

INIA-FPTA 443: INFORME

ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA TRAZABILIDAD EN MOLINOS ARROCEROS EN URUGUAY

Fabián Dávila¹, José Ignacio Rodríguez², Nicolás Giménez³, Gustavo Barboza Martignone³.

¹ Gis 514; davila.cuevas@gmail.com

² Tenet; joseignacio@tenet-hub.com

³ AI Deep Economics; ngimenez@aideepeconomics.com

* Correspondencia a gbarboza@aideepeconomics.com

Fecha:

V1 27/06/2025

V2 23/12/2025 Revisado Actualizado G.B.M

Resumen Ejecutivo: La presente investigación se basó en entrevistas estructuradas con representantes de los principales molinos arroceros del país, abarcando empresas que procesan más del 70% de la producción nacional. Por motivos de confidencialidad empresarial y protección de información comercial sensible, los datos y hallazgos se presentan de forma agregada y anonimizada, sin identificar empresas específicas ni atribuir características particulares a operadores individuales.

El estudio identifica patrones comunes en la implementación de sistemas de trazabilidad, desafíos técnicos recurrentes y oportunidades de mejora sectorial. Las empresas evaluadas gestionan operaciones de escala significativa, con superficies que van desde cientos hasta miles de hectáreas, volúmenes de procesamiento que requieren logística compleja y procesos industriales sofisticados que incluyen múltiples etapas de transformación.

Los hallazgos principales revelan que todas las empresas han implementado algún nivel de trazabilidad, principalmente impulsado por requisitos de certificaciones internacionales como HACCP, SRP y Global GAP. Sin embargo, existen brechas críticas en la

digitalización completa de procesos y la integración de sistemas que limitan la capacidad sectorial para generar trazabilidad granular y automatizada. Las oportunidades de mejora se concentran en la automatización de registros manuales, integración de sistemas heterogéneos y optimización de flujos de información críticos para la trazabilidad end-to-end.

1. Introducción

El sector arrocero uruguayo experimenta una transformación significativa impulsada por múltiples factores regulatorios y de mercado que están redefiniendo los estándares de trazabilidad. Este estudio analiza el estado actual de los sistemas de trazabilidad en los principales molinos arroceros del país, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora sectorial.

La investigación se realizó mediante entrevistas estructuradas con representantes de empresas que gestionan operaciones de escala considerable, con superficies que oscilan entre cientos y miles de hectáreas, volúmenes de procesamiento que demandan una logística compleja y procesos industriales sofisticados que incluyen múltiples etapas de transformación.

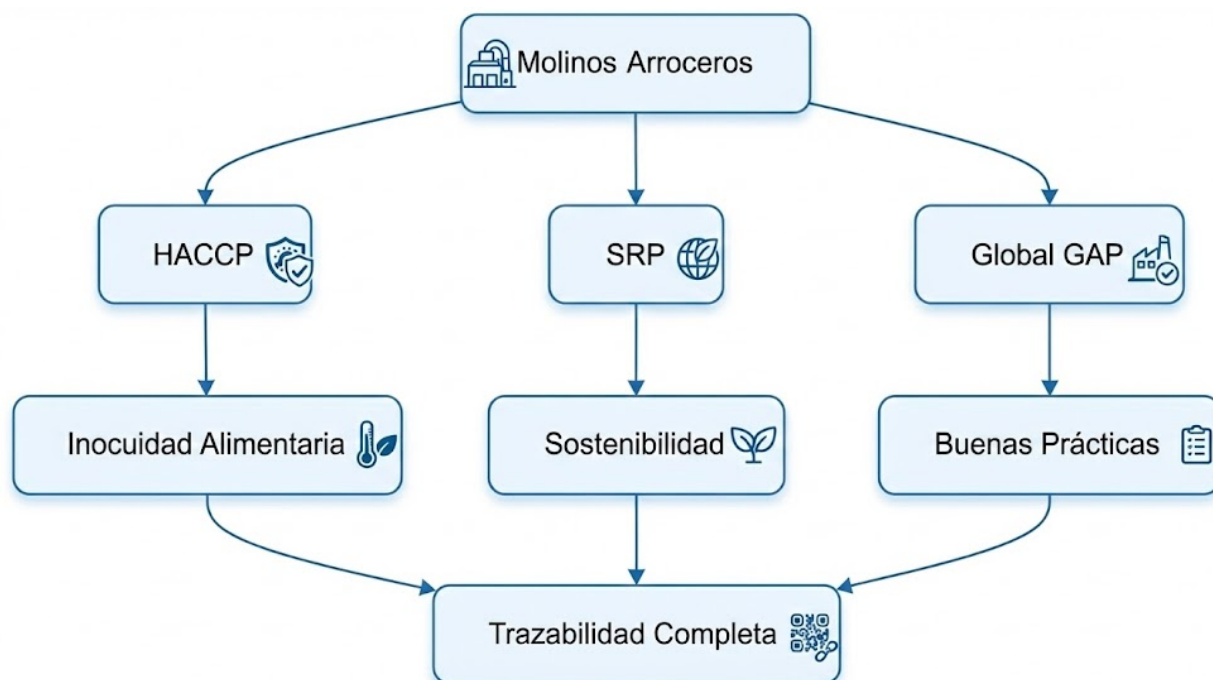
2. Marco Regulatorio y Contexto Sectorial

