120
			524	524	524	36	2240	390
			553	553	553	7	1120	120
			537	537	537	23	2240	600
			468	468	468	92		
			540	540	540	20		
			538	538	538	22		
			550	550	550	10		
			519	519	519	41		
			546	546	546	14		
			499	499	499	61		
			448	448	448	112		
			531	531	531	29		
			555	555	555	5		
16	8960	8547	556	556	556	4	2240	120
			560	560	560		2240	390
			554	554	554	6	2240	120
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

			501	501	501	59	2240	600
			545	545	545	15		
			395	395	395	165		
			551	551	551	9		
			529	529	529	31		
			533	533	533	27		
			538	538	538	22		
			551	551	551	9		
			536	536	536	24		
			557	557	557	3		
			545	545	545	15		
			544	544	544	16		
			552	552	552	8		
11	6160	5802	557	557	557	3	560	120
			543	543	543	17	1120	390
			554	554	554	6	2240	120
			546	546	546	14	2240	600
			547	547	547	13		
			469	469	469	91		
			551	551	551	9		
			419	419	419	141		
			515	515	515	45		
			554	554	554	6		
			547	547	547	13		
16	8960	8671	553	553	553	7	1680	120
			546	546	546	14	1680	390
			560	560	560		1680	120
			546	546	546	14	1680	390
			552	552	552	8	2240	600
			545	545	545	15		
			554	554	554	6		
			546	546	546	14		
			552	552	552	8		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

			496	496	496	64		
			528	528	528	32		
			560	560	560			
			548	548	548	12		
			543	543	543	17		
			518	518	518	42		
			524	524	524	36		
12	6720	6263	552	552	552	8	2240	120
			532	532	532	28	1680	390
			482	482	482	78	1680	120
			538	538	538	22	1120	900
			548	548	548	12		
			303	303	303	257		
			526	526	526	34		
			557	557	557	3		
			549	549	549	11		
			560	560	560			
			556	556	556	4		
			560	560	560			
				41065	41008	2615	45920	7950
				82	82	82	24	24
				500,7926829	500,097561	31,8902439	1913,333333	331,25
				MTBMc	MTBF	MTR	MTBMp	MP

MTBM MGORRO AA
396,9069249 93,99022311 0,809

Tabla 43. Datos máquina Insertadora de Tapas 2.

ENERO - JUNIO 2007								
INSERTADORA 2								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
13	7280	7085	549	549	549	11	2800	15
			541	541	541	19	2240	15
			551	551	551	9	2240	90
			547	547	547	13		
			535	535	535	25		
			534	534	534	26		
			552	552	552	8		
			556	556	556	4		
			554	554	554	6		
			551	551	551	9		
			530	530	530	30		
			543	543	543	17		
			542	542	542	18		
14	7840	7487	541	541	541	19	2240	15
			512	512	512	48	2240	15
			420	420	420	140	1120	15
			522	522	522	38	2240	90
			551	551	551	9		
			556	556	556	4		
			554	554	554	6		
			521	521	521	39		
			554	554	554	6		
			530	530	530	30		
			560	560	560			
			558	558	558	2		
			548	548	548	12		
			560	560	560			
16	8960	8806	558	558	558	2	2240	15
			560	560	560		2240	15
			557	557	557	3	2240	15
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

			490	490	490	70	2240	90
			543	543	543	17		
			556	556	556	4		
			560	560	560			
			557	557	557	3		
			555	555	555	5		
			560	560	560			
			560	560	560			
			520	520	520	40		
			556	556	556	4		
			554	554	554	6		
			560	560	560			
			560	560	560			
11	6160	6057	550	550	550	10	560	15
			549	549	549	11	1120	15
			560	560	560		2240	15
			545	545	545	15	2240	90
			524	524	524	36		
			551	551	551	9		
			547	547	547	13		
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			551	551	551	9		
16	8960	8802	555	555	555	5	1680	15
			549	549	549	11	1680	15
			560	560	560		1680	15
			555	555	555	5	1680	15
			522	522	522	38	2240	90
			544	544	544	16		
			560	560	560			
			560	560	560			
			545	545	545	15		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

