Desarrollo de un Sistema de Troubleshooting como Apoyo al Análisis de Fallas

César Arróspide M.
Barrick - Compañía Minera Zaldivar, Chile

Víctor Espinoza M.
IMA Mantenimiento, Contrato de Mantenimiento Goodyear, Chile

RESUMEN

Los problemas que se presentan en las empresas son inevitables. Estos problemas se pueden dar en distintos niveles, y pueden afectar a un equipo en particular, a un grupo de éstos o incluso al sistema completo. Por esta razón, se espera que el área de Mantenimiento resuelva rápidamente los problemas de los equipos y/o sistemas, y afecte lo menos posible a los usuarios. Pero, no siempre se sabe lo qué está ocurriendo, esto es algo "aceptable", o debería serlo. Lo más importante es que exista la capacidad y las herramientas para usar los recursos y las habilidades para determinar de una manera lógica la causa raíz del problema y cómo resolverlo. A este proceso se le denomina *Troubleshooting*. [3,4]

Troubleshooting, es una forma de enfrentar la resolución de problemas y anomalías de sistemas complejos, en que los síntomas de un problema pueden tener muchas causas posibles. Es una búsqueda lógica y sistemática del origen de un problema para que pueda ser resuelto, y así el equipo o proceso pueda ser puesto en funcionamiento otra vez. Dado que el conocimiento y la experiencia varían en cada persona y de compañía en compañía, todos se pueden beneficiar con la implementación de un buen proceso de *Troubleshooting*. [1]

Por otra parte, los avances de la tecnología van tan rápidos y la diversidad de equipos, componentes y sistemas es cada día tan amplia, que es complejo saber cuál es la solución para cada incidente que se presenta en forma rápida y precisa. Lo mejor que es posible hacer es seguir una metodología para descubrir e identificar los problemas de una manera sistemática y lógica. **Un método de resolución de fallas efectivo, requiere la combinación de un adecuado conocimiento del equipo/sistema, de un esquema de descarte lógico de posibles causas y de un acercamiento estructurado ordenado al problema.**

El presente trabajo desarrollará el proceso, metodología y sistema computacional para *Troubleshooting*. Se ilustra para el caso de problemas en una planta de neumáticos de Goodyear. Los resultados logrados inluyen entre otros la disponibilidad continua de una base de datos, mejoras en la disponibilidad de equipos, además de profundizar los conocimientos técnicos del personal de mantenimiento, y mantener el *know how* dentro del área de mantenimiento y no en las personas.

INTRODUCCIÓN

La gestión de la Comunicación Técnica es un proceso clave del área de Ingeniería de Mantenimiento, que apoya en forma estratégica y táctica al servicio de mantenimiento, proporcionando información técnica frente a solicitudes específicas y/o respecto de soluciones a fallas de dispositivos, componentes, sistemas o equipos. Se define como Comunicación Técnica el proceso de emisión y recepción de información referida principalmente a mejoras, soluciones de problemas e informes referente a los equipos y/o sistemas. Su objetivo es apoyar el servicio de mantenimiento en la corrección de anomalías y la solución de fallas catastróficas de equipos y/o sistemas, generando para esto, la información en forma documentada, para registrar y actualizar la solución en los sistemas de consulta y archivos de respaldo que posea la compañía [1]. En forma más concreta algunos de sus objetivos especificos son:

- Apoyar oportunamente con Información Técnica que requieran los técnicos de mantenimiento para sus intervenciones en equipos/sistemas.
- Acceso a archivos que le permitan a los técnicos de mantenimiento analizar si una determinada falla ha sido solucionada y se encuentra documentada la solución.
- Informar oportunamente de la emisión de los PIP (Service Letter Seguridad), PSP (Service Letter Técnico) y Service Letters general de los fabricantes.
- Entregar indicaciones sobre modos de intervención, normas y procedimientos de seguridad en el desarrollo de los diferentes de servicios de mantención.
- Prestar las capacitaciones y asesorías que se requieran para cada uno de los trabajos a ejecutar en los servicios de mantención.
- Enfocar el uso de Troubleshooting como ayuda en encontrar la causa raíz de las detenciones de equipos con mayor precisión.