2.1. Panorama de Certificaciones Internacionales

Las certificaciones internacionales constituyen el principal impulsor de la implementación de sistemas de trazabilidad en el sector. La certificación HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) ha sido obtenida por varias empresas a través de organismos como LSQA, con un enfoque primordial en la inocuidad alimentaria que subraya la importancia de conocer la historia completa de la parcela y el manejo de la materia prima desde su origen.

La certificación SRP (Plataforma de Arroz Sostenible) ha sido implementada por algunas empresas con el apoyo de sus principales clientes, lo que indica una cadena de valor comprometida con la sostenibilidad. Adicionalmente, varias empresas trabajan activamente para obtener la certificación Global GAP, con personal dedicado liderando estos esfuerzos de implementación.

Figura 1: Sistemas de Certificación y Regulaciones, y su Posible Integración Futura



2.2. Principios Operativos Fundamentales

Todas las empresas mantienen un principio fundamental que facilita la trazabilidad: aunque por razones de acopio se mezclan productores y zonas geográficas, nunca se mezclan variedades de arroz. Esta práctica mantiene la integridad del producto final y simplifica significativamente los procesos de rastreabilidad.

2.3. Motivaciones Estratégicas del Sector

Las empresas buscan obtener indicadores específicos de diferentes parcelas y productores con el objetivo de optimizar los procesos industriales. La comunicación eficaz con los productores y la capacidad de prever la calidad del grano que llega son consideradas cruciales, ya que cuando se detecta un problema en el laboratorio, frecuentemente el producto ya ha ingresado al proceso de producción.

Existe un creciente interés en la medición y gestión de la huella de carbono, impulsado tanto por demandas de mercados internacionales como por iniciativas de sostenibilidad corporativa. Las empresas reconocen que el mayor desafío no es tecnológico, sino cultural, aunque destacan que muchas de las prácticas necesarias, especialmente a nivel de parcela, ya se realizaban de forma informal.

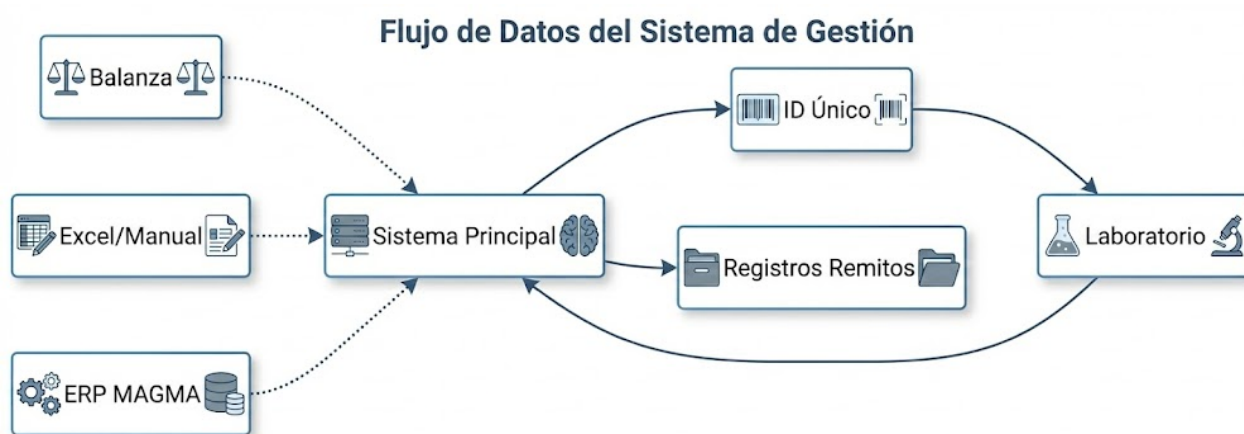
3. Análisis de Sistemas Tecnológicos Actuales

