

Implementación de IIoT para el monitoreo predictivo de motores en una línea de Embotellado Industrial

Hernan Conejeros

h.conejeros01@ufromail.cl

22 de septiembre de 2026

Resumen

Este informe examina la implementación del Internet Industrial de las Cosas (IIoT) en la sección de transporte de una planta embotelladora, enfocado en el monitoreo predictivo de motores eléctricos para evitar paradas no programadas. Mediante un enfoque cualitativo y cuantitativo, se estiman los costos de modernización, se analizan los riesgos de ciberseguridad e infraestructura y se propone un modelo de negocio en formato startup. Los hallazgos demuestran que la detección temprana de anomalías minimiza la pérdida de horas operativas y los desembolsos de emergencia por reemplazo de maquinaria, justificando la viabilidad de la automatización inteligente.

1. Introducción

En la industria embotelladora de bebidas, la continuidad de la línea de producción es crítica para evitar pérdidas operativas. Actualmente, la sección de conteo presenta fallas recurrentes en sus sistemas de monitoreo tradicional, provocando detenciones no programadas que frenan todo el flujo del proceso. Ante este problema, la implementación de un Gemelo Digital (Digital Twin) surge como una alternativa para monitorear en tiempo real, detectar anomalías a tiempo y optimizar la precisión del conteo.

2. Objetivo

Analizar la implementación de un Gemelo Digital en la sección de conteo de una planta embotelladora de bebidas, evaluando los sistemas requeridos, sus costos proyectados y las ventajas operativas frente a las paradas no programadas del sistema.

3. Metodología

Para el desarrollo de este informe se utilizó un enfoque descriptivo y analítico estructurado en tres etapas: la revisión del material de clase, la investigación técnica orientada a sensores e Internet de las Cosas (IoT) aplicados al conteo en líneas de embotellado, y el uso de consultas guiadas a una herramienta de inteligencia artificial para organizar y estructurar los contenidos.

3.1 Subsección: Uso de IA

En conformidad con las pautas de transparencia académica, el desarrollo de este informe contó con el apoyo de herramientas de inteligencia artificial generativa. A continuación se detalla la asignación de roles evaluada entre las partes:

- [Hernán Conejeros] (Humano): Conceptualización, Metodología, Validación, Revisión y edición.
- Gemini 2.5 (IA): Investigación, Análisis formal, Redacción del borrador original, Visualización.

4. Resultados

4.1. Definición de Gemelo digital

Un Gemelo Digital (Digital Twin) es una réplica virtual dinámica y en tiempo real de un objeto, sistema o proceso físico. En el contexto de la línea de embotellado, consiste en conectar sensores de medición directamente a la maquinaria para enviar un flujo continuo de datos a un programa informático, generando un modelo virtual actualizado que refleja con precisión el estado operativo del sistema.

4.2. Sistemas requeridos para la modernización

Para modernizar la sección de conteo y evitar detenciones no programadas, se requiere la integración de tres capas tecnológicas:

- Hardware de Captura (Sensores e IIoT): Sensores ópticos y fotoeléctricos láser instalados en la cinta transportadora para registrar el paso de cada botella.
- Procesamiento Local (Edge Computing): Módulos PLC o gateways Edge para procesar las señales de conteo a alta velocidad sin saturar la red ni depender exclusivamente de la conectividad externa.
- Plataforma de Simulación y Monitoreo en la Nube: Un software centralizado donde se aloja el modelo 3D de la línea, el cual genera alertas tempranas ante anomalías de conteo o desalineaciones en la cinta.

4.3. Estimación de costos proyectados

Nota aclaratoria: Todos los valores presentados en esta estimación se expresan en Dólares Estadounidenses (USD), considerando que es la divisa estándar utilizada en la industria y en los estudios de referencia citados.

- Rango Estimado del Proyecto: \$45.000 a \$100.000 USD (Correspondiente a la implementación de un piloto de activo único enfocado en la sección de conteo, según los análisis de mercado de Azilen Technologies, 2026 y Dynamisch, 2026).
- Principales Componentes del Costo (Drivers de Inversión):
 - Hardware e IIoT: Sensores ópticos y fotoeléctricos láser de alta velocidad, junto con su instalación física y cableado industrial en la cinta transportadora.
 - Procesamiento Edge: Módulos de cómputo local (PLC / Gateways Edge) para el procesamiento instantáneo del conteo de botellas sin latencia de red.

