



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
ESCUELA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTÍNUA

ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN LOGÍSTICA

Proyecto de Entrenamiento Profesional

**“Optimización y mejora del proceso de carga de camiones
en empresa agroindustrial”**

Alumno: **Ing. Prida, Nicolás Felipe**

Tutor: **Dr. Ing. Galván, Dante**

Agosto 2025

Índice

1. Introducción	5
2. Objetivos y enfoque metodológico	7
2.1. Objetivos generales	7
2.2. Objetivos particulares	7
2.3. Enfoque metodológico	7
3. Contexto actual.....	10
3.1. Puertos del Gran Rosario	10
3.2. Puertos de aguas profundas de Bahía Blanca y Quequén.....	10
3.3. Competencia interportuaria.....	11
4. Marco teórico.....	13
4.1. Antecedentes bibliográficos	13
4.2. Operación portuaria	15
5. Caso de estudio.....	28
5.1. Descripción general	28
5.2. Carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones	32
5.3. Análisis de problemas y puntos críticos	39
5.4. Resumen de análisis de problemas y puntos críticos.....	44
5.5. Alternativas de solución.....	46
5.6. Soluciones y plan de implementación	48
5.7. Indicadores de Seguimiento y Documentación	60
6. Conclusiones	62
7. Pasos a seguir.....	63
8. Bibliografía.....	65
9. Revisiones y comentarios	66

Índice de Imágenes

Imagen 1: Diagrama de flujo del proceso metodológico. Fuente: Elaboración propia.	8
Imagen 2: Hinterland de los nodos portuarios. Fuente: Cátedra “Logística de Distribución 2023”. Dante Galván.	12
Imagen 3: Infraestructura portuaria. Muelle para buques y barcazas. Fuente: Propia.	15
Imagen 4: Terminal industrial y portuaria. Fuente: Web Terminal 6 S.A.	16
Imagen 5: Modo de transporte: Camión cerealero. Fuente: Web Terminal 6 S.A.	17
Imagen 6: Modo de transporte: Ferrocarril. Fuente: Propia.	17
Imagen 7: Modo de transporte: Barcazas. Fuente: Web Terminal 6 S.A.	18
Imagen 8: Plataforma volcable. Fuente: Web qringenieria.com	19
Imagen 9: Celdas de acopio. Fuente: Web Terminal 6 S.A.	20
Imagen 10: Embarques a granel. Fuente: Web Terminal 6 S.A.	21
Imagen 11: Carga de camiones con pala cargadora. Fuente: Propia.	22
Imagen 12: Rampa metálica. Fuente: Propia.	22
Imagen 13: Báscula fija. Fuente. Web Terminal 6 S.A.	23
Imagen 14: Báscula portátil para camiones. Fuente: Web Espinosa Páez.	23
Imagen 15: División Puerto - Industria. Fuente: Elaboración propia.	30
Imagen 16: Cadena logística actual. Fuente: Elaboración propia.	34
Imagen 17: Cadena logística actual: Situación con una carga incorrecta. Fuente: Elaboración propia.	37
Imagen 18: Cadena logística actual: Análisis de problemas y puntos críticos. Fuente: Elaboración propia.	40
Imagen 19: FASE 3 - Opción A - Incorporación de balanza móvil. Fuente: Elaboración propia.	53
Imagen 20: FASE 3 - Opción B – Tolva dosificadora y Rampa Fija. Fuente: Elaboración propia.	54
Imagen 21: Ejemplo tolva de carga con dosificador. Fuente: web es.zanin-italia.com.	55
Imagen 22: FASE 3 - Opción C – Pala híbrida con balanza incorporada y brazo telescópico. Fuente: Elaboración propia.	56
Imagen 23: Ejemplo pala cargadora hibrida con brazo telescópico y balanza incorporada. Fuente: www.fendt.com	57
Imagen 24: Apertura de nuevo paso vehicular. Fuente: Propia.	63