3.1. Arquitectura de Sistemas Existentes

Varias empresas han optado por desarrollar sistemas propios, típicamente en colaboración con desarrolladores locales. Estos sistemas tienen costos de mantenimiento periódicos y su funcionalidad principal se centra en el manejo de información del grano y su rendimiento. Los sistemas generan identificadores únicos que permiten rastrear todos los viajes provenientes de un potrero específico, se integran con balanzas para registrar el peso y su vinculación con el potrero de origen, y se conectan con laboratorios donde los resultados de análisis se integran mediante el identificador único del sistema.

La Figura 2 representa la arquitectura típica de los sistemas encontrados en las empresas evaluadas. El sistema principal genera identificadores únicos que permiten la vinculación con laboratorio y registros de remitos. Sin embargo, las líneas punteadas indican puntos de desconexión críticos: la falta de integración automática con balanzas, la persistencia de registros manuales en Excel, y la coexistencia con sistemas ERP como MAGMA que aún no están completamente integrados.

Figura 2: Arquitectura de Sistemas Tecnológicos Actuales



Algunas empresas evalúan la transición hacia sistemas ERP comerciales, creando un escenario de coexistencia entre sistemas heredados y nuevas plataformas. Esta posible transición presenta desafíos específicos en migración de datos, integración de procesos y capacitación de personal.

3.2 Fortalezas Tecnológicas Identificadas

Las fortalezas comunes incluyen el registro digital de remitos, donde todas las empresas han implementado algún nivel de digitalización que permite la vinculación entre el origen

del grano y su ingreso a planta. Los análisis de laboratorio se digitalizan y se vinculan con los lotes correspondientes mediante identificadores únicos. El personal operativo posee un conocimiento profundo de los flujos internos, lo que constituye una base sólida para la implementación de mejoras tecnológicas.

3.3. Debilidades Críticas del Sistema Actual

A pesar de contar con sistemas digitales principales, todas las empresas mantienen procesos críticos en planillas Excel y registros manuales para gestión agronómica, control de silos, órdenes de venta, recepción por zona y aplicaciones externas. La desconexión entre sistemas representa una limitación significativa, ya que la falta de integración fluida entre diferentes sistemas internos es un problema recurrente.

La persistencia de procesos manuales en etapas críticas incluye registros en papel para asignación de camiones a pozos específicos, anotaciones manuales de qué remitos alimentan cada secador, y planillas manuales para control de turnos de secado. La falta de integración balanza-sistema requiere transferencia manual de datos de peso en la mayoría de los casos.

4. Análisis del Flujo de Trazabilidad

La Figura 3 ilustra el flujo principal de la trazabilidad desde la recepción hasta el producto final. Este proceso comienza con el registro del camión por parte del portero, seguido del pesaje en balanza donde se genera un identificador único que acompaña al lote durante todo el proceso. Los análisis de laboratorio se vinculan digitalmente con este identificador, permitiendo la trazabilidad completa hasta el almacenamiento final y molienda. Este flujo representa la columna vertebral de los sistemas de trazabilidad usado por las empresas evaluadas.

Figura 3: Flujo de Grano en Algunos Molinos Arroceros



4.1. Etapa de Recepción y Registro Inicial

El proceso de recepción sigue un protocolo estructurado que comienza antes del pesaje. Los camiones se anuncian al llegar, proporcionando información preliminar sobre la carga. El portero registra la matrícula y orden de carga en una cola virtual, se realiza una planificación inicial basada en la información anticipada, y el balancero es notificado sobre qué vehículos están en espera.

