



## MEJORAMIENTO CONTINUO DE LOS "SAFETY INSTRUMENTED SYSTEMS" (SIS)

Giorgio Palermo and Angela E. Summers, Ph.D., P.E, SIS-TECH Solutions, LP

Presented at ISA Mexico, Centro Banamex, Cd. De Mexico, June 6-8, 2007.

### Abstracto

El historiador John Lewis Gaddis define estrategia (Alden 1996) como "el proceso mediante el cual el fin se relaciona con los medios, las intenciones con las capacidades, y los objetivos con los recursos. El objetivo de la industria es no incidente, no daño a la gente, y no daño al ambiente. Este objetivo solo puede ser alcanzado si se va más allá del cumplimiento y se logra establecer la seguridad como un valor estratégico del negocio. El desarrollo de una cultura de seguridad requiere que los valores y las políticas sean convertidos en prácticas y comportamientos. La política de "La operación segura es nuestra misión" debe ser respaldada con la autoridad, recursos, y herramientas para alcanzar la misma. Todo el personal, desde el operador hasta la directiva, debe entender y creer que la operación segura es el principio operativo más importante.

Son muchos los factores que afectan las expectativas de desempeño y la toma de decisiones para alcanzarlas, como son la economía, tendencias del mercado, asuntos legales y políticos. Una fuerte cultura de seguridad se apoya en el sentido de propiedad y la responsabilidad para alcanzar una operación segura y confiable de los equipos de proceso durante su vida útil. La gerencia debe incentivar y soportar el mejoramiento continuo para asegurar que equipos existentes estén diseñados, mantenidos, inspeccionados, probados y operados en una forma segura.

### Buenas Prácticas de Ingeniería

El diseño del "Instrumented Protective System" (IPS) es un esfuerzo de equipo que requiere conocimientos y destrezas de varias disciplinas. Algunas de estas destrezas pueden ser usadas con poca frecuencia, pero, cuando realmente son requeridas, altos niveles de experiencia deben estar disponibles. En la actualidad la reestructuración masiva y fusiones de compañías y/o departamentos son muy comunes dentro de las industrias de procesos. Departamentos técnicos corporativos que una vez sirvieron como guías, mentores ó creadores de nuevas tecnologías y nuevas ideas ya no existen. En muchas compañías, la responsabilidad ha pasado del personal corporativo especializado al personal de planta, que regularmente encuentra difícil mantener la experiencia requerida. En algunas de estas plantas, existe un incremento en la confianza dada a los fabricantes de equipos y terceros (compañías contratistas) para cubrir la falta de experiencia. En otras plantas, varios departamentos y/o diferentes individuos poseen responsabilidad limitada de varios aspectos de la operación segura.

Sin un acentuado conocimiento en materia de seguridad de procesos, es fácil que por simples desvíos de razonamiento, errores, falta de conocimiento, insuficiente habilidad, o un mal comportamiento, seamos el causal predominante de los incidentes de seguridad del proceso. Una cultura enfocada en la seguridad y la confiabilidad solo pueden existir cuando el propietario/operador documenta la información, prácticas y procedimientos necesarios para alcanzar los atributos importantes para una operación segura y



confiable. La meta es mantener al equipo IPS en condiciones óptimas durante la vida útil del mismo. Para lograr esto, fallas aleatorias y errores sistemáticos que puedan causar la falla del equipo IPS, deben ser identificadas y corregidas lo más pronto posible.

El Sistema de Gerencia de Protección, recomendado en el libro IPS del centro de seguridad de proceso químicos (Center for Chemical Process Safety – AIChE/CCPS), hace énfasis en la identificación y corrección de las fallas y errores en una fase temprana en la vida útil del IPS. El mismo proporciona el marco para la implementación de procesos de control de calidad para el desarrollo, implementación, y gerencia de una estrategia de reducción de riesgos, que ubique el riesgo por debajo del criterio de riesgo del propietario/operador.

