

CGS

MANAGEMENT & BUSINESS DEVELOPMENT



CGS

*Conferencia de Acería y Laminación IAS
Rosario, Argentina 2008*



CGS

www.cgsb.cl
(56) (32) 2688987
1 Oriente 1097 Viña del Mar, Chile

ABSTRACT

Improving management and maintenance of assets at the Ensenada Tandem cold rolling line. Application of the R-MES IT platform

Dr. Adolfo Arata (1)
Ing. Emilio Ahumada (2)
Ing. José L. Villarroel (3)
Ing. Alejandro Jacobsen (4)
Ing. Jorge A. De Marco (5)

Current trends indicate that maintenance is becoming a decisive factor in improving the competitiveness of businesses because of its impact on overall costs. This is seen not only in productivity but also in customer satisfaction, respect for the environment and people's safety.

At the entrepreneurial level there is awareness that reliability engineering has a significant role to play in tackling this new challenge. It has not, however, been fully developed because organizations have tended to emphasise maintenance interventions rather than the creation of professional competencies needed to incorporate prevention.

In recent years, the use of key indicators to audit the maintenance process (KPI) has been widely applied; however, the definition of a standard means of calculating these indicators is still pending. This is because a fundamental factor in obtaining results is usually omitted: determining the impact of equipment detention on the system and thus on the business.

This article introduces the IT platform Reliability-Maintenance Engineering System (R-MES), which was used to carry out a systemic analysis, both historical and probabilistic, of the operational security of the tandem cold rolling line at TERNIUM SIDERAR's Ensenada Plant. This analysis enabled the establishment of key process indicators (KPIs), which facilitated auditing and improvement of maintenance plans. Also, through use of simulations, opportunities for improving equipment and installations were identified using the Life Cycle Cost approach.

The application of the R-MES platform for the particular case in the study enabled the improvement of maintenance plans through generating reports on mission time, dispersion graphic, pareto diagrams, availability, and others. Also, through using KPIs, it was possible to audit maintenance management on an ongoing basis and to find the critical items of equipment in order to identify opportunities for equipment improvements using the Life Cycle Cost approach. As an example, one of the results was the identification and financial justification of the advantages of increased redundancy through the purchase and installation of a new thickness measurement machine in Cage No. 1.

-
- (1) Partner Director CGS. Viña del Mar, V Región, Chile. e-mail: aarata@mes.cl
 - (2) Maintenance Engineering. Project Engineer CGS. Viña del Mar, V Región, Chile. e-mail: eahumada@mes.cl
 - (3) Maintenance Engineering. Project Engineer CGS. Viña del Mar, V Región, Chile. e-mail: jvillarroel@mes.cl
 - (4) Technical Services Area Manager. Ternium Siderar. San Nicolás, Buenos Aires Province, Argentina. e-mail: ajacobsen@ternium.com.ar.
 - (5) Maintenance Engineering. Technical Services Area. Ternium Siderar, San Nicolás, Buenos Aires Province, Argentina. e-mail: jdemarco@ternium.com.ar

MEJORA DE LA GESTIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS ACTIVOS EN TERNIUM SIDERAR, PLANTA ENSENADA. APLICACIÓN DE LA PLATAFORMA R-MES.

• ANTECEDENTES GENERALES Y RELEVANCIA DEL ESTUDIO

La función de Ingeniería de Mantenimiento (Confiability) (véase en la Figura 1, segundo recuadro interno.), representa el ciclo de gestión fundamental para el logro de la competitividad empresarial en beneficio del negocio. Tiene como principales objetivos los siguientes:

- Definir las mejores estrategias de mantenimiento para cada particular, estableciendo planes de mantenimiento efectivos y formales al interior de la organización.
- Establecer las metas e indicadores de desempeño de mantenimiento.
- Realizar análisis de fallas y análisis de causa efecto, que permitan prioritariamente, ir focalizando y resolviendo los problemas de los equipos.
- Analizar e incorporar nuevas tecnologías que mejoren la gestión del negocio de mantenimiento.