El proceso de pesaje constituye el primer punto crítico de digitalización e incluye pesaje en balanza con registro, que frecuentemente requiere transferencia manual de datos, carga de información del remito físico al sistema digital, generación de identificador único para la carga, registro del orden de llegada para gestión de colas, y vinculación inicial con información de productor y variedad.

4.2. Procesamiento de Laboratorio

El laboratorio opera con un sistema de análisis por lotes que incluye registro inmediato de humedad para permitir la liberación del camión, conformación de "compuesta diaria" por productor y variedad, con criterios de cierre que incluyen tiempo transcurrido o acumulación de toneladas específicas, y un ciclo completo que abarca día de recibo, tiempo de secado y análisis del lote.

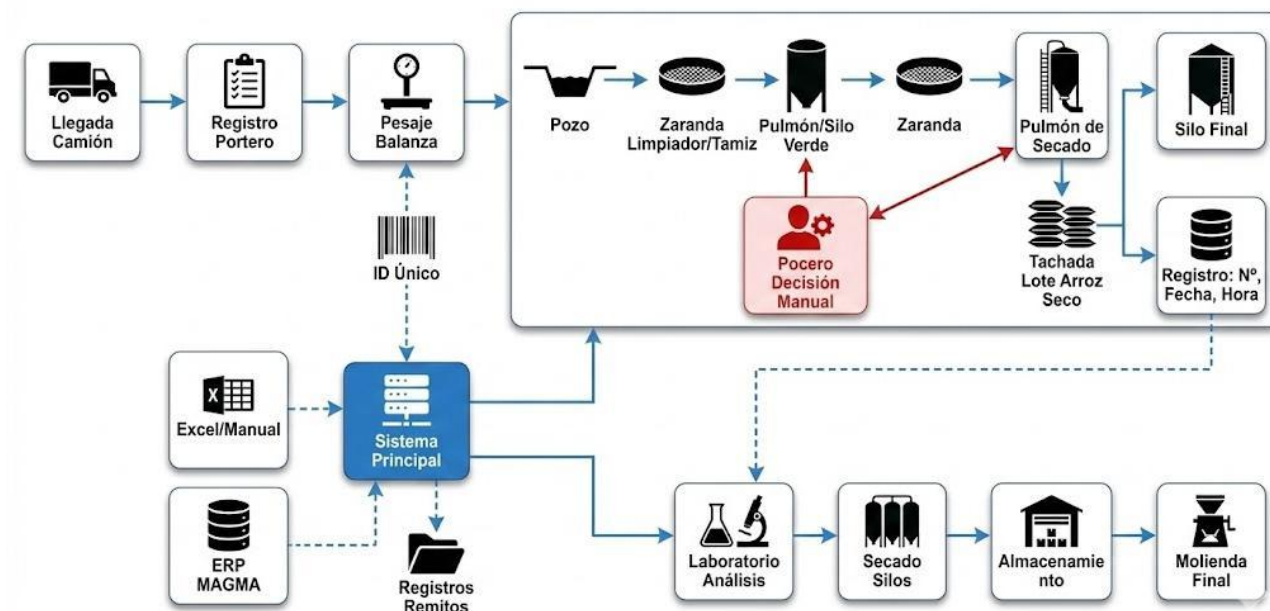
Los resultados del laboratorio se integran digitalmente mediante carga de resultados en el sistema principal usando identificadores únicos, vinculación automática con el remito y potrero de origen, generación de informes de calidad por lote y productor, y alimentación de datos para la toma de decisiones de procesamiento.

4.3. Proceso de Secado y Gestión de Lotes

El arroz sigue un flujo físico complejo desde el pozo hasta el almacenamiento final (Figura 4). La decisión sobre qué grano va a qué secador es crítica, donde el "pocero" toma la decisión sobre qué camión va a un secador específico, y esta decisión se registra, frecuentemente de forma manual, indicando a qué silo verde va el grano.

La "tachada" constituye un concepto fundamental en el procesamiento, definida como un lote de arroz seco que se forma en un "pulmón de secado" y puede contener el equivalente a varios camiones de arroz húmedo. Se registra el número de tachada, fecha, hora y silo de destino final, lo que permite rastrear problemas de secado a un turno o lote específico.