Inserto en el proceso de Comunicación Técnica se encuentra el proceso de Troubleshooting que es el foco de atención en el presente trabajo, y que es una herramienta para descubrir e identificar los problemas que presenta un equipo y/o sistema, de una manera sistemática y lógica para determinar la causa raíz de un problema, y así el equipo o proceso pueda ser puesto en funcionamiento otra vez, mejorando la eficiencia y eficacia del área de mantenimiento y obviamente disminuyendo los costos de mantención y por sobre todo los costos por pérdidas de producción.

En general, en la realidad operacional del servicio de mantenimiento de la mayoría de las compañías, existe una brecha considerable entre el tiempo de respuesta ante una falla (y su solución) y la calidad de la reparación, por tal razón, hemos visto la necesidad de desarrollar una herramienta que entregue la solución de una falla de acuerdo al tipo de máquina/subsistema intervenido de una manera lógica y sistemática, con lo cual entre otros se pretende:

- Mejorar los tiempos de respuesta y solución ante una falla.
- Incrementar la eficiencia en la calidad de la reparación de las fallas.

- Mejorar la disponibilidad de los equipos y sistemas.
- Mantener el *know how* dentro del proceso de mantenimiento de la compañía y no en las personas.
- Producir indirectamente capacitación y entrenamiento de los técnicos del área, elevando su conocimiento y expertiz respecto a la conducta de los equipos/sistemas.
- Mejorar la capacidad de análisis de fallas de los técnicos.
- Mantener un mejoramiento continuo del proceso de mantenimiento (Ej: Nuevas fallas detectadas no comunicadas al interior del área de mantenimiento).
- Mejorar constantemente las pautas de mantención e inspeccción incorporando las actividades críticas detectadas por este proceso.
- Aportar significativamente en la mejora de los costos del área de mantenimiento y los costos por pérdidas de producción.

El trabajo desarrollado muestra los pasos del proceso de Comunicación Técnica y Troubleshooting a nivel 2 utilizando la metología y herramienta Six-Sigma y la norma de documentación ISO 9001-2000, sin considerar roles y responsabilidades, por lo cual, puede ser rápidamente adaptado a distintas realidades de compañías productivas (principalmente mineras e industriales) que tengan servicios de mantenimiento con una alta demanda. [1]

También se plantea la metodología a seguir en el proceso de Troubleshooting, la cual se ha clasificado en cuatro pasos fundamentales, a diferencia de lo que se encuentra en algunas bibliografías donde las metodologías planteadas contienen un mayor número de pasos que hacen poco eficiente y eficaz el proceso de análisis de causa raíz ante una falla catastrófica en un equipo en la línea productiva.

Por último, se muestra a partir de la definición del proceso de Trobleshooting la aplicación computacional desarrollada en el estudio para la Planta de Neumáticos Goodyear – Chile, como un proyecto de apoyo a la gestión de mantenimiento de la fábrica desarrollado por la empresa IMA Mantenimiento durante el año 2011 y el primer semestre del año 2012, con la participación de técnicos de mantenimiento de las diferentes áreas de la planta (tanto de Goodyear como de IMA) e ingenieros pertenecientes al área de Ingeniería de Mantenimiento de IMA.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica y una investigación en terreno en distintas compañías, principalmente Mineras, para observar la forma de como éstas llevan el proceso de Comunicación Técnica y el proceso de Troubleshooting. A partir de esta información se diseñó el proceso de Comunicación Técnica y posteriormente el proceso de Troubleshooting a nivel 2, utilizando la metodología de documentación ISO 9001:2000, con la finalidad de tener un claro conocimiento de las tareas y actividades, roles y responsabilidades que envuelven a cada proceso [1]. Los procesos elaborados se presentan en la figura 1, y figura 2 respectivamente, que están a continuación.