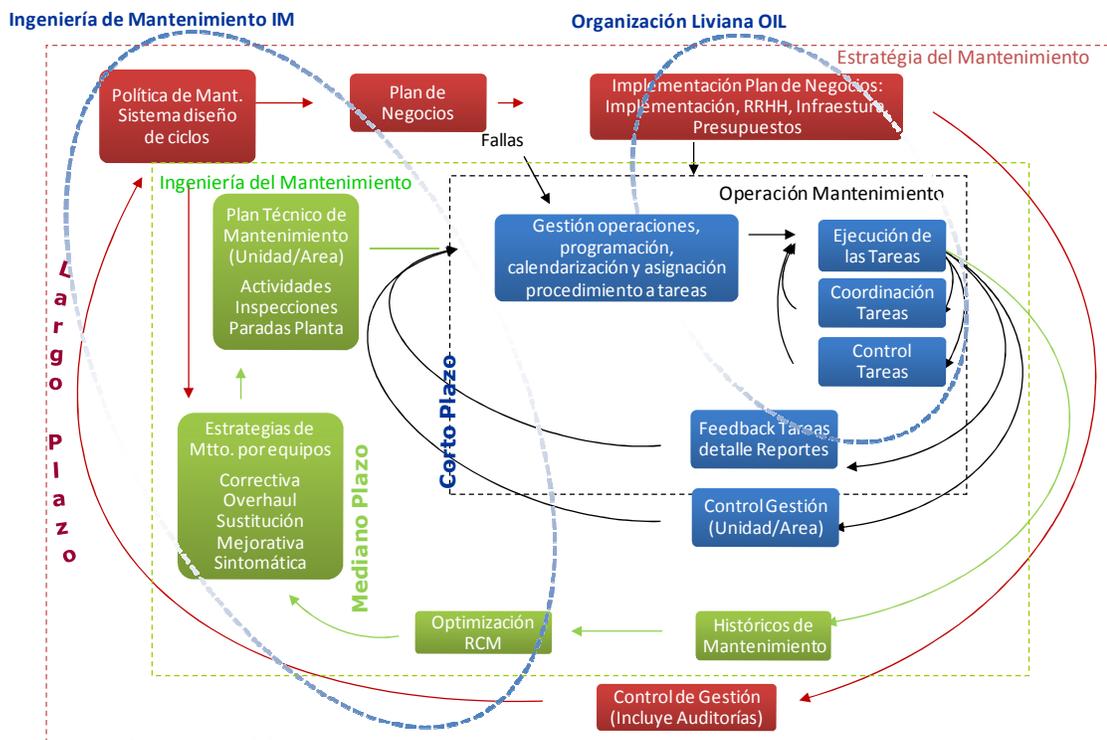


Figura 1: Sistema Integral de Mantenimiento.

Figure 1: Overall System of Maintenance.

Para cumplir con dichos objetivos, Ingeniería de Mantenimiento (IM) desarrolla de manera integrada tres funciones claves:

- **Proyectar el Mantenimiento;** es decir, la proyección de acciones de mediano y largo plazo orientadas a robustecer la función mantenimiento en forma competitiva y en concordancia con los resultados esperados del negocio.
- **Mejoramiento del Sistema de Mantenimiento,** es decir, el cuestionamiento permanente a los niveles alcanzados con el objeto de identificar oportunidades de mejoramiento y cerrar las brechas existentes.

- **Controlar el Desarrollo del Mantenimiento;** o sea la evaluación sistemática de los procesos empleados y de los resultados obtenidos a través de indicadores de desempeño de los activos físicos o equipos, que permita identificar desviaciones respecto a las metas y objetivos con el fin de corregir y mejorar el desempeño del sistema.

La Ingeniería de Mantenimiento se caracteriza por su complejidad por lo que para desarrollar sus funciones de forma eficiente y efectiva, requiere de una plataforma informatizada que permita, a partir de la información histórica, producto de la ejecución del mantenimiento, generar los reportes y los KPI's que contribuyan a la identificación de oportunidades de mejoras de equipos y la actualización permanente de los planes de mantenimiento. En este sentido, la plataforma Reliability&Maintenance Engineering System (R-MES), representa una poderosa herramienta cuya implementación permite la implementación y el desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento, la que además debe estar formalmente incorporada en la estructura organizacional.

Como una forma de mostrar las potencialidades de la herramienta R-MES y su aporte a la gestión de Ingeniería de Mantenimiento al interior de la organización, en el presente artículo se presenta la implementación de la plataforma R-MES en la línea de Laminación en Frio Tándem ubicada en la Planta de Ensenada, de la empresa Ternium Siderar.

1. OBJETIVOS

Diagnosticar la seguridad de funcionamiento de la Línea Laminador en Frio Tandem EDA. Para este propósito se cuantificó, en base a los antecedentes disponibles, la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, utilización, etc. de los equipos involucrados en este proceso. En términos específicos se desarrolló las siguientes acciones, considerando como periodo de análisis desde el 01 de Enero de 2005 hasta el 31 de Diciembre de 2006:

- Controlar los resultados reales de indicadores clave de mantenimiento (kpi's) históricos sistémicos.
- Evaluación de la seguridad de operación de los equipos, subsistemas y sistemas principales basándose en la probabilidad de sobrevivencia asociada.
- En base a los resultados obtenidos de los análisis anteriores, efectuar conclusiones, que serán de utilidad a los especialistas de las diferentes áreas de mantenimiento con el fin de poder definir estratégicamente las mejores acciones mejorativas y así entrar al ciclo de mejoramiento continuo.
- Como resultado de los análisis sistémicos probabilísticos establecer acciones de mejora continua y avanzar en la dinamización de los planes de mantenimiento.