Figura 4: Flujo Físico del Proceso de Secado y Formación de Tachadas



4.4. Almacenamiento y Gestión de Inventarios

Las empresas gestionan la información de trazabilidad principalmente a nivel de variedad en lugar de silo individual. Una misma variedad puede estar almacenada en varios silos; la consulta del contenido de un silo específico es posible, aunque requiere consultar múltiples ubicaciones. Este enfoque facilita las operaciones, pero puede complicar la trazabilidad granular.

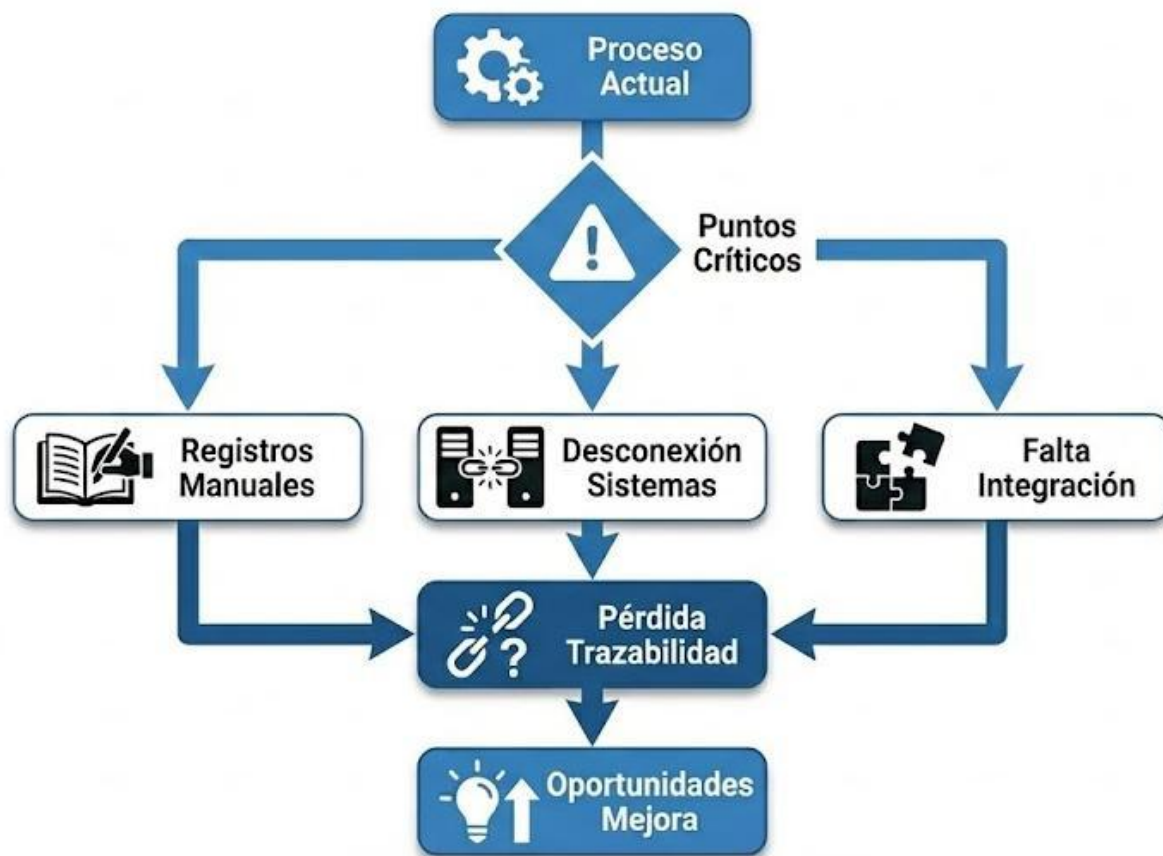
4.5. Producción y Molienda

El proceso de molienda se inicia con órdenes específicas que detallan qué silo debe alimentar un pulmón específico del molino. Estas órdenes se vinculan con órdenes de venta o "negocios" de clientes, pero presentan un punto crítico: no se registra formalmente la salida de arroz de los silos para producción, lo que dificulta la trazabilidad hacia atrás desde el producto procesado.