Índice de Tablas

Tabla 1: Diagrama de proceso de la situación actual. Fuente: Elaboración propia.....	36
Tabla 2: Diagrama de proceso. Situación con una carga incorrecta. Fuente: Elaboración propia.	39
Tabla 3: Zonas y puntos críticos del sistema Carga de Camiones. Fuente: Elaboración propia.	43
Tabla 4: Matriz de soluciones ponderadas. Fuente: Elaboración propia.	50
Tabla 5: Resumen comparativa técnica y económica de las 3 opciones. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 6: Beneficios esperados según implementación de diferentes opciones. Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 7: Indicadores Operativos. Fuente: Elaboración propia.	60
Tabla 8: Indicadores de Seguridad y Medioambiente. Fuente: Elaboración propia.	60
Tabla 9: Indicadores de Trazabilidad y Gestión. Fuente: Elaboración propia.	61

1. Introducción

El Proyecto de Entrenamiento Profesional se desarrolla a partir del estudio de caso de una empresa agroindustrial ubicada en la ribera del río Paraná, al norte del Gran Rosario. Esta empresa desempeña un papel fundamental en la cadena de suministro agroindustrial, recibiendo, procesando y despachando aproximadamente 12 millones de toneladas de granos y oleaginosas anualmente. Sus operaciones se apoyan en una red multimodal de transporte que incluye vías fluvio-marítimas (barcazas y buques), ferroviarias (trenes) y para el transporte automotor (camiones).

La terminal de la empresa se divide en dos grandes áreas: *Puerto* e *Industria*. En el *Puerto* se llevan a cabo actividades de recepción, acopio, distribución y despacho de materia prima y productos procesados. La *Industria*, por su parte, es el espacio donde la materia prima se transforma en productos con valor agregado.

Uno de los servicios brindados por la terminal es la “*carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones*”, la cual consiste en el despacho de productos derivados del procesamiento de granos, tales como *pellet de soja, harina de soja y pellet de girasol*. Este servicio está dirigido a clientes ubicados a corta y mediana distancia, incluyendo productores de feedlot, cooperativas y empresas intermediarias que comercializan estos productos en distintos sectores.

Para garantizar la eficiencia de este servicio, la empresa cuenta con una infraestructura específica y una coordinación operativa gestionada por el área de Planificación, Programación y Control (PPC), Portería Central (PC) y Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHyMA). En este contexto, alrededor de 50 a 80 camiones circulan diariamente dentro de la empresa, utilizando balanzas, caminos internos, espacios de detención y otros recursos operativos. Sin embargo, el proceso presenta diversos desafíos que requieren un análisis detallado:

- *Infraestructura instalada*: la infraestructura vial y los sectores internos por donde transitan los camiones sufren un deterioro constante debido a su uso intensivo. Esto no sólo genera problemas de congestión y limitaciones en la operatividad, sino que también impacta negativamente en otros procesos no vinculados directamente con la logística de carga, pero relevante para el negocio principal de la empresa. El deterioro de caminos y estructuras provoca demoras en las operaciones, incrementa los costos de mantenimiento, eleva el riesgo de siniestralidad y averías en los vehículos, entre otros efectos.

- *Seguridad e Higiene:* aunque el proceso de carga es relativamente simple, su ejecución presenta deficiencias que pueden afectar la trazabilidad del producto, el cumplimiento de la planificación y la seguridad laboral. La operación de carga involucra el uso de pala cargadora que debe posicionarse sobre una rampa metálica no fijada al suelo, lo que incrementa el riesgo de siniestros. Además, la circulación de camiones dentro de la terminal, con el objeto de realizar controles de peso y el despacho, genera conflictos operativos y aumenta la exposición al riesgo de los conductores y el personal de campo. Asimismo, la falta de medidas adecuadas para evitar la contaminación del producto con agentes externos puede derivar en rechazos durante los controles de calidad.
- *Impacto ambiental:* la optimización de procesos logísticos no sólo debe centrarse en la eficiencia operativa, sino también en la reducción del impacto ambiental. El movimiento constante de camiones dentro de la terminal genera emisiones de gases contaminantes y un incremento en los niveles de ruido y material en suspensión. Además, el desgaste de caminos internos provoca el arrastre de sedimentos y residuos hacia sectores sensibles del entorno. Ante esto, es fundamental implementar estrategias de mitigación ambiental que incluyan mejores prácticas de mantenimiento vial, control de emisiones y gestión adecuada de residuos.