			542	542	542	18		
			553	553	553	7		
			560	560	560			
			557	557	557	3		
			532	532	532	28		
			548	548	548	12		
			560	560	560			
12	6720	6525	554	554	554	6	2240	15
			465	465	465	95	1680	15
			552	552	552	8	1680	15
			552	552	552	8	1120	90
			546	546	546	14		
			552	552	552	8		
			551	551	551	9		
			556	556	556	4		
			553	553	553	7		
			542	542	542	18		
			542	542	542	18		
			560	560	560			
				44762	44762	1158	45920	810
				82	82	82	21	21
				545,878	545,878	14,122	2186,667	38,571
				MTBMc	MTBF	MTR	MTBMp	MP

MTBM MGORRO AA
436,8285 19,0062 0,9583

Tabla 44. Datos máquina Ristra.

ENERO - JUNIO 2007								
RISTRA								
DP	MPM	UT	UT	TBM _C	TBF	TTR	TBM _p	PM
6	3360	3009	503	503	503	57	1680	5
			445	445	445	115	1680	30
			560	560	560	0		
			426	426	426	134		
			515	515	515	45		
			560	560	560	0		
15	8400	7955	560	560	560	0	2240	5
			528	528	528	32	1680	5
			507	507	507	53	2800	5
			548	548	548	12	1680	30
			547	547	547	13		
			450	450	450	110		
			558	558	558	2		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			552	552	552	8		
			555	555	555	5		
			560	560	560	0		
			556	556	556	4		
			360	360	360	200		
			554	554	554	6		
20	11200	11078	560	560	560	0	2800	5
			551	551	551	9	2800	5
			548	548	548	12	2800	5
			504	504	504	56	1680	30
			554	554	554	6		
			560	560	560	0		
			558	558	558	2		
			558	558	558	2		
			560	560	560	0		
DP	MPM	UT	UT	TBM _C	TBF	TTR	TBM _p	PM

			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			557	557	557	3		
			560	560	560	0		
			539	539	539	21		
			552	552	552	8		
			557	557	557	3		
			560	560	560	0		
9	5040	4956	555	555	555	5	1120	5
			560	560	560	0	1120	5
			557	557	557	3	2800	30
			559	559	559	1		
			488	488	488	72		
			560	560	560	0		
			557	557	557	3		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
12	6720	6609	549	549	549	11	1120	5
			560	560	560	0	1680	5
			537	537	537	23	1120	5
			555	555	555	5	2240	30
			524	524	524	36		
			560	560	560	0		
			558	558	558	2		
			560	560	560	0		
			558	558	558	2		
			528	528	528	32		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
13	7280	7211	560	560	560	0	2240	5
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

			549	549	549	11	2240	5
			535	535	535	25	1120	30
			560	560	560	0	1680	120
			542	542	542	18		
			552	552	552	8		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			558	558	558	2		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			555	555	555	5		
			40818	40818	1113	40320	370	
			75	75	75	21	21	
			544,240	544,240	14,840	1920	17,619	
			MTBMc	MTBF	MTR	MTBmp	MP	

MTBM MGORRO AA
424,042 15,454 0,965

Tabla 45. Datos máquina PLM1.

JULIO - DICIEMBRE 2007								
PLM 1								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM
16	8960	7669	535	535	535	25	2240	180
			372	372	372	188	2800	300
			290	290	290	270	1680	180
			535	535	535	25	2240	600
			531	531	531	29		
			523	523	523	37		
			523	523	523	37		
			475	475	475	85		
			507	507	507	53		
			525	525	525	35		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM

			410	410	410	150		
			518	518	518	42		
			479	479	479	81		
			510	510	510	50		
			420	420	420	140		
			516	516	516	44		
21	11760	10729	517	517	517	43	2240	180
			481	481	481	79	1680	300
			503	503	503	57	2800	180
			531	531	531	29	2240	300
			521	521	521	39	2240	600
			489	489	489	71		
			483	483	483	77		
			532	532	532	28		
			505	505	505	55		
			492	492	492	68		
			529	529	529	31		
			469	469	469	91		
			535	535	535	25		
			486	486	486	74		
			535	535	535	25		
			527	527	527	33		
			531	531	531	29		
			512	512	512	48		
			501	501	501	59		
			518	518	518	42		
			532	532	532	28		
14	7840	7388	545	545	545	15	2240	180
			518	518	518	42	2240	300
			518	518	518	42	1680	180
			546	546	546	14	1680	600
			531	531	531	29		
			525	525	525	35		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