2. ALCANCE

Este estudio considera la construcción de diagramas lógico funcionales (mediante la metodología RBD) y análisis de seguridad de funcionamiento del Laminador en Frio Tandem EDA, de tal forma que permitan visualizar los elementos que estarían condicionando la seguridad de funcionamiento del proceso (identificación de elementos críticos), tomando como base la información histórica disponible en la empresa (SAP (Mantenimiento) y SGL (Operacionales)). Este análisis se efectuó sobre los elementos que constituyen la Línea Laminador en Frio Tandem EDA, incluyendo los elementos complementarios y subsistemas que fueron posibles caracterizar en base a los antecedentes disponibles en la empresa.

3. PLAN DE TRABAJO Y METODOLOGIA

El presente trabajo entrega los resultados generales de la implementación de la plataforma R-MES sobre los siguientes procesos principales del negocio de laminación en frío de la línea Tandem EDA: Entrada Tandem-EDA, Proceso Tandem-EDA, Salida Tandem-EDA, Sistemas Auxiliares Tandem-EDA y Servicios Tandem-EDA

Los subsistemas mencionados, son constituyentes y forman parte de todas las etapas del proceso de Laminación en Frío Tandem-EDA. Este documento, detalla los resultados obtenidos en los procesos mencionados, a través de las siguientes etapas:

- 1) Configuración lógico funcional
- 2) Carga de data histórica de los procesos
- 3) Análisis Histórico
- 4) Análisis Probabilístico

4. DESARROLLO

4.1. Configuración Lógico Funcional. Diagramación.

Este capítulo tiene como objetivo presentar la configuración lógica funcional resultante para los sistemas constituyentes del proceso de Laminación en Frío Tandem-EDA. La metodología de diagramación utilizada es conocida como Reliability Blocks Diagrams (RBD) que busca representar la seguridad de funcionamiento de una planta industrial a partir de las configuraciones lógicas de los elementos básicos del sistema productivo. Esta técnica se apoya en la representación grafica para modelar y analizar la confiabilidad y disponibilidad de sistemas complejos, los que incluyen generalmente redundancias dadas en estructuras no seriales o componentes para los cuales su estado puede variar.

La plataforma R-MES versión 4.1 contempla las siguientes posibilidades en sus diagramas lógicos funcionales:

- **Serie:** Esta configuración representa que la detención del equipo provoca la detención del sistema al cual pertenece.
- **Paralelo:** Subsistema compuesto de dos o más elementos que funcionan simultáneamente y en el cual cada uno de ellos puede absorber el 100% de la carga procesada. Esta configuración también es conocida como Redundancia Total.
- **Stand-By:** Subsistema compuesto de dos elementos en el cual uno está operando y el segundo equipo en reserva. Ante la detención del equipo principal el equipo secundario entra en operación.
- **Redundancia Parcial:** Corresponde a un grupo de equipos de los cuales se requiere un número mínimo disponible para que el sistema se encuentre en condiciones de operar.
- **Fraccionamiento:** Consiste en un sistema de dos o más equipos que se reparten la carga del proceso porcentualmente. Bajo esta configuración la detención de cada elemento constituyente tiene un efecto parcial en la pérdida de disponibilidad del sistema. Cabe destacar que esta configuración supone independencia en la operación de los equipos que constituyen el sistema.

Cada una de las configuraciones lógicas supone un planteamiento matemático completamente diferente, y por lo tanto, afectan de distinta forma al desempeño del sistema en términos de su disponibilidad y confiabilidad.

La línea propiamente tal queda compuesta por la sección de *Entrada Tandem EDA*, *Proceso Tandem EDA* y *Salida Tandem EDA*. Además, la línea es asistida por dos subsistemas claramente definidos como son *Sistemas Auxiliares Tandem EDA* y *Servicios Tandem EDA*. De acuerdo a la metodología RBD, los sistemas mencionados anteriormente se encuentran operando bajo una configuración en Serie, lo que hace suponer que la detención total o parcial de estos subsistemas genera la detención de la Línea Tandem EDA.

Por último, el proceso de diagramación lógico funcional permite establecer los antecedentes necesarios orientados a la elaboración de los árboles de equipos (SAP), ya que el criterio para elaborar los árboles de ubicaciones técnicas debe ser el de la lógica funcional y no el ordenamiento por tipo o familias de equipos. Lo anterior permite la correcta implementación y el desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento.

