

Implementación de un Sistema Automatizado para el Manejo de Tubs en la Máquina Óptima de Esketamina para Realizar Inspección Visual y Lectura de Altura de Tapón

Oneida Pérez Perez

Maestría en Manufactura Competitiva

Mentor: Rafael Nieves Castro, PharmD.

Universidad Politécnica de Puerto Rico

Graduate Project Expo, Mayo 2025

Resumen - La implementación de un sistema automatizado para la gestión de los tubs en la máquina nombrada Óptima para la producción del medicamento Spravato busca mejorar la eficiencia y precisión en la producción para poder lograr con eficiencia la inspección visual y la medición de altura del tapón. El conteo manual de tubs introduce errores y aumenta el tiempo de procesamiento, por lo que este sistema garantizará una mayor consistencia y trazabilidad mediante un sistema de sensores y alarmas visuales y sonoras.

Palabras claves - Automatización, Esketamina, IPC Counter, Máquina Óptima.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso de manufactura de Esketamina, específicamente en la inspección visual y la medición de la altura del tapón de los tubs procesados por la máquina Óptima, se depende actualmente de procedimientos manuales para el conteo y manejo de los lotes. Este enfoque genera varias dificultades: incremento en el riesgo de errores humanos durante el conteo, tiempos de inspección prolongados, inconsistencias en la documentación del proceso y potenciales afectaciones en la calidad del producto final. Además, la falta de un sistema automatizado limita la capacidad de monitorear y actuar de manera proactiva en actividades críticas como la limpieza periódica de las agujas, aumentando el riesgo de contaminación por residuos o partículas. Dado el rigor requerido en la industria farmacéutica en cuanto a la calidad y consistencia de los productos, es indispensable mejorar la precisión, la eficiencia y la trazabilidad de estos procesos. Por ello, se plantea la necesidad de implementar un sistema automatizado que permita optimizar el conteo de los tubs, alertar sobre eventos críticos y reducir la

intervención manual, fortaleciendo así el control de calidad y la eficiencia operativa de la planta.

DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se centra en el diseño, implementación e integración de un sistema automatizado para el manejo de tubs en la máquina Óptima utilizada en la producción de Esketamina. El proyecto contempla el uso de un contador industrial (IPC Counter de Allen-Bradley) en conjunto con sensores de conteo, semáforos industriales de múltiples colores y alarmas audibles. Estos dispositivos permiten monitorear en tiempo real el avance del conteo de los tubs, generando alertas automáticas al alcanzar determinados umbrales operativos: cada 6 tubs para la medición de altura de tapón, cada 12 tubs para la inspección visual, y cada 75 tubs para la limpieza manual de las agujas de la máquina. El sistema fue diseñado para integrarse de manera fluida con los procedimientos ya existentes en la máquina Óptima, respetando las buenas prácticas de manufactura (GMP) y minimizando la necesidad de modificaciones estructurales costosas. Esta investigación incluyó fases de análisis de requerimientos, selección de componentes, diseño del esquema de integración, validación funcional del sistema, y monitoreo de su desempeño en ambiente real de producción.

OBJETIVOS

Desarrollar e implementar un sistema automatizado para el manejo de tubs en la máquina Óptima, eliminando el conteo manual y mejorando la precisión en la inspección visual y medición de altura del tapón y que llegue a la mesa el tubs

acorde y requerido para ello según los procedimientos.

Como objetivos específicos de esta investigación tenemos:

- Diseñar un sistema de conteo basado en sensores y alarmas.
- Reducir la intervención manual y minimizar los errores humanos.
- Mejorar la trazabilidad de los datos y el cumplimiento normativo.
- Integrar el sistema con la máquina Óptima para optimizar el flujo de trabajo.

CONTRIBUCIONES A LA INVESTIGACIÓN

Automatización del Proceso de Conteo: La automatización del conteo de *tubs* mediante el IPC Counter permitió eliminar la necesidad del conteo manual, reduciendo las cargas de trabajo repetitivas y el margen de error humano. Esto asegura una mayor confiabilidad en los datos de producción y libera recursos humanos para tareas de mayor valor añadido, como el análisis de datos de inspección.