			511	511	511	49		
			516	516	516	44		
			525	525	525	35		
			531	531	531	29		
			525	525	525	35		
			539	539	539	21		
			520	520	520	40		
			538	538	538	22		
11	6160	5701	541	541	541	19	1680	180
			517	517	517	43	2240	300
			469	469	469	91	2240	390
			531	531	531	29		
			517	517	517	43		
			522	522	522	38		
			512	512	512	48		
			534	534	534	26		
			519	519	519	41		
			514	514	514	46		
			525	525	525	35		
15	8400	7508	536	536	536	24	1680	180
			522	522	522	38	2240	300
			535	535	535	25	2240	180
			537	537	537	23	2240	600
			530	530	530	30		
			303	303	303	257		
			524	524	524	36		
			483	483	483	77		
			494	494	494	66		
			421	421	421	139		
			542	542	542	18		
			542	542	542	18		
			462	462	462	98		
			533	533	533	27		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

			544	544	544	16		
7	3920	3425	478	478	478	82	2240	180
			335	335	335	225	1680	900
			454	454	454	106		
			542	542	542	18		
			545	545	545	15		
			536	536	536	24		
			535	535	535	25		
				42420	42420	4620	46480	7290
				84	84	84	22	22
				505,000	505,000	55,000	2112,727	331,364
				MTBMc	MTBF	MTR	MTBmp	MP
				MTBM	MGORRO	AA		
				407,578	108,315	0,790		

Tabla 46. Datos máquina PLM2.

JULIO - DICIEMBRE 2007								
PLM 2								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM
15	8400	7075	298	298	298	262	1680	180
			524	524	524	36	2800	300
			543	543	543	17	1680	180
			323	323	323	237	2240	600
			491	491	491	69		
			456	456	456	104		
			491	491	491	69		
			411	411	411	149		
			527	527	527	33		
			506	506	506	54		
			376	376	376	184		
			534	534	534	26		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM
			528	528	528	32		

			533	533	533	27		
			534	534	534	26		
15	8400	7421	528	528	528	32	560	180
			527	527	527	33	1680	300
			494	494	494	66	2800	180
			530	530	530	30	1120	300
			539	539	539	21	2240	600
			533	533	533	27		
			541	541	541	19		
			532	532	532	28		
			533	533	533	27		
			478	478	478	82		
			503	503	503	57		
			555	555	555	5		
			435	435	435	125		
			167	167	167	393		
			526	526	526	34		
12	6720	4398	537	537	537	23	1680	180
			534	534	534	26	1680	300
			537	537	537	23	1680	180
			542	542	542	18	1680	600
			523	523	523	37		
			538	538	538	22		
			540	540	540	20		
			541	541	541	19		
			522	522	522	38		
			538	538	538	22		
			526	526	526	34		
			519	519	519	41		
9	5040	4725	525	525	525	35	1680	180
			499	499	499	61	1120	300
			523	523	523	37	2240	390
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			532	532	532	28		

			522	522	522	38		
			532	532	532	28		
			544	544	544	16		
			522	522	522	38		
			526	526	526	34		
16	8960	8038	526	526	526	34	1680	180
			502	502	502	58	2240	300
			544	544	544	16	2800	180
			545	545	545	15	2240	600
			526	526	526	34		
			515	515	515	45		
			531	531	531	29		
			138	138	138	422		
			498	498	498	62		
			529	529	529	31		
			482	482	482	78		
			549	549	549	11		
			537	537	537	23		
			518	518	518	42		
			546	546	546	14		
			552	552	552	8		
7	3920	3598	546	546	546	14	2240	180
			482	482	482	78	1680	900
			540	540	540	20		
			461	461	461	99		
			534	534	534	26		
			495	495	495	65		
			540	540	540	20		
			37254	37254	37254	4186	41440	7290
			74	74	74	74	22	22
			503,43	503,43	503,43	56,57	1883,64	331,36
			MTBMc	MTBF	MTTR	MTBmp	MP	