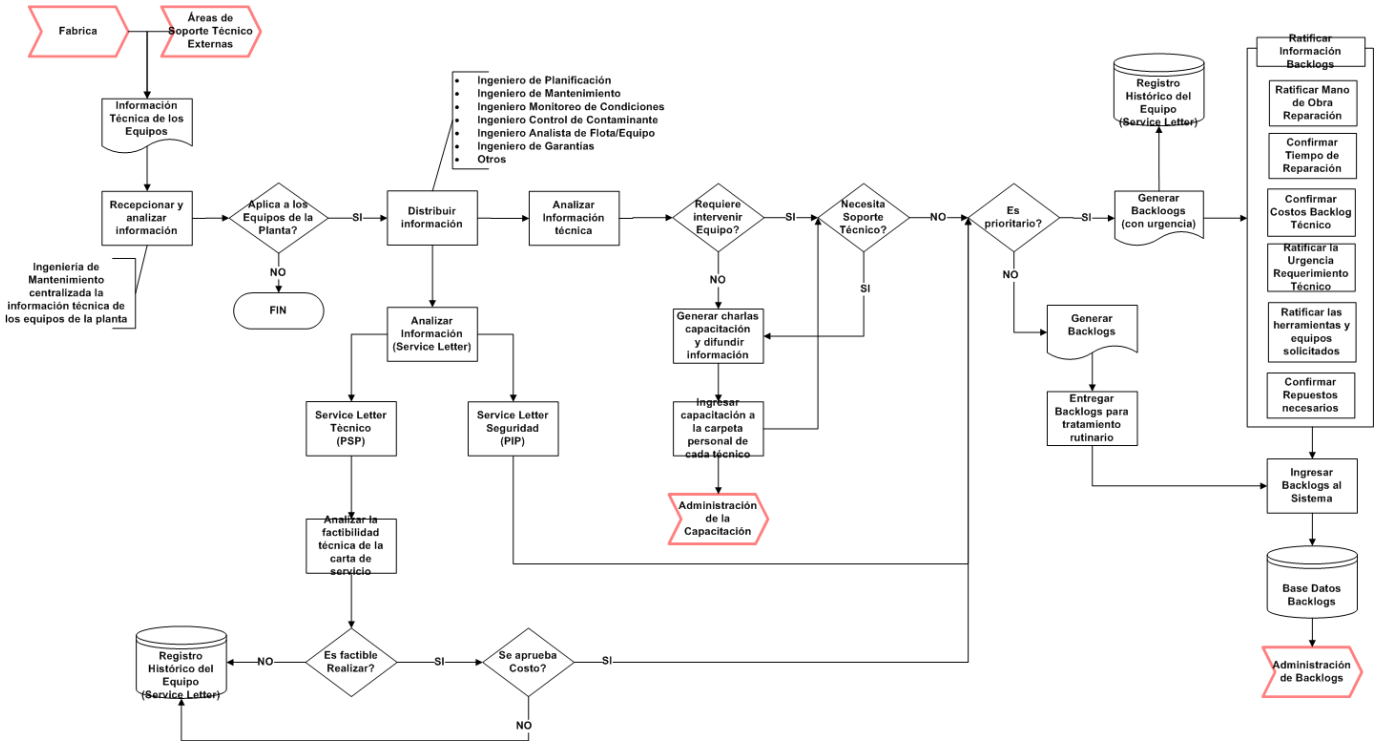


Figura 1: Diagrama de Proceso Nivel 2 Comunicación Técnica

Utilizando esta información se construye la metodología operaciacional asociada al proceso de Troubleshoting, determinando para el análisis de causa raíz de un problema o anomalía de un equipo y/o sistema, a partir de los síntomas detectados y observados por los técnicos de mantenimientos una forma sistemática y lógica con cuatro estados (pasos) . Estos estados son los siguientes:

- **Paso 1: Definir el problema según equipo/sistema:** El proceso de Troubleshooting requiere la identificación correcta del mal funcionamiento o los síntomas que presenta el equipo o sistema. Se debe **determinar una descripción completa y precisa de los síntomas del equipo y/o sistema.**

- **Paso 2: Identificar la causa del problema:** En esta etapa la experiencia de los técnicos es comúnmente utilizada (y fundamental) para generar las posibles causas de los síntomas. Determinar la causa más probable es a menudo un proceso de eliminación - **la eliminación de las posibles causas de un problema**, para luego formular un plan de ataque de acuerdo a las recomendaciones que se encuentran documentadas en el sistema de información Troubleshooting.