Mejora en la Eficiencia Operativa: El tiempo destinado a inspecciones visuales y mediciones de altura de tapón se optimizó al contar con un sistema que notifica en tiempo real cuándo realizar cada inspección. Esta disminución en los tiempos muertos y en las pausas no programadas mejora el flujo general de la línea de producción, aumentando la cantidad de lotes procesados por turno.

Incremento en la Precisión y Trazabilidad: El nuevo sistema proporciona un registro electrónico preciso de cada ciclo de inspección, facilitando auditorías internas y externas. Además, permite rastrear la frecuencia y los resultados de las actividades de mantenimiento (como la limpieza de agujas), fortaleciendo la trazabilidad de los lotes conforme a los requisitos de calidad farmacéutica.

Optimización del Mantenimiento Preventivo: Gracias a las alertas programadas para la limpieza de agujas, se evita la acumulación de residuos que puedan comprometer la calidad del producto. Esto

reduce la posibilidad de generación de partículas y garantiza un proceso más limpio, elevando los estándares de higiene en la operación.

Modelo para Futuras Implementaciones de Automatización: Este proyecto establece una base sólida para replicar sistemas similares en otros procesos de inspección o conteo dentro del sector farmacéutico. Proporciona un caso de éxito documentado que puede servir como referencia para iniciativas de mejora continua o digitalización de operaciones en ambientes regulados.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La industria farmacéutica exige altos niveles de precisión, eficiencia y control de calidad en cada etapa de la producción. Particularmente en el manejo de materiales como los *tubs* de micro viales utilizados en la producción de Esketamina, los procesos manuales tradicionales han mostrado limitaciones en cuanto a eficiencia operativa, trazabilidad y reducción de riesgos de contaminación. La inspección visual de los viales y la medición precisa de la altura del tapón son procedimientos críticos que impactan directamente la calidad del producto final y, por ende, la seguridad del paciente.

Diversos estudios han documentado la importancia de automatizar procesos repetitivos y propensos a errores en entornos regulados como el farmacéutico. De acuerdo con Karami et al. (2021), la automatización en manufactura farmacéutica contribuye significativamente a la reducción de errores humanos, mejora la trazabilidad de las operaciones y facilita el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (GMP). Asimismo, Smith y Brown (2023) destacan que los sistemas de inspección automatizada no solo incrementan la eficiencia, sino que también permiten una reacción más rápida ante desviaciones o fallos en el proceso productivo [1].

En este contexto, la implementación de sistemas de conteo automatizado, como los basados en contadores industriales programables (IPC Counters) y sensores ópticos, ha demostrado ser

una estrategia efectiva para optimizar procesos en plantas farmacéuticas. La inclusión de alarmas sonoras y semáforos industriales como elementos de advertencia visual y audible ha sido validada en investigaciones anteriores como una práctica recomendada para garantizar la rápida respuesta del operador ante eventos críticos [2].

En la máquina Óptima de Esketamina, utilizada para la inspección visual y la medición de altura del tapón de viales, no se contaba previamente con un sistema automatizado que alertara a los operadores de manera precisa sobre los puntos de control de inspección y limpieza. Esto representaba un riesgo tanto para la calidad del producto como para la eficiencia del proceso. Por ello, surgió la necesidad de diseñar e implementar una solución específica que integrara el conteo automatizado de *tubs*, la generación de alarmas visuales y auditivas, y la documentación en tiempo real de las inspecciones realizadas [3].

El presente trabajo de investigación responde a esa necesidad, apoyándose en prácticas ya reconocidas en la literatura especializada y en tecnologías industrialmente probadas, adaptadas al entorno y a los requerimientos específicos del proceso de inspección en la máquina Óptima.

METODOLOGÍA

La presente sección describe el enfoque metodológico adoptado para llevar a cabo el desarrollo del sistema automatizado.

Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca implementar una solución tecnológica para optimizar un proceso productivo específico en la industria farmacéutica. Asimismo, adopta un enfoque cuantitativo, dado que se emplearán datos objetivos y medibles para evaluar el desempeño del sistema automatizado propuesto.

El diseño de la investigación es experimental, ya que se llevará a cabo la implementación y prueba de un sistema automatizado para el manejo de *tubs* y la medición de la altura del tapón en la

máquina Óptima de Esketamina, con el propósito de analizar su efectividad en condiciones controladas.