MTBM MGORRO AA
397,259 114,522 0,776

Tabla 47. Datos máquina CRIM1

JULIO - DICIEMBRE 2007								
CRIM 1								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
16	8960	8507	546	546	546	14	2240	120
			555	555	555	5	2800	390
			550	550	550	10	1680	120
			532	532	532	28	2240	600
			554	554	554	6		
			549	549	549	11		
			544	544	544	16		
			546	546	546	14		
			535	535	535	25		
			532	532	532	28		
			550	550	550	10		
			538	538	538	22		
			355	355	355	205		
			535	535	535	25		
			552	552	552	8		
			534	534	534	26		
21	11760	10696	537	537	537	23	2240	120
			536	536	536	24	1680	390
			537	537	537	23	2800	120
			438	438	438	122	2240	390
			554	554	554	6	2240	600
			525	525	525	35		
			475	475	475	85		
			534	534	534	26		
			382	382	382	178		
			514	514	514	46		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			462	462	462	98		
			548	548	548	12		
			542	542	542	18		

			537	537	537	23		
			361	361	361	199		
			537	537	537	23		
			543	543	543	17		
			533	533	533	27		
			527	527	527	33		
			529	529	529	31		
			545	545	545	15		
14	7840	7621	552	552	552	8	2240	120
			544	544	544	16	2240	390
			541	541	541	19	1680	120
			553	553	553	7	1680	600
			556	556	556	4		
			538	538	538	22		
			547	547	547	13		
			538	538	538	22		
			554	554	554	6		
			543	543	543	17		
			545	545	545	15		
			553	553	553	7		
			513	513	513	47		
			544	544	544	16		
11	6160	6024	558	558	558	2	1680	120
			543	543	543	17	2240	390
			545	545	545	15	2240	600
			557	557	557	3		
			550	550	550	10		
			543	543	543	17		
			544	544	544	16		
			539	539	539	21		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			546	546	546	14		
			548	548	548	12		
			551	551	551	9		

15	8400	8080	550	550	550	10	1680	120
			411	411	411	149	2240	390
			547	547	547	13	2240	120
			555	555	555	5	2240	600
			541	541	541	19		
			542	542	542	18		
			540	540	540	20		
			558	558	558	2		
			529	529	529	31		
			556	556	556	4		
			557	557	557	3		
			553	553	553	7		
			541	541	541	19		
			544	544	544	16		
			556	556	556	4		
7	3920	3811	553	553	553	7	2240	120
			544	544	544	16	1680	900
			519	519	519	41		
			549	549	549	11		
			554	554	554	6		
			538	538	538	22		
			554	554	554	6		
				44739	44739	2301	46480	7440
				84	84	84	22	22
				532,61	532,61	27,39	2112,73	338,18
				MTBMc	MTBF	MTR	MTBMp	MP

MTBM MGORRO **AA**
425,373 89,967 **0,825**

Tabla 48. Datos máquina CRIM2.

JULIO - DICIEMBRE 2007								
CRIM 2								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM

15	8400	8149	541	541	541	19	1680	120
			525	525	525	35	2800	390
			515	515	515	45	1680	120
			530	530	530	30	2240	600
			548	548	548	12		
			475	475	475	85		
			560	560	560			
			560	560	560			
			553	553	553	7		
			560	560	560			
			560	560	560			
			554	554	554	6		
			557	557	557	3		
			554	554	554	6		
			557	557	557	3		
15	8400	8204	554	554	554	6	560	120
			530	530	530	30	1680	390
			546	546	546	14	2800	120
			548	548	548	12	1120	390
			554	554	554	6	2240	600
			547	547	547	13		
			556	556	556	4		
			543	543	543	17		
			548	548	548	12		
			506	506	506	54		
			539	539	539	21		
			560	560	560			
			557	557	557	3		
			560	560	560			
			556	556	556	4		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
12	6720	6596	553	553	553	7	1680	120
			554	554	554	6	1680	390
			545	545	545	15	1680	120