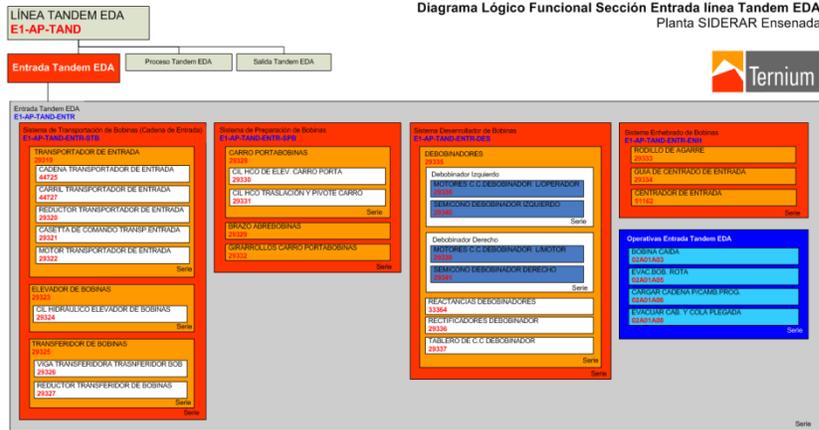


Figura 2: Diagrama Lógico Funcional Sección Entrada Tandem EDA.
Figure 2: Reliability Blocks Diagram - Entry Section Tandem EDA.

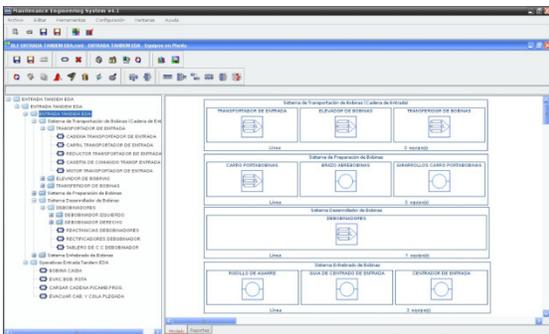


Figura 3: Diagrama Lógico Funcional Sección Entrada Tandem EDA en formato mnt. Sw R-MES.
Figure 3: Reliability Blocks Diagram Entry Section Tandem EDA in mnt. format Sw R-MES.

4.2. Carga de data histórica de los procesos

Para la obtención de indicadores mediante el Sw R-MES se requiere de los histogramas de fallas para alimentar los diagramas lógico-funcionales previamente configurados. Como referencia se presenta los campos mínimos requeridos por el sistema:

Fecha de la intervención, Hora inicio de la intervención, Duración u hora de termino de la intervención, Aviso, GPM_ID¹, Costo de la intervención, Código o ubicación técnica del equipo, Causa Falla, Parte Objeto, Síntoma Avería, Numero de Orden, Otros.

Por lo anterior, el sistema R-MES reconoce los siguientes tipos de intervención: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Correctivo Mecánico, Mantenimiento Correctivo Eléctrico, Mantenimiento Correctivo Servicios, Mantenimiento Programado y Detención Operacional (Programada y No Programada).

¹ GPM_ID: Identificación de Grupo Planificador

Los datos requeridos se encuentran registrados en sitios diferentes. Esto es tanto en sistemas de registro de mantenimiento como en sistemas de registro de operaciones. En el caso de las detenciones de orden operativas se imputan con otro criterio, ya que las intervenciones no se encuentran asociadas a equipos particulares, sino que a modos de falla.

Se debe rescatar la data necesaria de los distintos sitios (SAP/SGL), para así crear una base de datos única que permita alimentar el sistema R-MES. Una vez definido el procedimiento de registro de datos se debe automatizar para la generación automática y permanente de la base de datos que alimente al sistema.

Con la intención de universalizar la lectura de datos de diferentes fuentes de información, es que se desarrolló una aplicación particular que permite compatibilizar los diferentes formatos de información histórica. De acuerdo a las bases de datos entregadas se tiene en campos o columnas distintas el tipo de Aviso y Grupo Planificador. Por lo anterior el Sw R-MES es capaz de identificar el “*Tipo de Mantenimiento*” de acuerdo a las definiciones mencionadas, de la siguiente manera: A modo de ejemplo, se comenta el tratamiento de datos asociados a intervenciones de tipo correctivas.