El análisis de la logística interna en terminales portuarias agroindustriales refleja la necesidad de una adaptación continua a los cambios en la demanda y a las exigencias operativas. Si bien la evolución de la infraestructura ha permitido una expansión en los servicios ofrecidos, también ha generado restricciones que afectan la eficiencia y competitividad de la empresa.

Este trabajo se enmarca dentro de la necesidad de revisar y optimizar los procesos de carga de camiones con mercadería sólida, en una planta agroindustrial de gran escala, donde la eficiencia, la seguridad operativa y el cuidado ambiental son factores críticos.

En función de lo expuesto, se plantean como objetivos principales:

- Identificar los principales puntos críticos y desvíos operativos del proceso actual.
- Evaluar alternativas tecnológicas y de infraestructura para mejorar la logística interna.
- Proponer un plan de implementación escalable, con criterios técnicos y económicos.
- Diseñar indicadores para monitorear el desempeño y asegurar la mejora continua.

La metodología adoptada articula el análisis técnico con herramientas de gestión para, finalmente, proponer soluciones escalables y sostenibles en el tiempo.

2. Objetivos y enfoque metodológico

2.1. Objetivos generales

El objetivo es desarrollar una propuesta de mejora integral del proceso de *carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones*, que contemple además de los costos y tiempos del sistema logístico, otras variables medioambientales y de seguridad e higiene que tienen gran relevancia para la empresa.

Desde una perspectiva académica y profesional, se busca vincular la Gestión Logística con la Ingeniería Civil, aprovechando la sinergia y potenciando la mirada holística que éstas permiten tener, ante el caso particular de estudio. En este contexto se destaca que, bajo este enfoque de integración de ambas disciplinas, se trasciende el enfoque basado exclusivamente en la “funcionalidad” para focalizarse en la “sostenibilidad” del sistema logístico.

2.2. Objetivos particulares

Como objetivo particular se destaca identificar claramente los puntos críticos y/o cuellos de botellas en la gestión logística del sistema, a partir del análisis de la totalidad del proceso actual.

Para lo antes mencionado, se examinan variables relacionadas con lo ambiental, lo económico, el control patrimonial, la infraestructura y la seguridad e higiene laboral. Es decir, se engloban en este análisis conceptos de logística como, por ejemplo, reducción de tiempos y costos, variables sociales, ambientales, comerciales, de seguridad y trazabilidad, y demás aspectos que hacen a la industria en su implantación y funcionamiento.

2.3. Enfoque metodológico

El enfoque metodológico adoptado en este proyecto se basa en un análisis integral del proceso de carga y despacho de mercancía sólida mediante camiones en una empresa agroindustrial. El estudio se desarrolla en varias etapas, cada una de ellas con objetivos y actividades específicas que contribuyen a la mejora del sistema logístico.

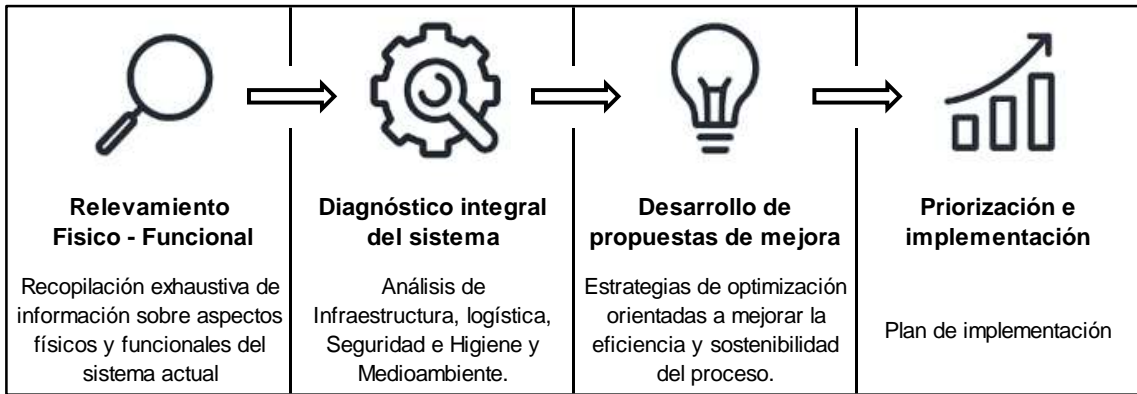


Imagen 1: Diagrama de flujo del proceso metodológico. Fuente: Elaboración propia.