			552	552	552	8	1680	600
			539	539	539	21		
			549	549	549	11		
			556	556	556	4		
			550	550	550	10		
			552	552	552	8		
			555	555	555	5		
			543	543	543	17		
			548	548	548	12		
9	5040	4978	556	556	556	4	1680	120
			545	545	545	15	1120	390
			550	550	550	10	2240	600
			556	556	556	4		
			549	549	549	11		
			554	554	554	6		
			559	559	559	1		
			554	554	554	6		
			555	555	555	5		
16	8960	8797	558	558	558	2	1680	120
			556	556	556	4	2240	390
			555	555	555	5	2800	120
			560	560	560		2240	600
			542	542	542	18		
			542	542	542	18		
			550	550	550	10		
			556	556	556	4		
			542	542	542	18		
			546	546	546	14		
			525	525	525	35		
			558	558	558	2		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			549	549	549	11		
			550	550	550	10		
			550	550	550	10		

			558	558	558	2		
7	3920	3654	557	557	557	3	2240	120
			540	540	540	20	1680	900
			554	554	554	6		
			554	554	554	6		
			552	552	552	8		
			341	341	341	219		
			556	556	556	4		
			40378	40378	1062	41440	7440	
			74	74	74	22	22	
			545,649	545,649	14,351	1883,636	338,182	
			MTBMc	MTBF	MTTR	MTBMp	MP	
			MTBM	MGORRO	AA			
			423,089	87,088	0,829			

Tabla 49. Datos máquina Insertadora de Tapas 2.

JULIO - DICIEMBRE 2007								
INSERTADORA 2								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
15	8400	8046	560	560	560		1680	15
			548	548	548	12	2800	15
			474	474	474	86	1680	15
			552	552	552	8	2240	90
			556	556	556	4		
			555	555	555	5		
			560	560	560			
			560	560	560			
			546	546	546	14		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			547	547	547	13		
			552	552	552	8		
			557	557	557	3		

			364	364	364	196		
			555	555	555	5		
			560	560	560			
15	8400	8346	556	556	556	4	560	15
			557	557	557	3	1680	15
			548	548	548	12	2800	15
			549	549	549	11	1120	15
			545	545	545	15	2240	90
			560	560	560			
			560	560	560			
			558	558	558	2		
			560	560	560			
			553	553	553	7		
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
12	6720	6702	555	555	555	5	1680	15
			560	560	560		1680	15
			556	556	556	4	1680	15
			560	560	560		1680	90
			560	560	560			
			560	560	560			
			555	555	555	5		
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			556	556	556	4		
			560	560	560			
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
9	5040	4978	560	560	560		1680	15
			560	560	560		1120	15
			550	550	550	10	2240	90

			556	556	556	4		
			549	549	549	11		
			554	554	554	6		
			559	559	559	1		
			554	554	554	6		
			555	555	555	5		
16	8960	8905	560	560	560		1680	15
			560	560	560		2240	15
			560	560	560		2800	15
			560	560	560		2240	90
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			555	555	555	5		
			556	556	556	4		
			560	560	560			
			557	557	557	3		
			517	517	517	43		
			560	560	560			
			560	560	560			
7	3920	3920	560	560	560		2240	15
			560	560	560		1680	300
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
			560	560	560			
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
				40916	40916	524	41440	990
				74	74	74	22	22
				552,919	552,919	7,081	1883,636	45

MTBMc	MTBF	MTR	MTBmp	MP
MTBM	MGORRO	AA		
427,447	15,686	0,965		

Tabla 50. Datos máquina Ristra.