La intención del Sistema de Gerencia de Protección es asegurar que:

1. Se identifiquen las funciones de protección y requerimiento de reducción de riesgo para cada modo de operación de proceso.
2. Los IPS son diseñados, instalados, comisionados y validados para cumplir las bases de diseño.
3. Los IPS son inspeccionados, probados, mantenidos, y operados para asegurar que el equipo opera en condiciones óptimas.
4. El proceso está adecuadamente protegido, inclusive durante los períodos donde el mismo se encuentra operado bajo una falla conocida del IPS. (Tolerante a fallas).
5. Los cambios al IPS son evaluados utilizando un proceso de manejo de cambio.
6. El acceso al IPS es controlado física y administrativamente.
7. Las fallas del IPS y la ocurrencia de demandas por parte del proceso son identificadas y analizadas periódicamente para asegurar pronta solución a cualquier desviación que sea identificada.

La fase de mejoramiento continuo del Sistema de Gerencia de Protección que se muestra en la figura 1, asegura que cada proceso se enlaza con el siguiente hasta volver a repetirse durante el ciclo de vida. El desempeño es monitoreado y las diferencias entre el desempeño esperado y el actual se cierran en el transcurso del tiempo. Cuando es práctico, se realizan inversiones para una mayor reducción de riesgos. El mejoramiento continuo involucra las prácticas de diseño y gerencia para incluir necesidades actuales, consistencia con buenas prácticas de ingeniería, y que el equipo instalado es diseñado, mantenido, inspeccionado, probado, y operado de una forma segura.



### Mejoramiento Continuo

- Monitorear el desempeño y cerrar las diferencias entre el desempeño esperado y el actual.
- Cuando es práctico, se realizan inversiones para mayor reducción de riesgo.

Figura 1. Mejoramiento Continuo en el Ciclo de Vida.



## Encontrando el Balance

Balancear la seguridad de Procesos y las metas de producción puede ser un acto tedioso, delicado y complejo. Es innegable que la seguridad de procesos y la producción son compatibles. Es irrefutable que las inversiones en el campo de la seguridad de procesos proporcionan beneficios a largo plazo. Sin embargo, estos beneficios, ni son obvios, ni producen resultados rápidos asociados con la inversión en producción, que por el contrario, generalmente provee efectos palpables y positivos en un lapso corto de tiempo.

Para protección y seguridad, muchos de los beneficios son menos tangibles. Cuando es exitoso, el IPS es culpado de la parada del proceso; y cuando falla, es culpado del incidente. El análisis de peligrosidad y riesgo describe la prevención del evento peligroso gracias a la operación de cada función instrumentada de protección (IPF). Cuando una función instrumentada de protección (IPF) opera como es requerido, el IPF debería recibir el crédito por el evento que ha evitado debido a su exitosa operación, incluyendo potenciales fatalidades, daños al personal, fugas al ambiente, daño de equipos, y pérdidas financieras. De igual forma, el IPF debería recibir crédito cuando su diseño previene que una falla segura de un equipo IPF produzca una parada inesperadamente del proceso.

La Figura 2, resume el proceso de toma de decisión, ilustrando como los recursos disponibles pueden ser ubicados a través de la metas de seguridad de proceso y producción. Generalmente, las personas responsables de la toma de decisión tienen filtros defensivos que afectan la recepción y la interpretación de la información (Reason 1990). El ambiente del negocio, introduce presión en el personal en gran variedad de formas, como son las proyecciones de producción, cortes de presupuesto, reducción de recursos, o jubilación de colegas.

En la ausencia de una fuerte cultura de seguridad, la presión ejercida sobre el presupuesto y la producción pueden resultar en una cultura de negación donde el filtro de las personas encargadas de la toma de decisiones se niega a reconocer propuesta alguna que no soporte los planes de producción o presupuesto. En este escenario, el análisis de riesgos puede ser distorsionado de forma tal que recomendaciones creíbles de escenarios seguridad y preocupaciones sean descartadas sin la apropiada consideración. Análisis errados, tales como asumir que los equipos y procedimientos son suficientemente robustos, conllevan a la complacencia y a la aceptación de un incremento del riesgo. Regularmente, esto ocurre en la ausencia de documentación confiable, información, y data, o un riguroso programa de integridad mecánica.