5. Identificación de Brechas Críticas

La Figura 5 visualiza cómo las brechas identificadas en el proceso actual impactan la continuidad de la trazabilidad. Los registros manuales, la desconexión entre sistemas y la falta de integración convergen en una pérdida de trazabilidad que representa las principales oportunidades de mejora identificadas en el estudio

Figura 5: Brechas Críticas en Trazabilidad



5.1. Brechas en la Continuidad Digital

Las principales brechas incluyen ruptura en registros de asignación, donde la asignación de camiones a pozos específicos frecuentemente se registra solo en papel. La falta de integración balanza-sistema requiere transferencia manual de datos de peso, y la desconexión entre sistemas hace que los sistemas de producción y logística operen independientemente.

5.2. Limitaciones en la Gestión de Calidad

Aunque los resultados se digitalizan, la integración con otros sistemas no siempre es automática. Existen demoras en la disponibilidad de información de calidad para la toma de decisiones y falta de alertas automáticas para parámetros fuera de especificación.

5.3. Desafíos de Usabilidad y Adopción

Algunos sistemas actuales son percibidos como engorrosos por el personal operativo, con interfaces no optimizadas para el entorno industrial. Además, existe resistencia al cambio por parte del personal acostumbrado a procesos manuales tradicionales.

6. Oportunidades de Mejora Identificadas

6.1. Automatización de Procesos de Coordinación

Para empresas que gestionan producción propia, existe potencial de mejora en la eficiencia mediante coordinación más eficiente, automatización de la "previsión de corte" para optimizar la recepción, y reducción de esperas con mejora en la planificación de capacidad.

6.2. Digitalización de Procesos Críticos

Las oportunidades incluyen digitalización de registros de asignación pozo-secador-silo, automatización de planillas de control de turno, integración de órdenes de aplicación externa con sistemas principales, e implementación de sistemas de alerta para inconsistencias y parámetros fuera de especificación.

6.3. Mejoras en Gestión de Inventarios

Se pueden implementar sistemas de inventario dinámico con actualización automática de existencias basada en movimientos reales, integración con órdenes de producción para deducción automática, y optimización de la gestión de silos con registro formal de extracciones.

6.4. Generación de Valor Agregado

El punto óptimo para la generación de códigos QR de trazabilidad se identifica claramente en el momento de generación de órdenes de venta o "negocios", con capacidad de reconstrucción completa de la cadena hacia atrás y contenido de vinculación electrónica con toda la información de proceso.

7. Consideraciones para Implementación de Soluciones

7.1. Principio de Complementariedad

Dado que las empresas poseen sistemas operativos con lógica de negocio establecida y datos históricos valiosos, la estrategia más efectiva es complementar y potenciar los sistemas existentes en lugar de reemplazarlos. Esto implica desarrollar interfaces e integraciones que mantengan la funcionalidad actual y añadan capacidades sin interrumpir operaciones críticas.

7.2. Consideraciones de Escala y Heterogeneidad

Las soluciones deben adaptarse a empresas con sistemas desarrollados localmente versus dependencia de Excel, diferentes escalas de operación y variaciones en estructura

organizacional y recursos técnicos. Se recomienda una implementación gradual por fases que permita una adaptación progresiva.