2.3.1. Relevamiento físico - funcional y diagnóstico

Se lleva a cabo una recopilación exhaustiva de información sobre aspectos físicos y funcionales del sistema actual, incluyendo tiempos de carga, cantidad de camiones en espera, capacidad de infraestructura y recursos disponibles. A partir de esta información, se identifican los principales cuellos de botella y puntos críticos en la gestión logística, que afectan la eficiencia y sostenibilidad del proceso.

2.3.2. Análisis de variables

Se examinan en profundidad factores ambientales, económicos, de control patrimonial, infraestructura y seguridad laboral. Esta fase permite comprender cómo influyen distintos aspectos en el desempeño del sistema, desde la reducción de tiempos y costos hasta la seguridad de los trabajadores y la trazabilidad de la mercancía. Se utilizan herramientas de gestión como diagramas de flujo, mapas de procesos y otras que permiten analizar escenarios y evaluar su impacto potencial.

2.3.3. Desarrollo de propuestas de mejora

Con base en el diagnóstico y análisis previos, se elaboran estrategias de optimización orientadas a mejorar la eficiencia y sostenibilidad del proceso de carga y despacho. Estas propuestas incluyen mejoras en infraestructura, rediseño de rutas en el nodo, implementación de tecnologías de gestión y automatización de procesos. Se priorizan soluciones que generen un impacto positivo en la operatividad de la empresa sin comprometer el medioambiente ni la seguridad laboral.

Este enfoque metodológico busca trascender la funcionalidad operativa tradicional, incorporando una visión más amplia que garantice la sostenibilidad del sistema a largo plazo. La integración de tecnologías, el análisis de datos y la consideración de aspectos sociales y ambientales permiten desarrollar soluciones innovadoras que aporten valor a la empresa y la comunidad. De esta manera, el proyecto no sólo optimiza el proceso de carga de camiones, sino que también contribuye al desarrollo de una logística más eficiente y sustentable.

A su vez, se adoptó un enfoque comparativo para analizar diferentes soluciones estructurales, contrastando su viabilidad técnica, impacto esperado y requerimientos de inversión. Esto permitió plantear opciones alternativas y mutuamente excluyentes, facilitando la toma de decisiones futuras por parte de la empresa, en función de sus recursos, tiempos y prioridades estratégicas.

2.3.4. Priorización e implementación

Una vez desarrolladas las posibles propuestas de mejora, se prevé llevar a cabo un proceso de evaluación comparativa y priorización, con el fin de identificar aquellas alternativas que, en función de distintos criterios, resulten más viables y convenientes para la empresa.

En esta etapa del enfoque metodológico se analiza cada solución en términos de su impacto esperado sobre la eficiencia operativa, su contribución a la seguridad y trazabilidad del sistema, y los recursos económicos, técnicos y organizativos requeridos para su implementación.

Entre los criterios a considerar, podrían incluirse:

- Reducción estimada de tiempos de operación y recorridos internos.
- Disminución de errores operativos (como cargas incorrectas).
- Nivel de automatización incorporado.
- Inversión económica aproximada y facilidad de implementación.
- Impacto ambiental (emisiones, desgaste de infraestructura, entre otros).
- Impacto social (seguridad laboral, interacción con otros procesos, entre otros).

Estos criterios se seleccionaron porque permiten abordar integralmente la problemática desde múltiples dimensiones: operativa, económica, ambiental y social. Además, se contempló su viabilidad para una implementación escalable en el tiempo, en función de los plazos y etapas de inversión que la empresa podría llegar a asumir, permitiendo así una aplicación progresiva sin comprometer la continuidad operativa ni la sostenibilidad del sistema.

3. Contexto actual

Argentina cuenta con dos grandes conglomerados portuarios dedicados a la comercialización de la mayor parte de la producción de granos, harinas y aceites del país: por un lado, la zona Up River Paraná -que se extiende a lo largo de 67 km del Río Paraná entre Arroyo Seco y Timbúes, en la provincia de Santa Fe-, donde la ciudad de Rosario actúa como eje político y de servicios; y por otro lado, el sur de la provincia de Buenos Aires, donde se encuentran los puertos de aguas profundas de Bahía Blanca y Quequén.