- Software y Modelo 3D: Motor de simulación para la réplica virtual, desarrollo del panel de control (dashboard) y configuración de alertas preventivas.
- Integración Operativa: Acoplamiento e interconexión con los controladores y sistemas de control industrial existentes en la embotelladora.
- Servicios y Hosting: Licenciamiento anual de la plataforma en la nube, almacenamiento seguro de datos y soporte técnico operativo.

5. Discusión

El análisis de costo-beneficio confirma que la inversión proyectada (\$45.000-\$100.000 USD) representa un esquema de bajo riesgo y alta rentabilidad. En el sector de Alimentos y Bebidas, el costo de inactividad por paradas no programadas oscila entre \$30.000 y \$50.000 USD por hora debido a la pérdida de volumen, mano de obra ociosa y mantenimiento correctivo (ReliaMag, 2026). En consecuencia, la implementación se amortiza por completo al evitar apenas 1,5 a 3 horas de detención acumulada al año.

La estrategia de iniciar con un piloto acotado a la estación de conteo y monitoreo de motores ofrece tres ventajas críticas:

- Mitigación de riesgos operativos: Una eventual falla durante la puesta a punto interrumpe únicamente un activo individual y no la línea completa de embotellado.
- Gestión del cambio cultural: Facilita la adaptación progresiva del personal operativo a la gestión predictiva mediante IoT.
- Validación de valor: Genera retornos comprobables a pequeña escala antes de escalar la inversión al resto de la planta.

En materia de ciberseguridad, los riesgos asociados a la conectividad industrial se resuelven mediante el aislamiento de la red operativa (OT). La implementación de procesamiento Edge permite filtrar la información en origen, garantizando que hacia la nube o servidores centralizados solo se transmitan señales telemáticas estrictamente necesarias (temperatura, vibración y conteo óptico). Este esquema bloquea el ingreso de comandos no autorizados que puedan comprometer los sistemas físicos de envasado.

Desde la perspectiva de modelo de negocio, la propuesta valida un esquema altamente escalable. Al abordar una dolencia crítica de la industria, el alto costo del mantenimiento reactivo, el proyecto demuestra cómo la automatización inteligente transforma gastos de emergencia en eficiencia operativa medible y replicable.

Finalmente, en el marco de la Ciencia Generativa (Alarcón, 2026), el desarrollo de esta propuesta evidenció la eficacia de la colaboración simbiótica entre el estudiante y la Inteligencia Artificial. El estudiante ejerció el liderazgo metodológico, la conceptualización del problema y la validación crítica de los datos financieros, mientras que la IA actuó como un copiloto técnico enfocado en la búsqueda de referencias, estructuración de arquitectura y formulación de cálculos de retorno.

6. Conclusiones

Optimización Operativa y Calidad: La transición de un mantenimiento reactivo a un modelo predictivo mediante IIoT y Gemelos Digitales elimina los tiempos muertos en la línea de transporte, optimizando el uso de insumos y protegiendo la calidad final del producto al evitar fallas que comprometan el proceso de envasado.

Viabilidad Económica frente al Riesgo: El rango de inversión del piloto (\$45.000-\$100.000 USD) resguarda la rentabilidad del negocio; la inacción representa un riesgo financiero elevado, donde el acumulado de pocas horas de parada no programada supera con creces el costo de implementar la solución tecnológica.

Eficiencia Metodológica y Co-creación: La integración de la Inteligencia Artificial redujo significativamente los tiempos de estructuración, redacción y gestión de citas bibliográficas, validando el marco de la Ciencia Generativa donde la tecnología actúa como un acelerador operativo mientras el estudiante mantiene el control conceptual, el diseño metodológico y la verificación crítica de las fuentes.

8. Licencia

Este trabajo se disponibiliza a través de licencia CC 4.0

Licencia: Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) - <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Bibliografía

Alarcón, C. (2026). Generative Science as an analytical framework for integrating the full capabilities of generative artificial intelligence into scientific research while preserving scientific recognition.

<https://arxiv.org/abs/2605.19055>, 2605.19055673.

Azilen Technologies. (2026, 13 de mayo). Digital Twin Cost Guide 2026: Pricing & Industry Breakdown.

<https://www.azilen.com/blog/digital-twin-cost/>

ReliaMag. (2026). The Real Cost of Unplanned Downtime in Manufacturing. ReliaMag Insights.

<https://reliamag.com/articles/cost-unplanned-downtime-manufacturing/>

Dynamisch. (2026, 26 de junio). What Is a Digital Twin? Cost & Implementation Guide. Dynamisch

<https://dynamisch.co/insights/blogs/what-is-a-digital-twin-and-cost-implementation>