Buenas prácticas de ingeniería deben ser aplicadas para prevenir incidentes de seguridad de procesos. Las prácticas y procedimientos internos deben ser comparados con los de otras compañías del sector u otras compañías de la industria de procesos, con la finalidad de establecer patrones y corroborar como lo estamos haciendo. Periódicamente, es recomendable realizar análisis para determinar si el equipo existente es diseñado, mantenido, inspeccionado, probado, y operado en una forma segura. Planes de acción para el mejoramiento deben ser desarrollados e implementados basados en el desempeño observado y en la información obtenida del análisis para establecer patrones.

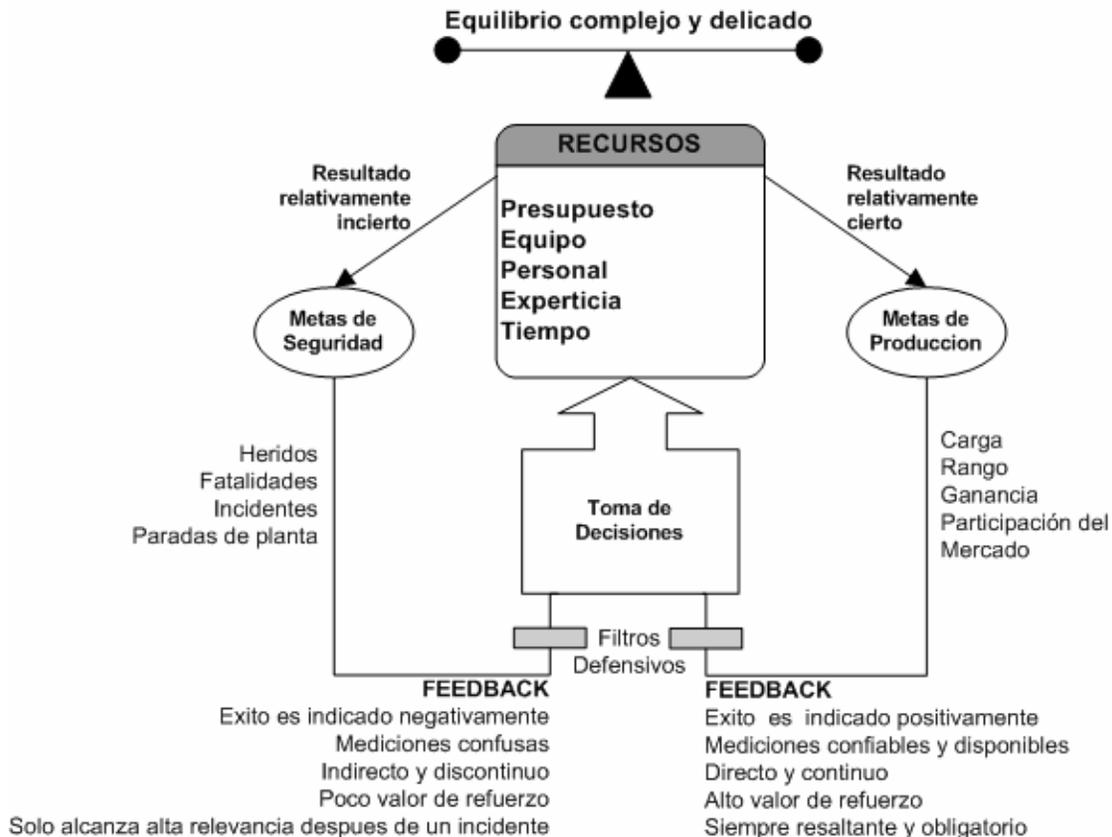


Figura 2. Esquema Ilustrativo del Complejo Proceso de Toma de Decisiones (Adaptado de Reason 1990)

### Entendiendo la Historia

Una serie de incidentes químicos catastróficos ocurrieron durante las décadas de los 70 y 80. Estos incidentes son tan legendarios que usualmente son referidos solamente por el nombre de la ciudad: Flixborough (1974), Seveso (1976), Ciudad de México (1984), y Bhopal (1984). Estos incidentes fueron catastróficos y despertaron al mundo hacia el riesgo de la industria química. Los incidentes son presentados en el libro "Lee's Loss Prevention in the Process Industry".