Mantenimiento Correctivo Mecánico (MCM)

Aviso	GPM_ID	Tipo	Definición
M2	E013	MCM	Mantenimiento Correctivo Mecánico
M2	E016	MCM	Mantenimiento Correctivo Mecánico

Mantenimiento Correctivo Eléctrico (MCE)

Aviso	GPM_ID	Tipo	Definición
M2	E014	MCE	Mantenimiento Correctivo Eléctrico
M2	E017	MCE	Mantenimiento Correctivo Eléctrico

Tratamiento idéntico es para las intervenciones programas y detenciones operacionales.

4.3. Análisis Histórico.

En el análisis histórico realizado al Laminador en Frío Tandem EDA, se analizan indicadores claves de proceso considerando como período de análisis desde Enero 2005 hasta Diciembre 2006. Esto con el objetivo de determinar la situación actual y evolución de los indicadores en el período indicado. A modo de ejemplo se presentan los indicadores de Disponibilidad y Utilización de la Línea.

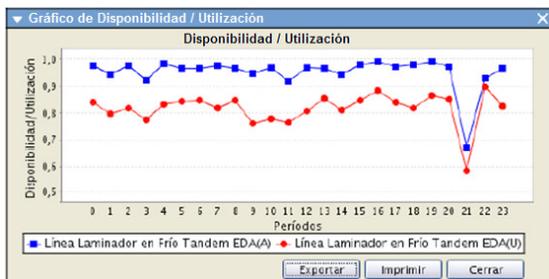
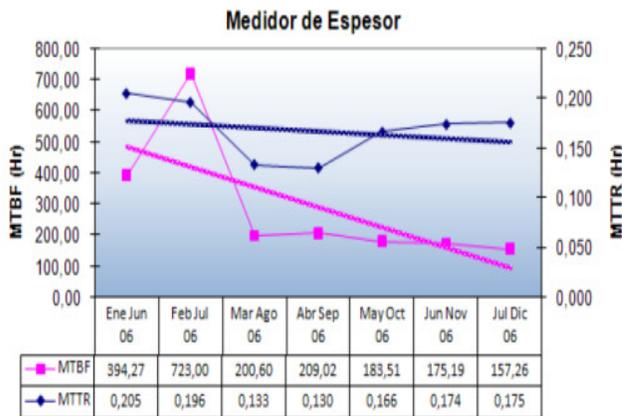


Figura 4: Disponibilidad y Utilización Laminador Tandem EDA (2005-2006). Sw R-MES.

Figure 4: Availability and Utilization Rolling Mill Tandem EDA (2005-2006). Sw R-MES.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos a nivel de línea se tiene que el subsistema Jaula #1, corresponde a la sección crítica del proceso, aspecto principalmente influenciado por la alta frecuencia de fallas del equipo Medidor de Espesor. Se recuerda que al estar todos los equipos de la línea en configuración lógico funcional de *Serie* tienen un impacto directo en la disponibilidad de la línea.



tanto en los resultados del negocio.

Figura 5: Tendencia de Mantenibilidad y Confiabilidad Medidor de Espesor.
Figure 5: Evolution Reliability and Maintainability meter thickness.

Un análisis en términos relativos de los equipos principales de la Jaula N°1 implica la misma conclusión, que señala que el Medidor de Espesor tiene un comportamiento claramente crónico, respecto de los equipos principales de la Jaula #1. El análisis indica que la mejora de la posición del equipo pasa por un mejoramiento en la confiabilidad, ya sea del equipo propiamente tal o mediante incorporación de redundancia en el proceso. En este caso particular se efectúa una simulación de la implementación de un medidor doble de espesor en la Jaula #1 (Stand By), cuyos resultados se comentan en las conclusiones del trabajo.

4.4. Análisis Probabilístico.

El diseño de un programa eficiente de mantenimiento (En términos de su costo global) implica la comprensión de los fenómenos de falla de los equipos. Dado que las fallas de los equipos son eventos aleatorios, el Sw R-MES presenta modelos estadísticos que permiten controlar y mejorar la confiabilidad, y con ello los costos. La mayor dificultad que se enfrenta son las condiciones cambiantes ambientales y de operación en el comportamiento de los equipos.

Este capítulo consiste principalmente en la aplicación de técnicas de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) orientadas a determinar indicadores claves de mantenimiento que permitan determinar sistemática y sistemáticamente acciones para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente.

El objetivo principal es proyectar los indicadores claves de mantención de los equipos críticos, identificados en los análisis previos.