El método utilizado en esta investigación es el experimental-proyectivo, el cual permite diseñar, desarrollar e implementar un sistema automatizado adaptado al proceso en estudio. Este método incluye la identificación del problema, el análisis de los requerimientos, el diseño de la solución, la implementación y la validación de los resultados obtenidos [4].

La población objeto de estudio está conformada por los *tubs* de Esketamina procesados en la línea de inspección de la planta farmacéutica donde se desarrollará la investigación. La muestra estará compuesta por un conjunto representativo de *tubs* procesados durante un período de tiempo determinado, seleccionados de forma aleatoria para evaluar el desempeño del sistema automatizado.

El proyecto se desarrollará en varias fases, incluyendo el diseño del sistema, la selección de hardware y software, la integración con la máquina Óptima y la validación del sistema.

Se utilizaron recursos necesarios tales como:

Hardware: Sensores, sistema de alarmas, IPC Counter. Software: Sistema de integración y monitoreo. Recursos humanos: Ingenieros de automatización, operarios. Presupuesto o Estimación de costos de implementación.

Se espera mejorar la eficiencia y precisión en la manipulación de los *tubs*, reducir la carga de trabajo manual, disminuir los tiempos de ciclo y garantizar el cumplimiento de los procedimientos operacionales.

Este proyecto representa un paso clave en la modernización del proceso de inspección de esketamina, alineándose con los principios de la Industria 4.0 y garantizando un entorno de producción más eficiente y seguro.

Para la recolección de datos se emplearán las siguientes técnicas e instrumentos:

- Observación directa.
- Registro fotográfico y de video.
- Medición de tiempos y errores.
- Software de adquisición de datos.

El desarrollo de la investigación seguirá las siguientes etapas:

1. Análisis del proceso actual.
2. Determinación de requerimientos técnicos.
3. Diseño del sistema.
4. Implementación.
5. Pruebas y validación.
6. Análisis de resultados.

Para la ejecución de la investigación se contará con los siguientes recursos:

- Recursos humanos: Personal técnico y operario de la planta farmacéutica, así como especialistas en automatización y control.
- Recursos materiales: Sensores ópticos, cámaras de visión artificial, actuadores, PLC, sistema SCADA, computadora industrial, cableado y accesorios.
- Recursos financieros: Presupuesto asignado para la adquisición de equipos y materiales necesarios para la implementación del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El IPC Counter de Allen-Bradley es un dispositivo de control industrial que permite llevar un registro preciso del conteo de objetos —en este caso, tubs— de manera automática. Este equipo cuenta con:

- Contador digital programable de alta precisión.
- Interfaz amigable para los operadores, permitiendo visualizar el conteo en tiempo real.
- Compatibilidad con sistemas de señales luminosas y alarmas sonoras.
- Capacidad de integración con sensores de entrada y semáforos industriales.
- Alta resistencia para ambientes industriales exigentes.

Este dispositivo fue programado para optimizar el flujo de trabajo en el área de inspección y medición de altura del tapón de esketamina.

Diseño del Sistema del IPC Counter de Allen-Bradley

El diseño del sistema utilizando el IPC Counter de Allen-Bradley se basó en varios pasos estratégicos para lograr una solución eficiente, confiable y adaptada a las necesidades de la máquina Óptima durante la inspección visual y medición de altura de tapón. Este proceso de diseño se puede describir en las siguientes fases:

1. Definición de Requerimientos del Proceso

Primero, se identificaron las necesidades específicas:

- Conteo automático de tubs durante el proceso de inspección.
- Activación de alarmas y luces a ciertos umbrales de conteo (por ejemplo, 6, 12 y 75 tubs).
- Reducción del error humano en el conteo manual.
- Integración segura con la máquina Óptima y los operadores.
- Robustez para soportar el ambiente industrial.
- Selección del Hardware y Componentes

Basándose en los requerimientos, se seleccionaron los siguientes elementos:

- IPC Counter de Allen-Bradley como unidad principal de conteo.
- Sensores fotoeléctricos para detectar el paso de los tubs.
- Torre de señalización luminosa (semáforo industrial) con luces de colores (azul, amarillo, blanco).
- Alarmas audibles para avisos de eventos importantes.
- Fuente de alimentación industrial de 24V DC.
- Configuración del Sistema