Las primeras regulaciones de seguridad de procesos fueron emitidas en Europa durante los años 1970 como respuesta directa al impacto sobre las ciudades de Flixborough y Seveso. Aproximadamente una década más tarde, la tragedia causada por la explosión de Ciudad de México y la fuga química en Bhopal resultaron en regulaciones de seguridad de procesos emitidas en los Estados Unidos y muchos otros países. Las sociedades industriales respondieron a nivel mundial, publicando numerosos códigos, estándares, y prácticas en una variedad de tópicos de seguridad de procesos.

Si la historia no es entendida por todos nosotros, entonces estamos destinados a repetirla. A pesar de que estos incidentes ocurrieron hace más de 3 décadas, los errores y las causas raíz de los incidentes existen aún hoy. Trevor Kletz discute ese problema en su libro, *Lessons from Disaster: How Organizations Have No Memory and Accidents Recur* (Kletz 1993). El presenta numerosos casos donde ocurre un incidente y el mismo es repetido pocos años después. Kletz encuentra que las organizaciones tienen mala memoria debido a varios factores, tales como, insuficiente investigación de falla, inadecuada



comunicación y distribución de los resultados de la investigación, falta de retención de información y poco entrenamiento sobre eventos previos.

La cultura de seguridad no descansa en una hoja de cálculo o reporte que explica el balance de los mejoramientos realizadas para justificar los IPS. La Cultura de Seguridad entiende que el potencial de ocurrencia de los incidentes es una parte inherente del diseño del proceso y que, sin un esfuerzo enfocado, los incidentes ocurren invariablemente.

### **Evaluación de Patrones**

El propietario/operador debe entender como comparar las prácticas y procedimientos internos con las reconocidas y generalmente aceptadas buenas prácticas de ingeniería. Esto ayuda a crear patrones y a establecer la posición del propietario/operador dentro del mismo mercado y dentro de la misma industria. Esta es probablemente la parte más dolorosa del proceso de mejoramiento continuo, debido a la tendencia a esconder los problemas menores y un Sistema de Gerencia de Protección inadecuado.

Algunos propietarios/operadores probablemente encontrarán que su filosofía de diseño y gerencia están fuera de los lineamientos en varios aspectos de las buenas prácticas de ingeniería. Cuando se identifica un riesgo inaceptable, se debe establecer un plan de acción a corto y largo y plazo con suficientes medidas para reducir el riesgo por debajo del criterio de riesgo del propietario/operador. Ha sido comprobado que las inversiones para mejorar los sistemas de seguridad y la confiabilidad de la operación del proceso proporcionan un retorno económico de la inversión a largo plazo.

### **Identificando las Diferencias**

Un creciente número de propietarios/operadores se encuentran operando en un marco de regulaciones que usualmente no ofrece requerimientos suficientemente descriptivos. Al contrario, los requerimientos se mueven basados en un concepto difuso de "buenas prácticas de ingeniería". Mantener y cumplir con los requerimientos básicos concernientes a la seguridad de procesos y a los IPS puede parecer complicado. ¿Cómo puede el propietario/operador continuar con el proceso de mejoramiento continuo cuando parece que las metas inmediatas son un objetivo cambiante? Para algunos, pareciera suficientemente retador mantener el "status quo"; más aun adoptar los cambios.

El mejoramiento continuo opera bajo el principio que el hallazgo de fallas y errores es el comienzo del proceso de aprendizaje. Minimizar su recurrencia, requiere el entendimiento del cómo se generan estas fallas o errores. El mejoramiento continuo, al igual que las buenas prácticas de ingeniería, no deben ser vistos como el punto de llegada sino como un proceso en constante movimiento. Periódicamente deben ser analizadas las destrezas, recursos, información y los procesos de trabajo con la finalidad de identificar debilidades que limiten el desempeño y si es necesario, establecer recomendaciones para mejorar las mismas.

Los sistemas de información, ya sean computarizados o manuales, deben brindarle al personal información actualizada en un formato que sea fácil de entender. La información debe ser controlada y accesible.

Son muchos los factores que afectan las expectativas de desempeño del IPF y los diseños utilizados para alcanzarlas, como lo son la economía, tendencias del mercado, y la tecnología, junto con asuntos legales y políticos. Una fuerte cultura de seguridad se apoya en el sentido de propiedad y la responsabilidad, para alcanzar una operación segura y confiable de los equipos de proceso durante su



vida útil. La gerencia debe incentivar y soportar el mejoramiento continuo para asegurar que equipos existentes estén diseñados, mantenidos, inspeccionados, probados y operados en una forma segura.