JULIO - DICIEMBRE 2007								
RISTRA								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
15	8400	8350	555	555	555	5	2240	5
			556	556	556	4	1120	5
			560	560	560	0	1120	5
			560	560	560	0	2800	30
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			557	557	557	3		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			551	551	551	9		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			531	531	531	29		
14	7840	7819	560	560	560	0	1680	5
			537	537	537	23	2240	5
			560	560	560	0	560	5
			550	550	550	10	1120	5
			539	539	539	21	2240	30
			505	505	505	55		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			559	559	559	1		

			553	553	553	7		
			546	546	546	14		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
11	6160	6131	556	556	556	4	1680	5
			560	560	560	0	2240	5
			555	555	555	5	2240	30
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			555	555	555	5		
			560	560	560	0		
			549	549	549	11		
			556	556	556	4		
13	7280	7251	534	534	534	26	2240	5
			538	538	538	22	2800	5
			552	552	552	8	560	5
			560	560	560	0	1680	30
			556	556	556	4		
			560	560	560	0		
			552	552	552	8		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			538	538	538	22		
			560	560	560	0		
14	7840	7811	534	534	534	26	2240	5
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			538	538	538	22	2800	5
			552	552	552	8	560	5
			560	560	560	0	1680	30

			556	556	556	4		
			560	560	560	0		
			552	552	552	8		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
14	7840	7811	534	534	534	26	2240	5
			538	538	538	22	2800	5
			552	552	552	8	560	5
			560	560	560	0	1680	210
			556	556	556	4		
			560	560	560	0		
			552	552	552	8		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
			560	560	560	0		
				40444	40444	436	43120	450
				19	19	19	16	16
				2128,632	2128,632	22,947	2695,000	28,125
				MTBMc	MTBF	MTTR	MTBMp	MP
				MTBM	MGORRO	AA		
				423,450	25,232	0,979		

Tabla 51. Datos máquina PLM1.

ENERO - JUNIO 2008								
PLM 1								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
13	7280	6746	538	538	538	22	2240	525

			505	505	505	55	2800	250
			513	513	513	47	2240	300
			505	505	505	55		
			518	518	518	42		
			488	488	488	72		
			527	527	527	33		
			519	519	519	41		
			521	521	521	39		
			539	539	539	21		
			525	525	525	35		
			522	522	522	38		
			526	526	526	34		
19	10640	9266	540	540	540	20	2800	720
			534	534	534	26	2800	660
			518	518	518	42	2800	420
			523	523	523	37	2240	660
			522	522	522	38		
			481	481	481	79		
			509	509	509	51		
			493	493	493	67		
			505	505	505	55		
			505	505	505	55		
			310	310	310	250		
			394	394	394	166		
			521	521	521	39		
			509	509	509	51		
			472	472	472	88		
			495	495	495	65		
			435	435	435	125		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			503	503	503	57		
			497	497	497	63		
13	7280	6780	525	525	525	35	2240	780
			525	525	525	35	2240	600

			498	498	498	62	1120	480
			535	535	535	25	1680	450
			529	529	529	31		
			542	542	542	18		
			544	544	544	16		
			528	528	528	32		
			504	504	504	56		
			464	464	464	96		
			535	535	535	25		
			526	526	526	34		
			525	525	525	35		
15	8400	6975	529	529	529	31	2240	780
			515	515	515	45	1680	600
			255	255	255	305	1680	480
			386	386	386	174	1680	450
			500	500	500	60	1120	450
			501	501	501	59		
			500	500	500	60		
			271	271	271	289		
			343	343	343	217		
			530	530	530	30		
			516	516	516	44		
			520	520	520	40		
			526	526	526	34		
			536	536	536	24		
			547	547	547	13		
10	5600	5074	542	542	542	18	2240	780
			473	473	473	87	2240	600
			478	478	478	82	1120	480
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			445	445	445	115	1680	450
			466	466	466	94		
			531	531	531	29		
			522	522	522	38		

			536	536	536	24		
			533	533	533	27		
			498	498	498	62		
10	5600	4200	451	451	451	109	1680	780
			303	303	303	257	1120	600
			146	146	146	414	1680	480
			525	525	525	35	1120	450
			477	477	477	83		
			475	475	475	85		
			516	516	516	44		
			497	497	497	63		
			509	509	509	51		
			301	301	301	259		
			38991	38991	5809	46480	13225	
			79	79	79	24	24	
			493,557	493,557	73,532	1936,667	551,042	
			MTBMc	MTBF	MTR	MTBmp	MP	

MTBM MGORRO AA
393,320 170,510 0,698

Tabla 52. Datos máquina PLM2.