Se programó el IPC Counter para:

- Registrar un conteo por cada tub detectado por el sensor.
- Activar alarmas y luces al alcanzar ciertos conteos:

- **6 tubs:** encender luz azul + alarma.
- **12 tubs:** encender luz amarilla + alarma.
- **75 tubs:** encender luz blanca + alarma (indicativo de limpieza manual de agujas).
- Permitir reseteo manual del conteo después de completar cada lote o limpieza.
- Integración con la Máquina Óptima

Se diseñó un panel de control adyacente a la máquina, donde:

- Se instalaron las torres de luces y el IPC Counter.
- Se conectaron los sensores de entrada (detectores de tubs) al IPC.
- Se verificó que la operación del IPC no interfiriera con la programación de la máquina principal.

Validación y Pruebas del Sistema

Antes de la implementación completa:

- Se hicieron pruebas de simulación para asegurar que el sistema contara correctamente y activara las alarmas/luces en los conteos esperados.
- Se realizaron ajustes de sensibilidad en los sensores. Se validó la respuesta del semáforo y la sincronización con los eventos.

Capacitación y Procedimientos de Operación

Finalmente, se elaboraron manuales de operación para los operadores. Se ofrecieron capacitaciones prácticas para el correcto uso y entendimiento del sistema. Y, se establecieron protocolos de mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento continuo.

Procedimiento con el Sistema de Semáforo y Alarmas

La operación del sistema automatizado fue diseñada con un semáforo industrial de tres colores y una alarma audible. El funcionamiento es el siguiente:

- 6 tubs: Se activa una alarma audible, se enciende la luz azul en el semáforo.

- 12 tubs: Se activa nuevamente la alarma audible, se enciende la luz amarilla
- 75 tubs: Se activa una alarma audible, se enciende la luz blanca indicando que es necesaria la limpieza manual de las agujas.

Posteriormente, el operador traslada los tubs al área de medición de altura del tapón y realización de inspección visual.

A continuación, tenemos 4 figuras para su mejor visualización:



Figura 1

Salida de los Tubs Después del Conteo

Esta imagen muestra la estación de eyección ("Eject Station"). Aquí es donde los tubs (bandejas) son descargados después de pasar por el proceso de conteo y verificación. El rótulo rojo indica "PUNTO CRÍTICO", porque es un área sensible del proceso, donde cualquier error puede afectar la calidad del producto. Esta rampa metálica guía los tubs hacia su salida de la máquina de manera controlada después de ser contados. Esta salida está directamente conectada al sistema IPC Counter que asegura que los tubs que llegan aquí han cumplido con los criterios.



Figura 2

IPC Counter Reseteado

Aquí vemos el monitor pequeño de Allen-Bradley donde aparece el conteo reseteado a cero (0). Se observan tres parámetros principales:

- Stopper Height Measure: Conteo de inspección de altura de tapón.
- IPC Visual Inspection: Conteo de inspección visual de defectos.
- Needle IPA Clean: Conteo para activar la limpieza de agujas con alcohol isopropílico (IPA). Este display sirve para que el operador controle el proceso, reinicie el conteo al inicio de un nuevo lote y monitoree los eventos de inspección o limpieza.

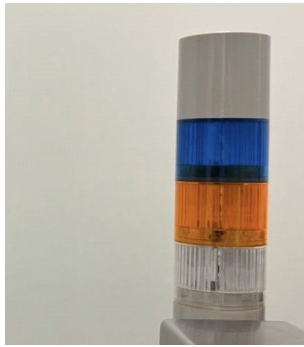


Figura 3
Semáforo con Alarma Audible

Esta imagen muestra el sistema de señalización luminosa sobre el monitor principal de la máquina Óptima. El semáforo es acompañado por una alarma audible que suena cuando se alcanzan los conteos de tubs.

Los colores de luz y sus significados son:

- Azul: Aviso de evento leve (6 tubs).
- Amarillo: Advertencia (por ejemplo, 12 tubs).
- Blanco: Evento de mantenimiento (limpieza de agujas a los 75 tubs).