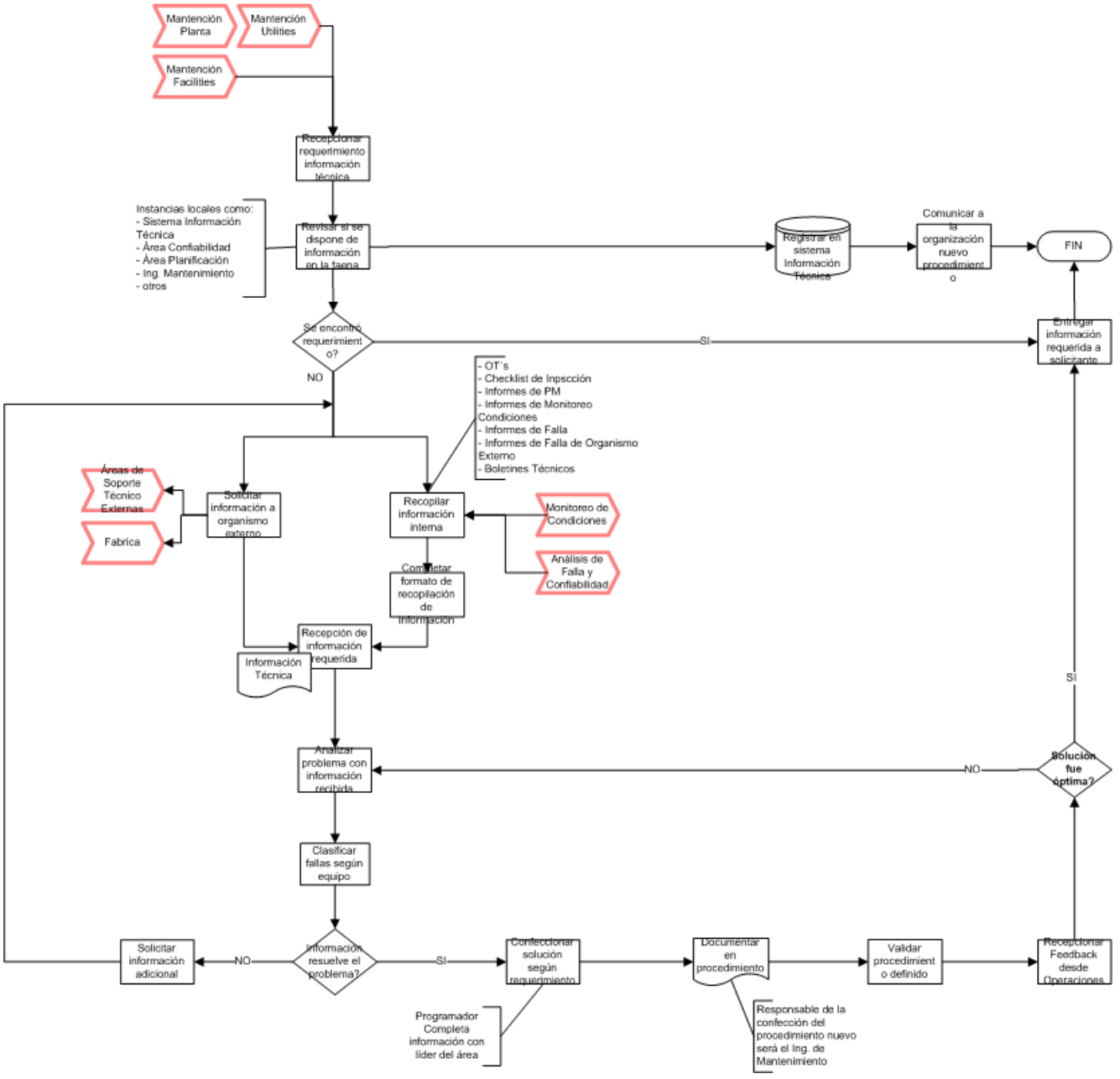


Figura 2: Diagrama de Proceso Nivel 2 Troubleshooting

- **Paso 3: Corregir el problema:** Hacer el mantenimiento correctivo apropiado al equipo y/o sistema - reparar o sustituir el (los) componente(s) defectuoso(s) encontrados en el equipo/sistema, de acuerdo a las recomendaciones y soluciones entregadas por el sistema Troubleshooting.

- **Paso 4: Comprobar la solución:** Finalmente, la solución de problemas requiere la confirmación de que la solución restaura el producto (equipo/sistema) o el proceso a su

estado de trabajo y producción. Luego, documentar la solución encontrada, si esta no se encuentra en el sistema de información Troubleshooting de tal forma de actualizar continuamente la base de datos del sistema.

Finalmente elaboramos la herramienta computacional asociada al proceso y metodología descrita anteriormente utilizando Visual Basic de Excel 2010. Ver Figura 3 a continuación.