Esencialmente se consideran los siguientes parámetros a evaluar:

De acuerdo a los resultados del último año en estudio (2006), se puede apreciar que la Mantenibilidad del Medidor de Espesor ha permanecido prácticamente constante, sin embargo la Confiabilidad medida por el Tiempo Medio entre Fallas tiene una tendencia claramente decreciente. Tomando en cuenta ambas variables el equipo presenta una disponibilidad en el periodo casi perfecta, de 99,77%, sin embargo dada la naturaleza del proceso, el creciente número de fallas del Medidor de Espesor implica un mayor número de ciclos de detención y puesta en marcha del Laminador, lo que tiene una incidencia directa en el control y calidad del producto y por lo

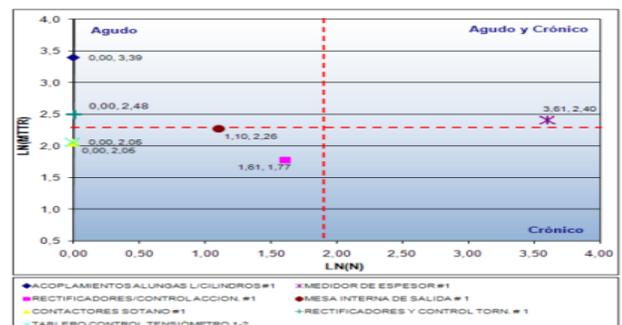


Figura 6: Gráfico Dispersión.
Figure 6: Dispersion Graph.

Confiabilidad R(t): Es la probabilidad de que un elemento funcione sin fallar durante un periodo de tiempo determinado bajo condiciones ambientales y de entorno preestablecidas. Para su modelamiento el sistema R-MES utiliza las distribuciones Exponencial o Weibull de dos parámetros.

Tiempo Medio entre Fallas (MTBF): Corresponde a la estimación del tiempo de buen funcionamiento del equipo en su ciclo de mantención. Técnicamente hablando corresponde a la esperanza de la curva de distribución de probabilidad de fallas del elemento.

Tiempo Medio de Reparación (MTTR): Es la estimación del tiempo de reparación promedio que permite al elemento pasar del estado de falla a estar disponible para la operación. El sistema R-MES en este caso asume normalidad en los tiempos de reparación de los elementos.

Disponibilidad Inherente (A): A partir de los parámetros MTBF y MTTR es posible conocer la disponibilidad inherente de los elementos considerando que en un ciclo de reparación el equipo está disponible durante MTBF [Hrs] y su reparación tiene una duración de MTTR [Hrs]. Entonces la disponibilidad del sistema se calcula como sigue:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Este indicador representa la disponibilidad proyectada para el equipo considerando que su ciclo de reparación se repite en el tiempo.

4.4.1. Análisis de Probabilidad Condicional. Caso Práctico

A continuación se presenta un ejemplo de la aplicación Mission Time la que tiene como objetivo el determinar la probabilidad condicional de los equipos de sobrevivir hasta el próximo mantenimiento programado de la línea. En el análisis se consideran los equipos: *Caja Reductora N°1, Acoplamientos Alungas L/Cilindros #1, Ejes de Transmisión #1, Rectificadores Control Acción #1, Trabas de Madera #1 y finalmente Medidor de Espesor #1.*

Hay que considerar que en el análisis tienen relevancia tres parámetros:

- Fecha y hora de última puesta en marcha.
- Fecha y hora actual.
- Fecha y hora del último mantenimiento programado.

Se consideran los siguientes equipos en el análisis de probabilidad condicional:

Equipo	Distribución/Parámetros	MTBF (Hrs.)	Ultima Puesta en Marcha
Caja Reductora N°1	Exp ($\lambda=0,0002022$)	4,944	02/04/2007 05:21
Acoplam. Alungas L/Cilindros #1	Weibull ($\alpha=2330; \beta=0,488$)	4,883	22/05/2007 15:00
Rectificadores Control Acción #1	Weibull ($\alpha=595; \beta=0,648$)	816	13/02/2007 11:00
Sistema trabas de Madera	Exp ($\lambda=0,0002028$)	4,930	19/04/2007 22:01
Medidor de Espesor	Weibull ($\alpha=373; B=0,527$)	680	13/05/2007 12:01

Se supone que la fecha actual es 25/05/2007 a las 12:00[Hrs], esto para determinar el tiempo corrido de cada equipo, desde su ultima puesta en marcha. También se asume que de acuerdo al Plan de Mantenimiento de la Jaula N°1 le corresponde la próxima detención programada con fecha 07/06/2007 a las 17:00 (Hrs).