ENERO - JUNIO 2008								
PLM 2								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM
10	5600	4882	554	554	554	6	2240	525
			365	365	365	195	2800	250
			292	292	292	268	2240	300
			501	501	501	59		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM
			524	524	524	36		
			540	540	540	20		
			548	548	548	12		
			528	528	528	32		

			519	519	519	41		
			511	511	511	49		
9	5040	4521	498	498	498	62	2800	720
			496	496	496	64	2800	660
			427	427	427	133	2800	420
			516	516	516	44	2240	660
			524	524	524	36		
			510	510	510	50		
			481	481	481	79		
			528	528	528	32		
			541	541	541	19		
13	7280	6924	541	541	541	19	2240	780
			529	529	529	31	2240	600
			527	527	527	33	1120	480
			538	538	538	22	1680	450
			532	532	532	28		
			536	536	536	24		
			518	518	518	42		
			529	529	529	31		
			538	538	538	22		
			521	521	521	39		
			524	524	524	36		
			550	550	550	10		
			541	541	541	19		
17	9520	9180	546	546	546	14	2240	780
			532	532	532	28	1680	600
			525	525	525	35	1680	480
			536	536	536	24	1680	450
			540	540	540	20	1120	450
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			548	548	548	12		
			517	517	517	43		
			548	548	548	12		
			542	542	542	18		

			540	540	540	20		
			543	543	543	17		
			540	540	540	20		
			540	540	540	20		
			536	536	536	24		
			545	545	545	15		
			550	550	550	10		
			552	552	552	8		
15	8400	7841	546	546	546	14	2240	780
			548	548	548	12	2240	600
			540	540	540	20	1120	480
			538	538	538	22	1680	450
			508	508	508	52		
			534	534	534	26		
			550	550	550	10		
			549	549	549	11		
			534	534	534	26		
			541	541	541	19		
			371	371	371	189		
			492	492	492	68		
			535	535	535	25		
			539	539	539	21		
			546	546	546	14		
15	8400	7555	540	540	540	20	1680	780
			226	226	226	334	1120	600
			496	496	496	64	1680	480
			544	544	544	16	1120	450
			540	540	540	20		
			410	410	410	150		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			543	543	543	17		
			533	533	533	27		
			536	536	536	24		
			538	538	538	22		

			550	550	550	10		
			498	498	498	62		
			536	536	536	24		
			520	520	520	40		
			545	545	545	15		
				40933	40933	3307	46480	13225
				78	78	78	24	24
				524,782	524,782	42,397	1936,667	551,042
				MTBMc	MTBF	MTR	MTBmp	MP

MTBM MGORRO AA
412,898 150,841 0,732

Tabla 53. Datos máquina CRIM1

ENERO - JUNIO 2008								
CRIM 1								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM
13	7280	7032	549	549	549	11	2240	525
			542	542	542	18	2800	250
			545	545	545	15	2240	300
			542	542	542	18		
			543	543	543	17		
			539	539	539	21		
			522	522	522	38		
			535	535	535	25		
			525	525	525	35		
			553	553	553	7		
			537	537	537	23		
			547	547	547	13		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBmp	PM
			553	553	553	7		
19	10640	9854	471	471	471	89	2800	720
			251	251	251	309	2800	660
			544	544	544	16	2800	420

			544	544	544	16	2240	660
			541	541	541	19		
			520	520	520	40		
			515	515	515	45		
			534	534	534	26		
			540	540	540	20		
			550	550	550	10		
			548	548	548	12		
			540	540	540	20		
			544	544	544	16		
			549	549	549	11		
			538	538	538	22		
			529	529	529	31		
			542	542	542	18		
			513	513	513	47		
			541	541	541	19		
13	7280	7029	541	541	541	19	2240	780
			551	551	551	9	2240	600
			543	543	543	17	1120	480
			545	545	545	15	1680	450
			526	526	526	34		
			553	553	553	7		
			539	539	539	21		
			542	542	542	18		
			548	548	548	12		
			532	532	532	28		
			518	518	518	42		
			552	552	552	8		
			539	539	539	21		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
15	8400	8145	542	542	542	18	2240	780
			541	541	541	19	1680	600
			550	550	550	10	1680	480
			558	558	558	2	1680	450

