



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Optimización de la Disponibilidad Operacional mediante Gestión Ágil de Activos, Inteligencia Artificial y Eliminación de Defectos: Un Enfoque Proactivo en Plantas de Envasado

Rodríguez J.E, Martínez P.,
Alto Torque Ingeniería SAS,
Bogotá DC, Colombia.

Resumen

El presente trabajo documenta un caso real de resolución de una problemática común en las instalaciones industriales de un cliente del sector de bebidas. La estrategia para abordar la solución se fundamentó en la aplicación de modelos de *Machine Vision* basados en inteligencia artificial, IA, los cuales permiten detectar los defectos en forma proactiva. Una vez detectados, estos son contabilizados en un proceso de trabajo automatizado de pérdidas de oportunidad de producción (Lost Production Opportunity - LPO) en la nube, permitiendo identificar la causa raíz y los malos actores desarrollados bajo un marco de trabajo ágil.

Declaración de la Oportunidad y Problemática Industrial

En el sector de envasado de bebidas (líneas de Tetra Pack, latas y botellas para jugos, malta y cerveza), la eficiencia operacional se ve comprometida por un deterioro constante de la disponibilidad y el rendimiento, derivada de desviaciones de calidad no detectadas en tiempo real. La organización identificó un elevado nivel de pérdidas de oportunidad de producción (LPO) asociadas a defectos críticos como productos faltantes en el empaque final, termoencogibles defectuosos, códigos de impresión ilegibles y gaveras en mal estado, tal como se muestra en Fig 1.

La problemática técnica central reside en un proceso de trabajo con baja efectividad para detectar, contabilizar y mitigar estas pérdidas de

forma proactiva. La dependencia del factor humano para detectar y descartar unidades defectuosas eleva la vulnerabilidad de la línea, impactando directamente en la calidad percibida por el cliente. Este método reactivo no solo es susceptible al error humano, sino que se convierte en un cuello de botella que limita la velocidad de la línea o genera paradas no programadas.



Fig. 1. Identificación de defectos: productos faltantes.

Bajo los lineamientos de la Gestión de Activos (ISO 55000) y la Eliminación de Defectos, surge la oportunidad estratégica de implementar la tecnología de *Machine Vision* (IA + Edge). Esta transición de una inspección reactiva a una detección y rechazo automático proactivo permite mejorar la integridad del producto final sin penalizar la velocidad nominal de operación. La automatización no solo reduce el número de reclamos y rechazos en el mercado, sino que proporciona datos precisos para identificar a los "malos actores" del proceso, transformando la información en decisiones estratégicas de negocio.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Objetivos del Proyecto

- Exponer la Aplicación de Agilidad en Activos. Demostrar cómo el enfoque ágil reformula la obtención de valor de los activos industriales.
- Automatización de la Calidad. Implementar un sistema de inspección proactiva que permita la detección y rechazo automático sin sacrificar la velocidad de producción.
- Gestión de Datos. Establecer un ecosistema de datos conciliados para identificar "malos actores" y causa raíz de las LPO.
- Cultura de Confiabilidad. Facilitar un cambio cultural mediante la participación activa del personal de campo en el diseño de la solución.

Metodología

La metodología se enmarca en la gestión ágil de activos, estructura y caracterización de datos, orientada a reformular la obtención de valor mediante iteraciones rápidas y seguridad operativa. Este enfoque permite obtener ganancias rápidas (*quick wins*) que validan la inversión de manera continua.

1. Evaluación de madurez en gestión de activos

Se aplicó el modelo de madurez REMAM (*Reliability Maturity Model*) para establecer una línea base y definir la hoja de ruta de la gestión de activos. Este marco de referencia permitió identificar casos de negocio críticos y garantizar la escalabilidad de la solución, sentando los niveles de madurez necesarios para futuras expansiones en otras plantas del grupo.