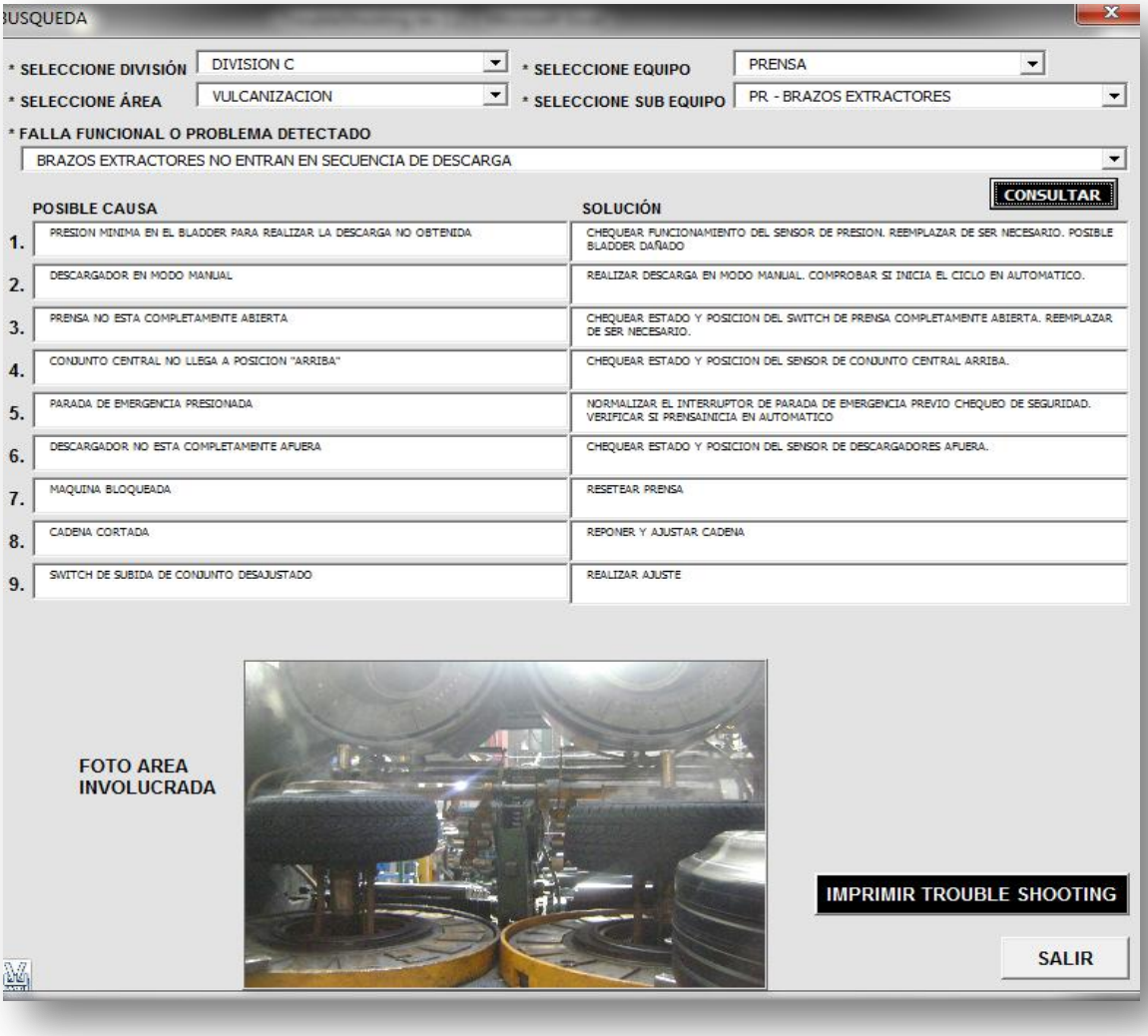


Figura 3: Ejemplo del Sistema Troubleshooting

La metodología utilizada para la elaboración del sistema computacional de Troubleshooting, fue realizar un estudio acabado de la base de datos correspondiente al registro de intervenciones de los equipos (libro diario de mantención correctiva), llenada por los técnicos de cada turno de la planta según cada área; identificando las fallas correspondientes a los distintos equipos/subsistemas con su respectiva acción correctiva para mitigar la falla. En conjunto con el área de Ingeniería de Mantenimiento y expertos en mantención de equipos de la planta, se estudia si la acción descrita por los técnicos es la más viable para la solución, luego se buscan alternativas de resolución suponiendo distintos casos y síntomas que se pueden presentar en los equipos y/o sistemas.

Teniendo identificada las fallas con su respectiva solución, y los diferentes escenarios y síntomas que puede presentar el equipo/sistema, se procede al ingreso de esta en la base de datos del sistema de Troubleshooting (elaborada en Excel, dados los recursos con los cuales cuenta hoy la planta) con una imagen que represente de mejor forma lo ocurrido en el equipo o subsistema involucrado. Es importante destacar que el sistema cuenta con el árbol de equipo (al nivel de sub equipos y/o componentes) de las distintas máquinas existentes en la planta (información elabora por el departamento de Ingeniería Mantenimiento), de tal forma que la búsqueda se puede realizar segmentada por división / área / equipo / sub equipo.

Para dar continuidad al proceso y sistema de Troubleshooting se elaboró un procedimiento para seguir actualizando la base de datos, que se resume en la siguiente Figura 4:

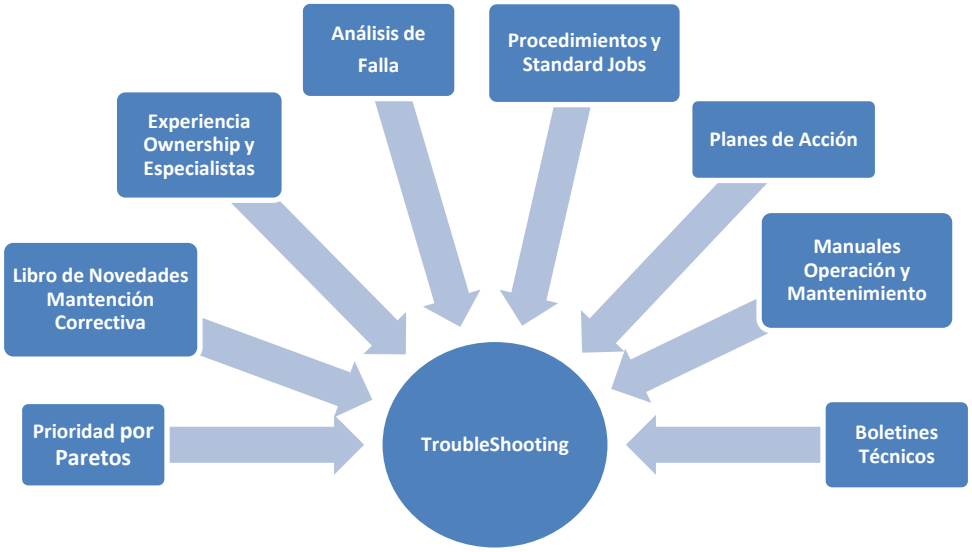


Figura 4: Flujo de Información Sistema Troubleshooting

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Se construye un sistema computacional para Troubleshooting asociado al proceso y metodología antes definidos para la Planta de Neumáticos de Goodyear - Chile. Con el tiempo, la recopilación de datos sobre los problemas solucionados puede llegar a ser un recurso valioso para la compañía que implemente el proceso y sistema Troubleshooting. Se puede hacer referencia para hacer frente a problemas similares. Se puede utilizar para rastrear los problemas recurrentes en el tiempo, que pueden ayudar con un análisis de causa raíz. O puede ser utilizado para continuar con el proceso de solución de problemas si resulta que el problema no se resolvió realmente después de todo.

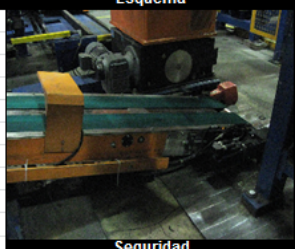
Por último para lograr la sustentabilidad del sistema en el tiempo (mejoramiento continuo), se creó un boletín Troubleshooting, el cual es enviado semanalmente vía e-mail con las nuevas fallas detectadas e ingresadas a la base de datos del sistema, con sus respectivas soluciones, a todo el

personal del departamento de ingeniería de mantenimiento y personal de las áreas productivas para su conocimiento, difusión y publicación. Un ejemplo de esto es ilustrado en la Figura 4.

Emisor/Depto.	Fecha de emición	BOLETIN TROUBLESHOOTING	Procedimiento	Revision Nº	Fecha de revision
R.Vergara	22/09/2011		PMAN7503	0	22/09/2011

BOLETIN Nª 0001

Division/Area	División B/HVA
Equipo	HF-105
Subsistema	Breaker B
Participa	Patricio Lorca

Descripcion de la falla	Solucion	Esquema
No avanza correa de mesa de aplicación de banda de rodamiento	Cambio de eje en rodillo motriz Cambio de reductor Cambio de motor Reiniciar Kinetic Cambiar Kinetic Cambio cable de alimentación Revisar conexiones de cableado feedback Limpiar sensor Ajustar sensor Cambiar sensor	
Posible(s) Causa(s)	Liberar correa atrapada	**Seguridad**
Falla eje de rodillo motriz	Tensar correa	- Bloqueo equipo
Falla reductor	Limpiar camara	- Se activa condicion de seguridad en programa
Falla motor	Ajustar camara	
Kinetix en falla	Cambiar camara	
Falla cableado	Revisar condicion de seguridad activada	-
Falla sensor		-
Falla camara		-
Falla correa		-
		-

Pasos para un efectivo Troubleshooting
¿Cuáles son los problemas y cuando lo sucedieron por primera vez?
Si es nuevo ¿ A funcionado apropiadamente la instalacion?. ¿Por cuanto tiempo?
Si es una instalacion antigua. ¿ El problema es nuevo o ha venido ocurriendo por años?, ¿Qué cambios, por menores que sean se han realizado por mantencion u operación desde su instalacion?
¿Tiene mediciones de los parámetros de funcionamiento?

Figura 4 Boletín Troubleshooting

Además de contener la información de la nueva falla detectada, sus posibles causas y soluciones, el boletín contiene la siguiente información: Numeración, Equipo, Área, Subsistema, Participantes, Temas de Seguridad asociados (bloqueos, candados, tarjetas, etc.), y los pasos para: **Cómo hacer un efectivo Troubleshooting?**.