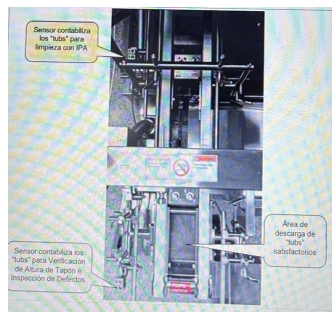


Figura 4
Localización de los Sensores

En esta figura vemos una imagen anotada que describe la ubicación de los sensores de conteo:

- Sensor 1 (parte superior): Contabiliza los tubs para programar la limpieza de agujas con IPA después de cierto número (75 tubs).
- Sensor 2 (parte inferior): Contabiliza los tubs para los procesos de:
 - Verificación de altura del tapón.
 - Inspección visual de defectos.

Además, se muestra el área donde se descargan los tubs satisfactorios, es decir, aquellos que pasan todas las inspecciones.

Discutiremos en esta sección de forma detallada los siguientes análisis:

Tiempo de Manejo

En esta sección se presenta el análisis detallado del tiempo promedio de manejo de tubs por lote, comparando el método manual utilizado en 2024 contra el método automatizado implementado en 2025.

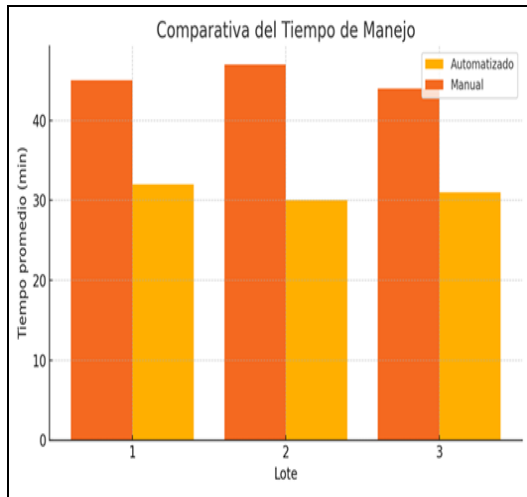
Análisis por Lote

- Lote 1: Reducción de 45 min a 32 min. Mejora de 13 minutos (29%).
- Lote 2: Reducción de 47 min a 30 min. Mejora de 17 minutos (36%).
- Lote 3: Reducción de 44 min a 31 min. Mejora de 13 minutos (30%).

El Lote 2 mostró la mayor mejora relativa en tiempo de manejo (36%), indicando que la automatización fue más impactante en este grupo específico. Los Lotes 1 y 3 tuvieron mejoras similares, alrededor del 29-30%.

Tabla 1
Tiempo de Manejo por Lote

Año	Lote	Método	Tiempo promedio (min)
2024	1	Manual	45
2024	2	Manual	47
2024	3	Manual	44
2025	1	Automatizado	32
2025	2	Automatizado	30
2025	3	Automatizado	31



Gráfica 1
Comparativa de Tiempo de Manejo entre Métodos Manual y Automatizado

Esta gráfica representa el tiempo promedio que tardan los operadores en manejar los tubs en cada lote antes y después de implementar el IPC Counter. Antes de usar el IPC Counter, el tiempo de manejo era mayor, porque el conteo y transporte se hacían de forma manual, después de implementar el IPC Counter, el tiempo disminuye notablemente, ya que el sistema automatizado agiliza el proceso. Gracias al sistema automatizado, los operadores se enfocan más en la inspección y medición, y pierden menos tiempo contando o transportando tubs. Esto significa mayor productividad en la línea.

Errores Detectados

A continuación, se detallan los errores detectados en el proceso de manejo de tubs por lote.

Tabla 2
Errores Detectados por Lote

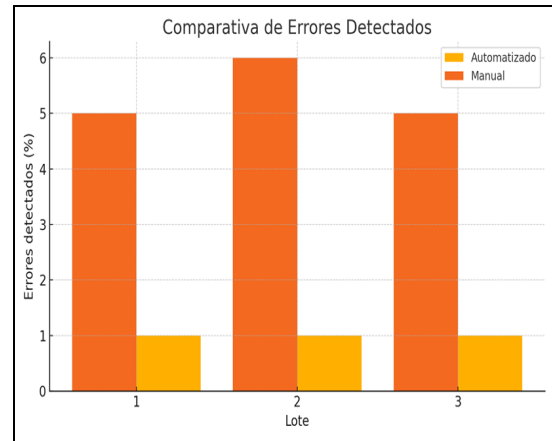
Año	Lote	Método	Errores detectados (%)
2024	1	Manual	5
2024	2	Manual	6
2024	3	Manual	5
2025	1	Automatizado	1
2025	2	Automatizado	1
2025	3	Automatizado	1

Análisis por Lote

- Lote 1: Disminución de 5% a 1%.
- Lote 2: Disminución de 6% a 1%.