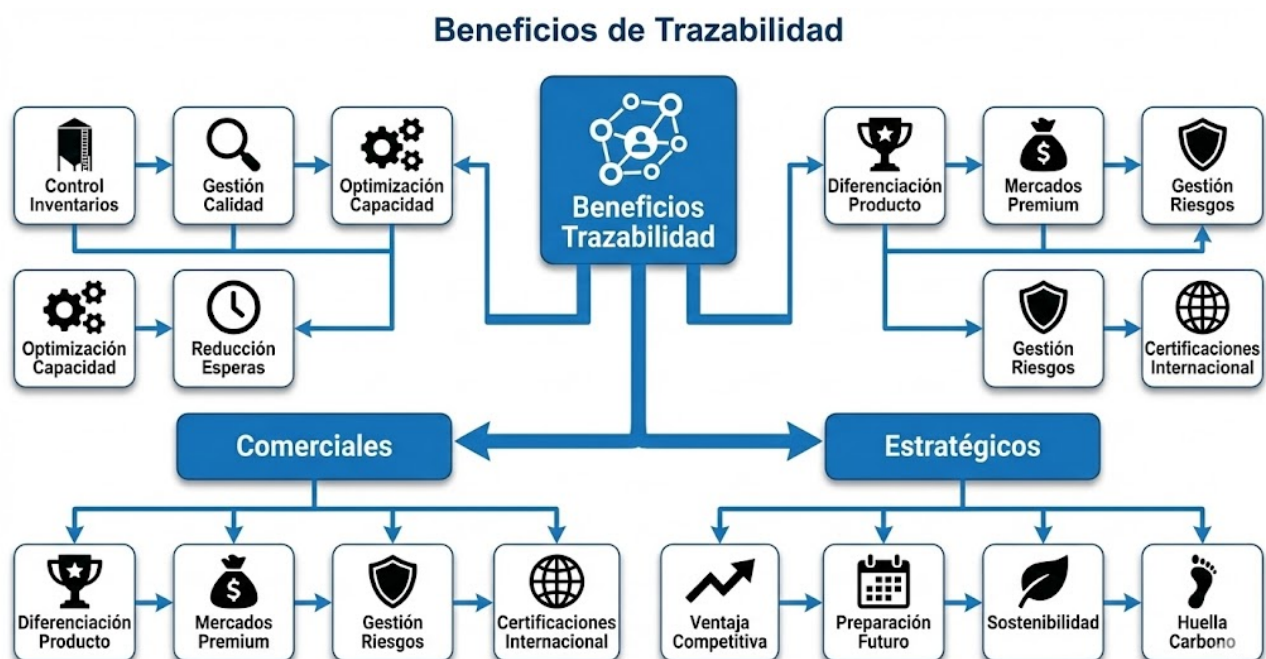
7.3. Factores Críticos de Éxito

La usabilidad debe ser prioridad, con interfaces optimizadas para el entorno industrial, minimización de complejidad en procesos cotidianos, y capacidades fuera de línea para entornos con conectividad limitada. Se requieren programas de capacitación continua adaptados a diferentes roles y métricas claras de retorno de inversión.

8. Análisis de Beneficios Potenciales

La Figura 6 presenta un mapa conceptual de los beneficios identificados, organizados en tres categorías principales. Los beneficios operativos incluyen mejoras inmediatas en eficiencia y gestión. Los beneficios comerciales se enfocan en diferenciación y acceso a mercados premium. Los beneficios estratégicos posicionan a las empresas para futuras demandas de sostenibilidad y medición de huella de carbono, creando ventajas competitivas a largo plazo.

Figura 6: Beneficios Estratégicos de la Implementación de Trazabilidad



8.1. Beneficios Operativos

Los beneficios incluyen mejora en la eficiencia mediante reducción de esperas y optimización del uso de capacidad, mejora en la gestión de calidad a través de anticipación de problemas y trazabilidad precisa para la gestión de no conformidades, y optimización de inventarios con mejor visibilidad del contenido real de silos.

8.2. Beneficios Comerciales

Se logra diferenciación de producto mediante la capacidad de ofrecer trazabilidad completa a clientes, cumplimiento con estándares internacionales de certificación que permite acceso a mercados premium, y gestión de riesgos con capacidad de respuesta rápida ante problemas de calidad.

8.3. Beneficios Estratégicos

La implementación proporciona preparación para el futuro mediante una base para la implementación de medición de huella de carbono, plataforma para la agregación de más datos de manejo y sostenibilidad, y ventaja competitiva basada en transparencia y trazabilidad.

9. Recomendaciones Estratégicas

9.1. Priorización de Intervenciones

Fase 1: Puntos Críticos Inmediatos

La digitalización del vínculo pozo-secador-silo mediante implementación de sistemas de registro digital para las asignaciones correspondientes, formalización del silo de origen en órdenes de producción con modificación de procesos e integración con sistemas de molienda existentes, e integración básica de sistemas con conexión directa balanza-sistema principal.

Fase 2: Optimización y Valor Agregado

Automatización de registros de salida de silos, implementación de alertas y notificaciones automáticas, generación de identificadores de trazabilidad mediante códigos QR, y sistemas de análisis e informes avanzados.

Fase 3: Innovación y Futuro

Implementación de medición de huella de carbono, integración con sistemas de gestión de sostenibilidad, y plataformas de intercambio de datos con clientes.