2. Mapeo de Procesos y Digitalización de Campo

Se realizó un relevamiento exhaustivo de los procesos estratégicos, tácticos y operativos. En

esta fase, se implementaron herramientas de detección automatizada mediante dispositivos móviles (tabletas Android) y software APM, permitiendo que el registro de datos en campo sea conciliado por la supervisión para proteger la integridad de la información.

3. Jerarquía de Activos e Indicadores (Leading - Lagging)

Bajo los lineamientos de la norma ISO 14224, se estableció una taxonomía de datos para la recolección estandarizada de fallas y eventos operativos. El sistema integra indicadores de gestión (Leading y Lagging) extraídos directamente del proceso.

4. Implementación de Machine Vision (IA + Edge)

La solución tecnológica se basó en el cómputo en el borde (*Edge Computing*) para mitigar restricciones de conectividad y latencia, siguiendo esquema dado en la Fig 2.

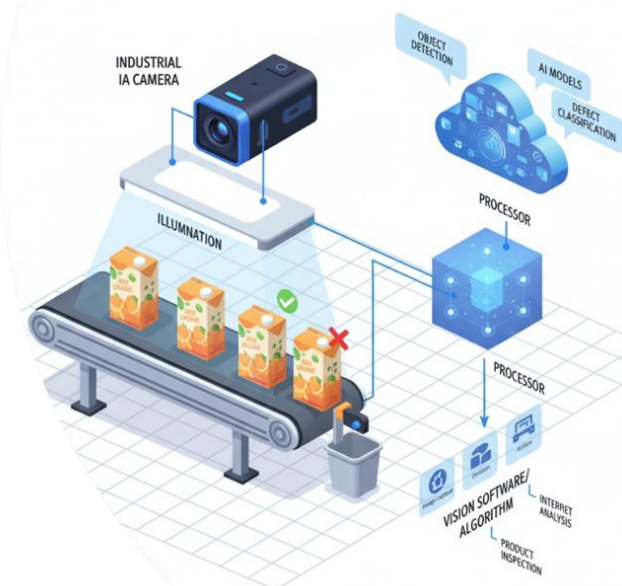


Fig 2. Esquemático de Machine Vision-IA

El despliegue se ejecutó en cuatro fases críticas:



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



- Selección y Prototipado. Validación de hardware (servidores de borde, redes inalámbricas y sensores).
- Entrenamiento de Modelos. Desarrollo de algoritmos específicos para defectos en gaveras, niveles de llenado y consistencia.
- Despliegue y Optimización. Instalación de cámaras industriales e integración con el sistema de rechazo automático.
- Gestión en la Nube Actualización remota de modelos para adaptar el sistema a nuevos formatos de producto.

Discusión Técnica: Cultura de Confiabilidad y Eliminación de Defectos

La reducción de las pérdidas de oportunidad de producción (LPO) se constituye como un pilar fundamental en la estrategia de eliminación de defectos, concepto medular en la gestión de activos industriales bajo la norma ISO 55000. Este proceso, estructuralmente apalancado en tecnología de vanguardia, tiene como objetivo primordial erradicar fallas recurrentes y mitigar el impacto de los "malos actores" en la cadena de valor, tal como se esquematiza en la Fig. 3.

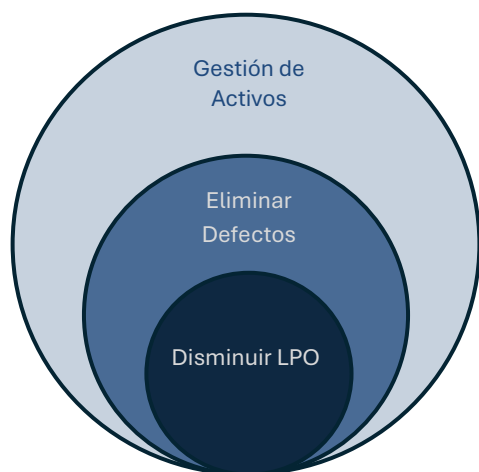


Fig. 3. Eliminación de defectos en gestión de activos.