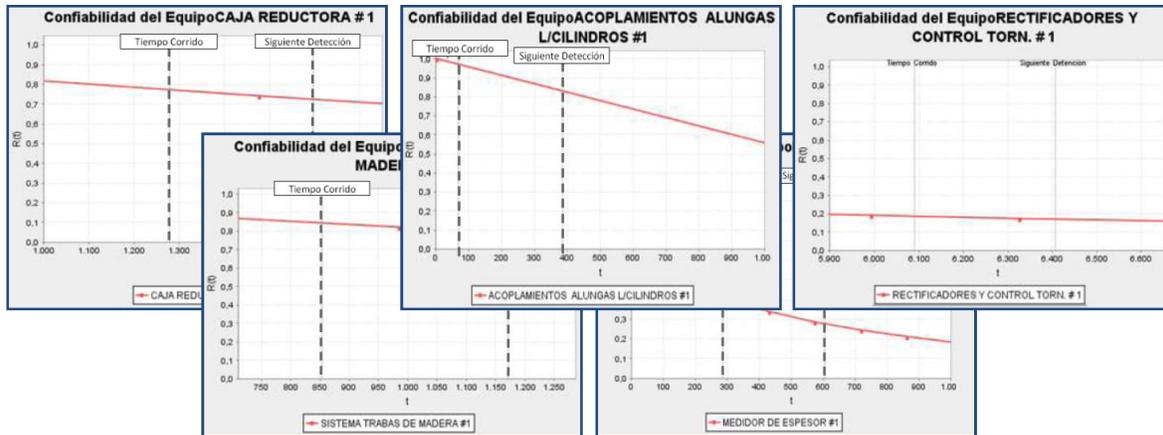


Figura 7: Análisis comparativo de probabilidad condicional de cumplimiento del plan de mantenimiento.
Figure 7: Comparative analysis of conditional probability of compliance of the maintenance plan.

En las curvas de confiabilidad es posible determinar la confiabilidad instantánea del equipo $R[TC]$ y la confiabilidad del equipo en la próxima detención programada $R(TMP)$. A partir de estos valores se calcula la probabilidad condicional $P[TMP/TC]$, de que cada equipo llegue a la próxima detención programada de la Jaula, bajo la condición de que lleva un determinado tiempo corrido:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

El resumen de los resultados del ejercicio se presenta en la siguiente tabla:

Equipo	R(TC)	R(TMP)	P(TMP/TC)
Caja Reductora N°1	77,21%	72,41%	93,78%
Acoplamiento Alungas L/Cilindros #1	83,56%	65,96%	78,93%
Rectificadores Control Acción #1	8,35%	6,79%	81,38%
Sistema trabas de Madera	84,10%	78,85%	93,76%
Medidor de Espesor	41,84%	27,53%	65,81%

De los resultados del ejemplo se tiene que el equipo con mayor riesgo de provocar un imprevisto en el sistema es el *Medidor de Espesor*, con un 65,81% de probabilidad de alcanzar la próximo mantenimiento programado. Como segundo elemento de mayor riesgo de falla aparecen los *Acoplamiento Alungas L/Cilindros #1* con un 78,93%.

El análisis permite cuantificar el riesgo de falla de cada equipo bajo un plan de mantenimiento vigente. El análisis de tipo dinámico brinda una herramienta para la flexibilización de los planes de mantenimiento de los equipos, con miras a la maximización del tiempo disponible para producir.

5. Observaciones generales y conclusiones producto del estudio

Algunas conclusiones y recomendaciones surgidas producto del desarrollo de trabajo en terreno y la posterior etapa de análisis de información y elaboración del presente Estudio. Estas conclusiones y recomendaciones se entregan, a modo de ejemplo, para la línea de Laminación en Frio Tandem EDA de Siderar en planta Ensenada.

El estudio entrega información importante de la línea mencionada, ya que los análisis son en su totalidad de carácter sistémico, por lo que las Unidades de Ingeniería de Mantenimiento pueden disponer de información para proponer nuevas recomendaciones para el mejoramiento continuo de la función mantención en beneficio del negocio.

El desarrollo de la diagramación lógico funcional de las Secciones *Entrada Tandem EDA*, *Proceso Tandem EDA*, *Salida Tandem EDA*, *Sistemas Auxiliares Tandem EDA* y *Servicios Tandem EDA*, permitió identificar todos los componentes particulares, grupos de equipos, subsistemas y sistemas, que al estar bajo una configuración en Serie al interior del Complejo, impactan de manera directa la disponibilidad y el resto de indicadores. Esta información representa una primera base relevante para la identificación de equipos y componentes que deben ser considerados como críticos en la planificación del servicio de mantenimiento. También se generó un aporte concreto en la definición del criterio de la lógica funcional en la elaboración del árbol de ubicaciones técnicas del Laminador en frío Tandem EDA en el sistema SAP.

Como resultado concreto se estableció las métricas de indicadores claves de proceso (kpi's) para Siderar y criterios de jerarquización sistémicos para establecer causas de fallas asociadas a subsistemas; con el propósito de estandarizar a nivel empresa los indicadores de gestión de mantenimiento y también para integrarlos a los algoritmos de cálculo del sistema Reliability-Maintenance Engineering System (R-MES).