9.2. Consideraciones de Implementación Técnica

La arquitectura de integración debe incluir el desarrollo de APIs estándar para la integración entre sistemas, la implementación de middleware para conectar sistemas heterogéneos, y el uso de bases de datos centralizadas para información crítica de trazabilidad.

9.3. Gestión del Cambio Organizacional

Se requieren programas de comunicación que destaquen beneficios específicos para cada rol, demostración de valor mediante pilotos y casos de éxito, programas de capacitación diferenciados por rol, y sistemas de retroalimentación continua del personal operativo.

10. Análisis de Riesgos y Mitigación

10.1. Riesgos Técnicos

Los principales riesgos incluyen la complejidad de integrar sistemas heterogéneos existentes y la dependencia de sistemas digitales para operaciones críticas. La mitigación incluye el desarrollo de middleware especializado, pruebas piloto extensivas, sistemas redundantes y capacidades fuera de línea.

10.2. Riesgos Organizacionales

Existe el riesgo de resistencia al cambio por parte de los trabajadores acostumbrados a procesos manuales tradicionales y la excesiva dependencia de empleados clave con conocimiento crítico concentrado. La mitigación incluye programas de cambio cultural, demostración de beneficios tangibles y documentación exhaustiva.

10.3. Riesgos Comerciales

Hay incertidumbre sobre los beneficios comerciales inmediatos de la trazabilidad y la posible falta de reconocimiento de valor por parte de los clientes. La mitigación incluye análisis de mercado detallado y desarrollo de casos de negocio específicos.

11. Conclusiones y Recomendaciones Finales

11.1. Síntesis del Análisis

El sector arrocero uruguayo se encuentra en un momento de transición tecnológica favorable para la implementación de sistemas de trazabilidad integral. Las empresas evaluadas demuestran fortalezas fundamentales en procesos operativos bien

establecidos, sistemas digitales básicos en funcionamiento, personal técnico capacitado y reconocimiento del valor estratégico de la trazabilidad.

Las oportunidades son claras, con brechas específicas identificadas que pueden abordarse con soluciones técnicas conocidas. Existe un potencial de mejora en la eficiencia operativa, una demanda evidente del mercado por productos con trazabilidad verificable, y una base sólida para la diferenciación competitiva.

11.2. Factores Críticos de Éxito

El enfoque de complementariedad es la estrategia más prometedora, construyendo sobre los sistemas y procesos existentes en lugar de reemplazarlos completamente. La implementación gradual permite una adaptación progresiva, aprendizaje continuo y ajustes basados en experiencia real. La usabilidad como prioridad es fundamental, ya que el éxito depende de la facilidad de uso de las soluciones implementadas.

11.3. Impacto Sectorial Esperado

La implementación exitosa de sistemas de trazabilidad integral posicionará al sector arrocero uruguayo como líder regional en transparencia y sostenibilidad, abriendo oportunidades en mercados internacionales premium. Las mejoras en coordinación, reducción de errores y optimización de procesos pueden generar beneficios económicos significativos que justifican las inversiones tecnológicas requeridas.

11.4. Recomendaciones Específicas

Para las Empresas del Sector:

- Evaluar la madurez tecnológica actual e identificar brechas específicas prioritarias;
- Desarrollar casos de negocio detallados que cuantifiquen los beneficios esperados;
- Planificar implementaciones graduales que minimicen el riesgo operativo;
- Invertir en capacitación de personal y gestión del cambio organizacional.

Para el Desarrollo de Soluciones:

- Priorizar la integración con sistemas existentes sobre el reemplazo completo;
- Desarrollar interfaces optimizadas para el entorno industrial arrocero;
- Implementar capacidades fuera de línea robustas para entornos de conectividad limitada;
- Crear sistemas de soporte técnico especializados en el sector.

Para el Sector en General:

- Desarrollar estándares comunes de trazabilidad que faciliten la interoperabilidad;
- Crear mecanismos de intercambio de mejores prácticas entre empresas;
- Establecer programas de capacitación sectorial en tecnologías de trazabilidad;

- Desarrollar marcos regulatorios que incentiven la adopción de mejores prácticas.

La implementación exitosa de sistemas de trazabilidad integral en el sector arrocerero uruguayo no solo mejorará la competitividad individual de las empresas, sino que posicionará a Uruguay como referente regional en producción de arroz trazable y sostenible, con beneficios a largo plazo para todo el sector.