			552	552	552	8	1120	450
			538	538	538	22		
			535	535	535	25		
			551	551	551	9		
			534	534	534	26		
			555	555	555	5		
			536	536	536	24		
			488	488	488	72		
			550	550	550	10		
			560	560	560	0		
			555	555	555	5		
10	5600	5412	546	546	546	14	2240	780
			544	544	544	16	2240	600
			542	542	542	18	1120	480
			542	542	542	18	1680	450
			530	530	530	30		
			531	531	531	29		
			546	546	546	14		
			1105	1105	1105	15		
			526	526	526	34		
10	5600	5325	521	521	521	39	1680	780
			526	526	526	34	1120	600
			550	550	550	10	1680	480
			495	495	495	65	1120	450
			500	500	500	60		
			1100	1100	1100	20		
			531	531	531	29		
			548	548	548	12		
			554	554	554	6		
DP	MPM	UT	UT	TBM _c	TBF	TTR	TBM _p	PM
				42797	42797	2003	46480	13225
				77	77	77	24	24
				555,805	555,805	26,013	1936,667	551,042
				MTBM_c	MTBF	MTTR	MTBM_p	MP

MTBM MGORRO AA
 431,864 143,091 0,751

Tabla 54. Datos máquina CRIM2

ENERO - JUNIO 2008								
CRIM 2								
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
10	5600	5378	546	554	554	14	2240	525
			455	365	365	105	2800	250
			546	292	292	14	2240	300
			544	501	501	16		
			551	524	524	9		
			558	540	540	2		
			550	548	548	10		
			548	528	528	12		
			540	519	519	20		
			540	511	511	20		
9	5040	4864	546	546	546	14	2800	720
			510	510	510	50	2800	660
			519	519	519	41	2800	420
			550	550	550	10	2240	660
			550	550	550	10		
			548	548	548	12		
			549	549	549	11		
			551	551	551	9		
			541	541	541	19		
13	7280	6604	550	550	550	10	2240	780
			548	548	548	12	2240	600
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			554	554	554	6	1120	480
			541	541	541	19	1680	450
			514	514	514	46		
			550	550	550	10		

			533	533	533	27		
			552	552	552	8		
			532	532	532	28		
			462	462	462	98		
			547	547	547	13		
			167	167	167	393		
			554	554	554	6		
17	9520	9262	396	396	396	164	2240	780
			552	552	552	8	1680	600
			548	548	548	12	1680	480
			550	550	550	10	1680	450
			557	557	557	3	1120	450
			556	556	556	4		
			550	550	550	10		
			555	555	555	5		
			554	554	554	6		
			552	552	552	8		
			555	555	555	5		
			556	556	556	4		
			554	554	554	6		
			556	556	556	4		
			556	556	556	4		
			557	557	557	3		
			558	558	558	2		
15	8400	8177	555	555	555	5	2240	780
			558	558	558	2	2240	600
			556	556	556	4	1120	480
			554	554	554	6	1680	450
			550	550	550	10		
DP	MPM	UT	UT	TBMc	TBF	TTR	TBMp	PM
			552	552	552	8		
			558	558	558	2		
			556	556	556	4		
			552	552	552	8		

			556	556	556	4		
			438	438	438	122		
			558	558	558	2		
			538	538	538	22		
			539	539	539	21		
			557	557	557	3		
15	8400	7983	552	552	552	8	1680	780
			1114	1114	1114	6	1120	600
			551	551	551	9	1680	480
			555	555	555	5	1120	450
			502	502	502	58		
			556	556	556	4		
			540	540	540	20		
			345	345	345	215		
			554	554	554	6		
			558	558	558	2		
			555	555	555	5		
			508	508	508	52		
			542	542	542	18		
			551	551	551	9		
				41772	41772	1972	46480	13225
				77	77	77	24	24
				542,494	542,494	25,610	1936,667	551,042
				MTBMc	MTBF	MTR	MTBmp	MP

MTBM MGORRO AA
423,784 140,586 0,751