- Lote 3: Disminución de 5% a 1%.

El Lote 2 presentó inicialmente un porcentaje de errores más alto (6%), por lo que la reducción a 1% representa una mejora aún más significativa en comparación con los demás lotes. Todos los lotes alcanzaron finalmente un error mínimo del 1%.



Gráfica 2
Errores Detectados

Esta gráfica refleja la cantidad de errores detectados (como conteos incorrectos o mezclas de tubs) antes y después de la automatización.

Antes del IPC Counter, había una cantidad alta de errores, principalmente por errores humanos. Después de usar el IPC Counter, los errores bajaron drásticamente, casi eliminándose en algunos lotes. El sistema automático estandariza el conteo y minimiza la intervención humana, reduciendo así los errores en el flujo de inspección y medición.

Paradas No Programadas

Finalmente, se muestra el análisis de las paradas no programadas en el manejo de tubs por lote.

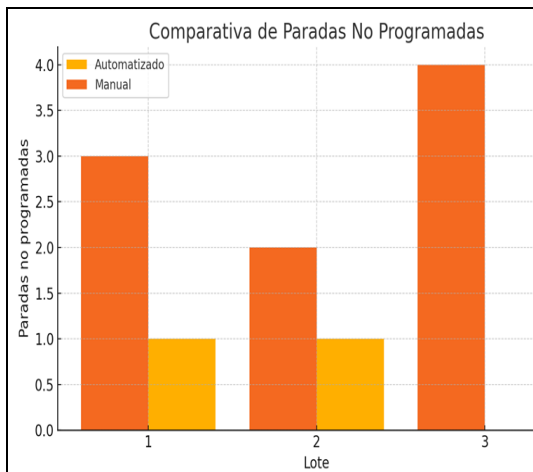
Tabla 3
Paradas No Programadas por Lote

Año	Lote	Método	Paradas no programadas
2024	1	Manual	3
2024	2	Manual	2
2024	3	Manual	4
2025	1	Automatizado	1
2025	2	Automatizado	1
2025	3	Automatizado	0

Análisis por Lote

- Lote 1: Reducción de 3 a 1 parada.
- Lote 2: Reducción de 2 a 1 parada.
- Lote 3: Reducción de 4 paradas a 0 paradas.

El Lote 3 fue el más beneficiado con la automatización en cuanto a paradas no programadas, logrando eliminarlas completamente. Los Lotes 1 y 2 también mejoraron, aunque mantuvieron 1 parada cada uno.



Gráfica 3

Comparativa de Paradas No Programadas entre Métodos Manual y Automatizado

Esta gráfica presenta las paradas programadas para limpieza de agujas (cada 75 tubs), comparando la frecuencia de paradas antes y después del sistema.

Antes de la implementación, las paradas para limpieza eran inconsistentes o a veces olvidadas, lo que causaba contaminación en los micro viales.

Después del IPC Counter, las paradas son más organizadas y exactas cada 75 tubs, gracias a las alarmas audibles y visuales automáticas.

Mejorar el control de las paradas programadas ayuda a mantener la calidad del producto (sin partículas) y a evitar tiempos muertos no planificados por fallas de limpieza.

DISCUSIÓN

Se compararon 3 lotes procesados manualmente en 2024 contra 3 lotes procesados automáticamente en 2025 usando el IPC Counter.