CONCLUSIÓN

En cualquier sistema existirá la posibilidad de una falla, y estar preparado para enfrentarla de buena forma es fundamental para compañías productivas de tal forma de no interrumpir el servicio o la producción. La tendencia actual de las empresas es tener la máxima disponibilidad, y una interrupción en el proceso productivo es indeseable. Ya que es imposible evitar totalmente que esto suceda, la mejor alternativa consiste en poseer procedimientos que permitan resolver las fallas de una forma rápida. Esto es el Troubleshooting.

Troubleshooting se utiliza en muchos campos tales como ingeniería, administración de sistemas, electrónica, reparación de automóviles, y la medicina preventiva. Troubleshooting requiere la

identificación de la falla (s) o los síntomas dentro de un sistema. Entonces, la experiencia se utiliza comúnmente para generar las posibles causas de los síntomas. La determinación de que la causa más probable es que a menudo es un proceso de eliminación - eliminar las causas potenciales de un problema. Por último, Troubleshooting requiere la confirmación de que la solución restaura el producto o el proceso a su estado de trabajo.

Es importante mencionar que para llevar a cabo un buen proceso de Troubleshooting es necesario ser ordenado y utilizar una metodología adecuada (como la expuesta en el presente trabajo), ya que de lo contrario se puede terminar invirtiendo mucho tiempo sin obtener resultados satisfactorios.

Los aportes importantes del proyecto de diseño y construcción del proceso y sistema computacional de Troubleshooting se pueden resumir como:

- Disponer de una herramienta computacional de apoyo a la gestión del mantenimiento correctivo en el ataque a fallas catastróficas.
- Contar con un listado de fallas más comunes, identificadas sus síntomas y sus soluciones.
- Entregar modos de intervención, normas y procedimientos de seguridad en el desarrollo de los diferentes de servicios de mantención.
- Mejorar constantemente las pautas de mantención e inspeccción incorporando las actividades críticas detectadas por este proceso.
- Aportar significativamente en la mejora de los costos del área de mantenimiento y los costos por pérdidas de producción.
- Incrementar la eficiencia en la calidad de la reparación de las fallas.
- Mejorar la Disponibilidad de los equipos y sistemas.
- Mantener el *know how* dentro del proceso de mantenimiento de la compañía y no en las personas.
- Producir indirectamente capacitación y entrenamiento de los técnicos del área, elevando su conocimiento y expertiz respecto a la conducta de los equipos/sistemas.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia a Walmir Priosti (Gerente de Ingeniería Goodyear S.A.I.C.) por su credibilidad imperturbable del éxito de la idea y al gran equipo participante, descrito a continuación: Víctor Espinoza Moya (Diseño y Líder Proyecto), María José Cabrera (Ingeniero Proyecto), Team de Técnicos: David Rodríguez, Pablo Muñoz, Iván Flores, Jaime Muñoz, Emerson Pérez, Cristian Sánchez, Luis Peña, Rubén Silva, Jorge Quijada, John Pérez, Myriam Vega, Roberto Álvarez, entre otros.

REFERENCIAS

Arróspide, C. (2009). *Modelo de Mantención y Reparación Compañía Minera Quebrada Blanca*. [1]

Breese, J. & Heckerman, D. (1996). *Decision-Theoretic Troubleshooting: A Framework for Repair and Experiment*. Technical Report MSR-TR-96-06, Microsoft Research Advance Technology Division, Microsoft Corporation. [2]

Carvajal, M. (2011). *El Troubleshooting en la empresa, ¿sabemos como nos puede ayudar?*. http://www.tecnologiapyme.com/productividad. [3]

Davis, R. & Hamscher, W. (1988). *Model Based Reasonig: Troubleshooting*. Exploring Artificial Intelligence, pp 239-296. [4]

Rojas, D. (2006). Troubleshooting para tecnologías de acceso tradicionales. Tesis para optar al titulo de Ingeniero Civil Electricista. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Fisicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Eléctrica. [5]

Thaler, D & Ravishankar, C. (2010). *An Architecture for Inter-Domain Troubleshooting*, Electrical Engineering and Computer Science Deparment The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109-2122. [6]