Cambios en las expectativas de operación, funcionalidad, confiabilidad, o mantenimiento, pueden requerir la implementación de un diseño o prácticas gerenciales diferentes. Procedimientos de prueba, investigación de fallas, alarmas, disparos y reportes de auditorías, proveen información vital para el entendimiento de eventos que influyen el desempeño del personal y del sistema gerencial. Para lograr la excelencia operativa se requiere resolver la causa raíz responsable del desempeño inaceptable de los equipos y confiabilidad de los procesos. Mejorar la integridad mecánica de los equipos requiere una cultura que valore el mantenimiento.

La necesidad de mejoramiento puede ser identificada a través de diferentes actividades de gerencia de sistema. Los procesos de mejoramiento continuo deben incluir revisiones periódicas de toda la información disponible para identificar, generar tendencias, y corregir problemas sistemáticos. Un análisis de diferencias es ejecutado para comparar el desempeño del IPS actual contra el desempeño esperado. Este análisis de diferencias debería determinar que:

1. El equipo es operado de acuerdo a la intención de diseño.
2. Los procedimientos de seguridad, operación, mantenimiento, y emergencia son los adecuados para cumplir las expectativas de competencia y reducción de riesgos.
3. El análisis de peligrosidad y riesgo o las recomendaciones de manejo del cambio son conducidos en el tiempo adecuado.
4. El entrenamiento del personal es acorde con las expectativas actuales.

Durante este análisis pueden identificarse problemas significativos. El manejo del sistema de fallas está generalmente reflejado en múltiples mediciones de desempeño. Podrían identificarse algunos problemas sistemáticos, tales como, poca adherencia a las políticas, procedimientos y prácticas, o insuficiente inspección y mantenimiento preventivo. Si el equipo IPS no es mantenido, es muy probable que otros equipos estén sufriendo del mismo mantenimiento inadecuado. Las desviaciones acumuladas de mantenimiento, sean intencionales o no, pueden causar la falla de múltiples capas de protección.

Un esfuerzo de equipo es usualmente requerido para evaluar los requerimientos y desempeño del IPS. Algunas organizaciones establecen una estructura formal, donde personal experimentado participa como representante de la planta en el equipo de análisis. Este equipo evalúa cambios en las buenas prácticas de ingeniería y recomienda realizar cambios para modificar prácticas internas.

Cada vez que los procesos de trabajo son modificados, un cambio de enfoque usualmente genera cambios en la forma que los miembros del equipo perciben el proceso, sus riesgos asociados, variedad en las capas de protección y los IPS. Este cambio puede resultar en recomendaciones para adicionar reductores de riesgo o IPS. Estas recomendaciones y otros esfuerzos de mejoramiento continuo completan el ciclo de vida moviendo el proceso hacia una operación más segura y confiable.

### **Determinando los Pasos a Seguir**

El aspecto clave del mejoramiento continuo es trazar el curso para alcanzarlo. Por ejemplo; con el tiempo, se presentan opciones para actualizar los componentes de un equipo, los programas, o los sistemas de interfaz hombre-maquina. Los cambios propuestos deben ser revisados usando el proceso de manejo de cambio, con la finalidad de identificar como el cambio afecta otras funciones o sistemas. Las áreas a



mejorar deben ser manejadas con un plan de acción, que típicamente asigna prioridad a las recomendaciones basado en la severidad de la consecuencia y la diferencia encontrada en el riesgo.

Los planes de acción deben definir objetivos, metas, y tiempos de ejecución. Los mismos deben ser revisados periódicamente para determinar si hay necesidad de acelerar las actividades o ampliar sus objetivos. Por ejemplo, el “upgrade” programado de un IPS puede acelerarse cuando el fabricante elimina soporte de equipos críticos. Para garantizar el éxito, el plan de acción debe ser comunicado al personal afectado con la finalidad de que el personal entienda el plan y se comprometa con su ejecución.