- Tiempo promedio de manejo: cuánto tardaban los operadores en mover y controlar los tubs.
 - Errores detectados: porcentaje de errores en el conteo o manejo de tubs.
 - Paradas no programadas: interrupciones inesperadas en la operación.
 - Tiempo: Con el sistema manual, cada lote tomaba entre 44 y 47 minutos. Con el sistema automatizado, bajó a 30-32 minutos. Es decir, se ahorraron entre 13 y 17 minutos por lote, un 35% menos de tiempo.
 - Errores: Antes, los errores estaban entre 5% y 6%. Después, se redujeron a solo 1% con el IPC Counter. Disminuyendo los eventos y las investigaciones en esta parte del proceso. Mejoró mucho la precisión.
 - Paradas no programadas: De 2 a 4 paradas en manual a 0-1 parada con automatización. Debido a la inseguridad y la pérdida en el conteo manual, se realizaban estas paradas para poder confirmar con seguridad si era el tub correcto que se había elegido cuando se realizaba de forma manual. El proceso se volvió mucho más fluido y continuo.
- En resumen:
- Se trabaja más rápido.
 - Hay menos errores.
 - Hay menos interrupciones.
 - El operador ahora recibe señales claras (luces y audición).

CONCLUSIONES

Se logró una reducción significativa en el tiempo de manejo de los tubs durante la inspección visual y la medición de altura del tapón, lo que evidencia una optimización del proceso y un aumento en la productividad.

La implementación del IPC Counter disminuyó considerablemente los errores de conteo manual, mejorando la precisión del proceso y reduciendo fallas humanas que impactaban la calidad del flujo de trabajo.

El establecimiento de paradas programadas automáticas para la limpieza de agujas garantizó la

disminución de contaminación en los micro viales, fortaleciendo así los estándares de calidad y cumplimiento regulatorio.

La automatización del conteo y la señalización visual/audible permitió una mejor organización de los operadores, disminuyendo tiempos muertos y mejorando el enfoque en las actividades de inspección y medición [5].

Limitaciones

El sistema automatizado depende de la calibración y correcto funcionamiento de los sensores; cualquier desajuste podría afectar la precisión en el conteo y las paradas programadas.

Se detectó que, aunque los errores disminuyeron notablemente, en condiciones de alta velocidad o cambios abruptos en el flujo de producción, pueden ocurrir discrepancias menores que requieren ajustes en el sistema de alarmas.

La integración inicial del IPC Counter demandó capacitación adicional para los operadores, lo cual representó un reto temporal para la transición del sistema manual al automatizado.

Resumen de Contribuciones e Investigaciones

Futuras

Esta investigación contribuyó directamente al desarrollo de un sistema automatizado fiable y eficiente para el manejo de tubos en la máquina Óptima de Esketamina, alineado con las buenas prácticas de manufactura farmacéutica.

Se evidenció que un sistema sencillo de conteo automático y alarmas programadas puede tener un impacto significativo en la reducción de errores, tiempos de proceso y problemas de calidad en ambientes de producción sensibles.

Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar la integración de sistemas de inteligencia artificial que permitan el ajuste automático de conteos y paradas basado en el comportamiento en tiempo real de la línea de producción, así como explorar la implementación de sensores de segunda generación para aumentar aún más la precisión del proceso.

REFERENCIAS

- [1] P. K. Cajamarca Palma, "Automatización de un proceso ETL para la industria farmacéutica y su integración con modelos predictivos en Power BI," Universidad Politécnica Salesiana, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream>.
- [2] F. Suárez-Concepción, R. Piñero Aguilar y A. S. Prieto-Moreno, "Metodología para la automatización de procesos tecnológicos en la industria farmacéutica cubana," *Ingeniería Industrial*, vol. XLIII, no. 1, pp. 1–14, ene.-mar. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication>.
- [3] INTRAVIS. (s. f.). *Inspección visual de productos farmacéuticos y médicos* [En línea]. Disponible en: <https://www.intravis.com/es/industrias/farmacia-medica>.
- [4] P. Lemay. (2023, Nov. 07). *Inspección visual automatizada: Consejos para agilizar la calidad* [En línea]. Disponible en: <https://tulip.co/es/blog/automated-visual-inspection>.
- [5] A. Rodríguez Guerra, C. Villafuerte Garzón y M. B. Ríos Quiñónez, "Revisión de literatura de la industria farmacéutica: Establecimientos tipo 'Drugstore' en el Ecuador," en *Res Non Verba*, vol. 13, no. 2, pp. 75–90, oct. 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/375483151_Revisión_de_literatura_de_la_industria_farmacéutica_Establecimientos_tipo_Drugstore_en_el_Ecuador_Literature_review_of_the_pharmaceutical_industry_Drugstore_establishments_in_Ecuador.