Para lograrlo, se despliegan sistemas de Machine Vision en nodos críticos de la línea, tales como el termoencogible y el empaquetado, permitiendo una detección proactiva de desviaciones de calidad. Esta infraestructura se complementa con ecosistemas digitales de movilidad (dispositivos Android) que facultan al personal de operaciones para la captura, caracterización y conciliación inmediata de los eventos de pérdida en el punto de generación. Esta sinergia entre inteligencia artificial y gestión de datos en campo permite que la información fluya en tiempo real, transformando datos aislados en conocimiento accionable para la optimización de la disponibilidad operacional.

El éxito de esta implementación en plantas de envasado reside en el cambio cultural desde su diseño. La participación del personal especializado y de planta en la definición de la hoja de ruta reduce la resistencia al cambio y fomenta la adaptación. Al iterar rápidamente, se vence la inercia organizacional, transformando errores en oportunidades de mejora controladas.

Resultados

La integración de Agilidad + IA produjo resultados significativos en la prueba de concepto:

- Eficiencia en Implementación: Reducción del 22% en el tiempo de despliegue mediante el uso de *sprints* ágiles.
- Mejora en Calidad: Disminución estimada del 38% en los reclamos por defectos de empaque y codificación.
- Visibilidad de Pérdidas: Automatización de los diagramas de Pareto para causas de parada, permitiendo atacar las "6 Grandes Pérdidas" (mantenimiento, velocidad y calidad).



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



- Escalabilidad: El modelo REMAM permitió establecer niveles de madurez de referencia para futuras expansiones en otras plantas del grupo.

Conclusiones

- Generación de Valor: La gestión de activos debe equilibrar costo, riesgo y beneficio; la automatización de la detección de LPO es la herramienta que materializa este equilibrio en la línea de producción.
- Tecnología como Catalizador: El uso de IA y dispositivos móviles no reemplaza el criterio humano, sino que lo potencia con información oportuna para actuar antes de que la pérdida se consolide.
- Sostenibilidad del Cambio: La eliminación de defectos es sostenible solo cuando existe una cultura de participación y transparencia en los datos, donde la seguridad es una condición innegociable previo a cualquier acción.

La integración de IA y agilidad permite una gestión de activos alineada con la norma ISO 55000, maximizando el valor en el equilibrio costo-riesgo-beneficio. La eliminación de defectos, sustentada en datos conciliados desde campo y análisis de malos actores, promueve una mejora continua y sostenible en las plantas de envasado modernas.

Referencias Técnicas y Estándares

1. **ISO 55000:2014.** *Asset management — Overview, principles and terminology.*
2. **ISO 14224:2016.** *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and*

exchange of reliability and maintenance data for equipment.

3. **Nakajima, S. (1988).** *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.* Productivity Press.
4. **Moubray, J. (1997).** *Reliability-centered Maintenance.* Butterworth-Heinemann.
5. **Sutherland, J., & Schwaber, K. (2020).** *The Scrum Guide.*
6. **Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010).** *Juran's Quality Handbook.* McGraw-Hill Education.
7. **Rodriguez, J., & Martinez, P. (2022).** Reliabytics Maturity Model (REMAM) by Reliabytics. Marco de referencia para establecer hojas de ruta de madurez y casos de negocio en gestión de activos.

José Rodríguez, Ingeniero Mecánico con más de 25 años de ejercicio profesional en roles técnicos y gerenciales, en diversos sectores industriales (Oil&Gas, Petroquímica, Pulpa-Papel, Consumo Masivo y Tecnología).

Últimos 12 años dedicados a la implementación de sistemas de gestión de activos con la tecnología como palanca.

CEO - Founder Reliabytics, SME Agile APM, CMRP – PMP

Ing. Jose Rodríguez SME Agile APM, CMRP - PMP
Cel: +58 424-8707894
jrodriguez@theatgroup.net
jrodriguez@realiabytics.com
Venezuela – Colombia- USA