Los “upgrades” que apuntan al mejoramiento de efectividad operacional a largo plazo, toman tiempo para ser completados en su totalidad, dependiendo de la complejidad y el grado de cambios involucrados. En la medida que el IPS es cambiado, planes de operación y metas deben considerar cualquier riesgo adicional que pudiera ser generado por el proceso durante la transición. Una vez que los cambios de bases de diseño se encuentren activos, las bases de integridad mecánica y de operación deben ser revisadas y se deben implementar las revisiones necesarias.

Existen muchas barreras para el mejoramiento, incluyendo:

5. Baja integridad y calidad de la data
6. Poca disponibilidad e inconsistencia de la información
7. Falta de amplio entendimiento de hechos y procedimientos.
8. Falta de prácticas y procedimientos internos.
9. Poco entendimiento de las expectativas de cumplimiento.
10. Inadecuado control de revisiones o notificación de cambios.
11. Falta de entrenamiento en la data, información, procedimientos, y prácticas.

Para superar estas barreras, el personal debe estar provisto con mucho más que solo otra iniciativa u orden de cambio. El mejoramiento continuo debe formar parte de la cultura de la organización, comenzando desde el más alto nivel gerencial hasta el operador. La cultura de mejoramiento continuo requiere que todo el personal entienda la importancia de utilizar y cumplir las prácticas y procedimientos aprobados. El personal debe sentir que la operación segura y confiable es un valor institucional y que no perderán sus trabajos o serán sancionados por reportar desviaciones o dar sugerencias. El operador debe creer que el mejoramiento continuo es soportado por todos los niveles de la gerencia. Todo el personal debe entender que su futuro laboral está condicionado a un desempeño seguro de su trabajo.

Una cultura de mejoramiento continuo requiere que todo el personal entienda la importancia del seguimiento de las prácticas y procedimientos aprobados. Para triunfar, el personal debe estar al tanto de los riesgos potenciales y debe estar comprometido a realizar lo que sea necesario para mantener y mejorar continuamente la integridad operacional y mecánica. El camino a seguir contiene una gran cantidad de actividades, pero generalmente incluye las siguientes:

1. Asignar responsabilidad al personal con la finalidad de que responda y explique la ocurrencia de un evento de seguridad de procesos.
2. Auditar al personal para asegurar que las prácticas y procedimientos son cumplidos.
3. Cuestionar las normas y reducir aún más el riesgo cuando sea práctico.
4. Integrar las metas del negocio y la seguridad de proceso.
5. Monitorear el desempeño, solventar las anomalías y celebrar el éxito.
6. Recordar los éxitos y errores para lograr el aprendizaje.



## Responsabilidad Corporativa

La cultura de una organización está definitivamente guiada por lo que la alta gerencia indique que es importante; lo que es medido; y lo que es recompensado. Una operación segura solo puede ser sostenida donde se reconoce que los costos directos de un incidente representa una proporción menor del daño total. Ocultos a la vista, se encuentran los costos indirectos y los daños del negocio a largo plazo, como resultado de una operación insegura. Cuando los costos reales de un incidente son entendidos, es mucho más fácil asimilar que ser económicamente efectivo es mucho más que simplemente conocer y manejar eficientemente el presupuesto actual.

Para tener éxito se requiere que el personal sienta que la inversión en la reducción de riesgos es incentivada y premiada. Líderes del mercado reconocen que esta inversión genera beneficios que sobrepasan sus costos. La excelencia operativa busca prevenir incidentes, porque beneficia al negocio y es la acción adecuada a seguir.

## Referencias

Alden, Edward, "Comment And Analysis: Five Fraught And Futile Years – Why America must align aims and reality," [www.ft.com](http://www.ft.com) , Financial Times (2006).

Extracto de CCPS/AIChE, *Guidelines for Safe and Reliable Instrumented Protective Systems*, New York (2007).

Kletz, Trevor, *Lessons from Disaster: How Organizations Have No Memory and Accidents Recur*, Institution of Chemical Engineers, United Kingdom (1993).

Mannan, Sam, *Lee's Loss Prevention in the Process Industries, Volumes 1-3*, Elsevier Butterworth-Heinemann, United Kingdom (2005).

Reason, James, *Human Error*, Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom (1990).