Se concluyó a nivel empresa que los campos mínimos necesarios que debieran estar contenidos en las tuplas de información para la obtención de reportes en las dimensiones histórica y probabilística, deben ser:

Fecha de la intervención, Hora inicio de la intervención, Duración u hora de termino de la intervención, Aviso, GPM_ID, Costo de la intervención, Código o ubicación técnica del equipo, Causa Falla, Parte Objeto, Síntoma Avería, Numero de Orden, Otros.

Estos campos de información mínimos permiten al sistema R-MES generar información del comportamiento histórico y probabilístico de los equipos y sistemas principales, así como también de la planta misma.

En relación a proyectos de inversión, en varios casos se pudo constatar que aumentar la redundancia de equipos no siempre significa un gasto directo; sino que dependiendo de la situación, el aumento de redundancia o apoyo se traduce en seguridad de buen funcionamiento en el proceso de laminación convirtiéndose entonces esta práctica en inversión. Un caso particular tiene que ver con el control y calidad del proceso de laminación y el equipo responsable de esta tarea. Se trata del Medidor de Espesor N°1 que de acuerdo al diagrama lógico funcional se pudo apreciar que opera en configuración en Serie.

Por lo anterior se estableció como buena práctica realizar análisis de mantenibilidad de procesos interviniendo si es necesario la genética de la línea original.

Mediante análisis comparativo de diferentes configuraciones lógicas asociadas al mismo proceso (Control y medición de espesor de chapa), se pudo establecer cuantitativamente la conveniencia de optar por cambios de configuración, en función de optimizar la seguridad de funcionamiento del sistema global en beneficio del negocio.

Se puede apreciar que bajo una configuración de Stand-By, se tiene un valor de MTBF mas alto que bajo una configuración en Serie, lo que se traduce en un mayor grado de confiabilidad. Sin embargo el análisis considera los valores de inversión del equipo nuevo, por lo tanto el indicador relevante que permitió justificar el cambio de configuración fue el Costo de la Falta Asociado al subsistema de Medición de Espesor.

Ante la oportunidad de mejora identificada, cuantificada y sugerida (Análisis de Mantenibilidad de Procesos), Siderar propuso el cambio de configuración, pasando de un equipo en Serie a un subsistema con dos equipos Medidores de Espesor operando bajo configuración Stand-By. Este tipo de análisis permite entrar con consistencia al ciclo del mejoramiento continuo y abordar de esta manera los nuevos focos críticos que se identifiquen en futuros análisis.

Finalmente y dado que la configuración lógico funcional de los equipos y subsistemas constituyentes del Laminador en Frío Tandem EDA, es prácticamente en su totalidad en Serie, se desarrolló la aplicación denominada Mission Time en base a las curvas de confiabilidad que consiste en el monitoreo de la probabilidad condicional de cumplimiento del mantenimiento programado, considerando como condición que cada equipo lleva un cierto número de horas operando.

Entonces; de las curvas de confiabilidad generadas por la plataforma R-MES, se puede determinar la probabilidad que un equipo en particular sobreviva sin fallas hasta el próximo mantenimiento planificado de la línea. Esto queda representado por la siguiente relación:

$$P(TMP/TC) = \frac{R(TMP)}{R(TC)}, \text{ donde}$$

P (TMP/TC): Probabilidad que el elemento sobreviva hasta el tiempo de mantención programada (TMP), sujeto a la condición que éste lleva un tiempo corrido (TC).
R (TMP): Confiabilidad del equipos a las TMP horas.
R (TC): Confiabilidad del equipo a las TC horas.

La aplicación Mission Time posibilita la dinamización de los planes de mantenimiento, permitiendo el ajuste permanente del tiempo medio entre fallas (MTBF) de los equipos identificados como críticos.

AUTORES:

Dr. Adolfo Arata
Socio Director CGS
e-mail: aarata@mes.cl

Ing. Emilio Ahumada
Ingeniería de Mantenimiento. Ingeniero Proyectos CGS.
e-mail: eahumada@mes.cl

Ing. José Luis Villarroel
Ingeniería de Mantenimiento. Ingeniero Proyectos CGS.
e-mail: jvillarroel@mes.cl

Ing. Alejandro Jacobsen
Jefe del Área Servicios Técnicos. Ternium Siderar. San Nicolás. Pcia. Buenos Aires, Argentina.
e-mail: ajacobsen@ternium.com.ar

Ing. Jorge A. De Marco
Ingeniería de Mantenimiento. Área Servicios Técnicos. Ternium Siderar. San Nicolás, Pcia. Buenos Aires, Argentina.
e-mail: jdemarco@ternium.com.ar