La empresa agroindustrial objeto de estudio se encuentra localizada estratégicamente en la zona norte del Gran Rosario, dentro del corredor Up River Paraná.

3.1. Puertos del Gran Rosario

El Gran Rosario constituye el nodo portuario más importante del país, y uno de los más relevantes a nivel mundial en términos de exportaciones agroindustriales. Este complejo está compuesto por una serie de terminales portuarias ubicadas a lo largo del corredor Up River del Río Paraná. Las terminales de este conglomerado se especializan en la recepción, procesamiento y exportación de soja y sus derivados (harina y aceite), maíz, trigo, biodiesel y otros subproductos agroindustriales.

El complejo se destaca por su infraestructura y capacidad operativa: posee una capacidad teórica de recepción diaria de aproximadamente 688.000 toneladas (por transporte automotor, ferroviario y fluvial) y una capacidad fija de almacenamiento cercana a 6,5 millones de toneladas, lo que representa el 14% del almacenamiento comercial total del país (BCR, 2019). En 2019, el nodo alcanzó un récord de 79 millones de toneladas exportadas, representando el 78% de las exportaciones argentinas de granos, harinas y aceites, mientras que, en 2022, se despacharon un total de 69,1 millones de toneladas.

3.2. Puertos de aguas profundas de Bahía Blanca y Quequén

Los puertos de Bahía Blanca y Quequén se ubican en el sur de la provincia de Buenos Aires y funcionan como salida natural para la producción agropecuaria del sudoeste bonaerense, La Pampa y parte del centro del país. Su principal ventaja competitiva es su acceso directo al mar mediante canales naturales profundos, lo que permite la operación de buques de gran calado sin dragado intensivo.

Estos puertos se especializan en el comercio exterior de cereales como trigo, maíz y cebada, así como en subproductos oleaginosos y productos petroquímicos. En 2022, el puerto de Bahía Blanca concentró aproximadamente el 12,5% de las exportaciones agroindustriales del país, siendo gran parte de sus operaciones relacionadas con el completamiento de buques

que tenían origen en el conglomerado del Río Paraná. En menor medida, pero con un rol estratégico similar, es posible describir la función de Puerto Quequén en el sistema nacional de exportaciones.

3.3. Competencia interportuaria

La competencia entre el Gran Rosario y los puertos del sur de la Provincia de Buenos Aires se manifiesta en múltiples dimensiones: capacidad operativa, infraestructura disponible, eficiencia logística, costos, y grado de conectividad multimodal.

Un elemento central en esta competencia es la definición del *hinterland competitivo*, es decir, el área geográfica desde la cual un nodo portuario atrae cargas en función de su eficiencia operativa, costos logísticos, servicios complementarios y estrategia comercial.

Hinterland del Gran Rosario

Según el Instituto de Estudios del Transporte (IET), este nodo presenta una zona de influencia directa compuesta por la totalidad de la provincia de Santa Fe, el noroeste de la provincia de Buenos Aires, el este de la provincia de Córdoba y el centro-oeste de la provincia de Entre Ríos. A esto se suma una zona de influencia indirecta que incluye el resto de Córdoba, el sur y este de Entre Ríos, el noroeste de La Pampa y el noreste argentino (provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Formosa y Santiago del Estero). Esta vasta área se explica por la densidad productiva de cereales y oleaginosas y su conectividad con transporte automotor, ferroviario y fluvial.

Hinterland de los puertos de Bahía Blanca y Quequén

Estos puertos tienen como zona de influencia natural al sudoeste bonaerense, el sur de la Pampa y sectores del centro-sur de la provincia de Córdoba. Su mayor cercanía a los mercados internacionales, sumada a una menor congestión operativa y su aptitud para buques de gran calado, les permite competir con el Gran Rosario en productos específicos como trigo, cebada y petróleo, así como en cereales destinados a mercados asiáticos o africanos con necesidades logísticas específicas.

Esta especie de delimitación del hinterland no es estática y puede variar según las estrategias comerciales, políticas públicas de infraestructura y condiciones de mercado. Si bien el Gran Rosario se consolida como el nodo agroexportador más eficiente por escala y conectividad, los puertos del sur continúan ampliando su participación mediante inversiones estratégicas y mejoras operativas.

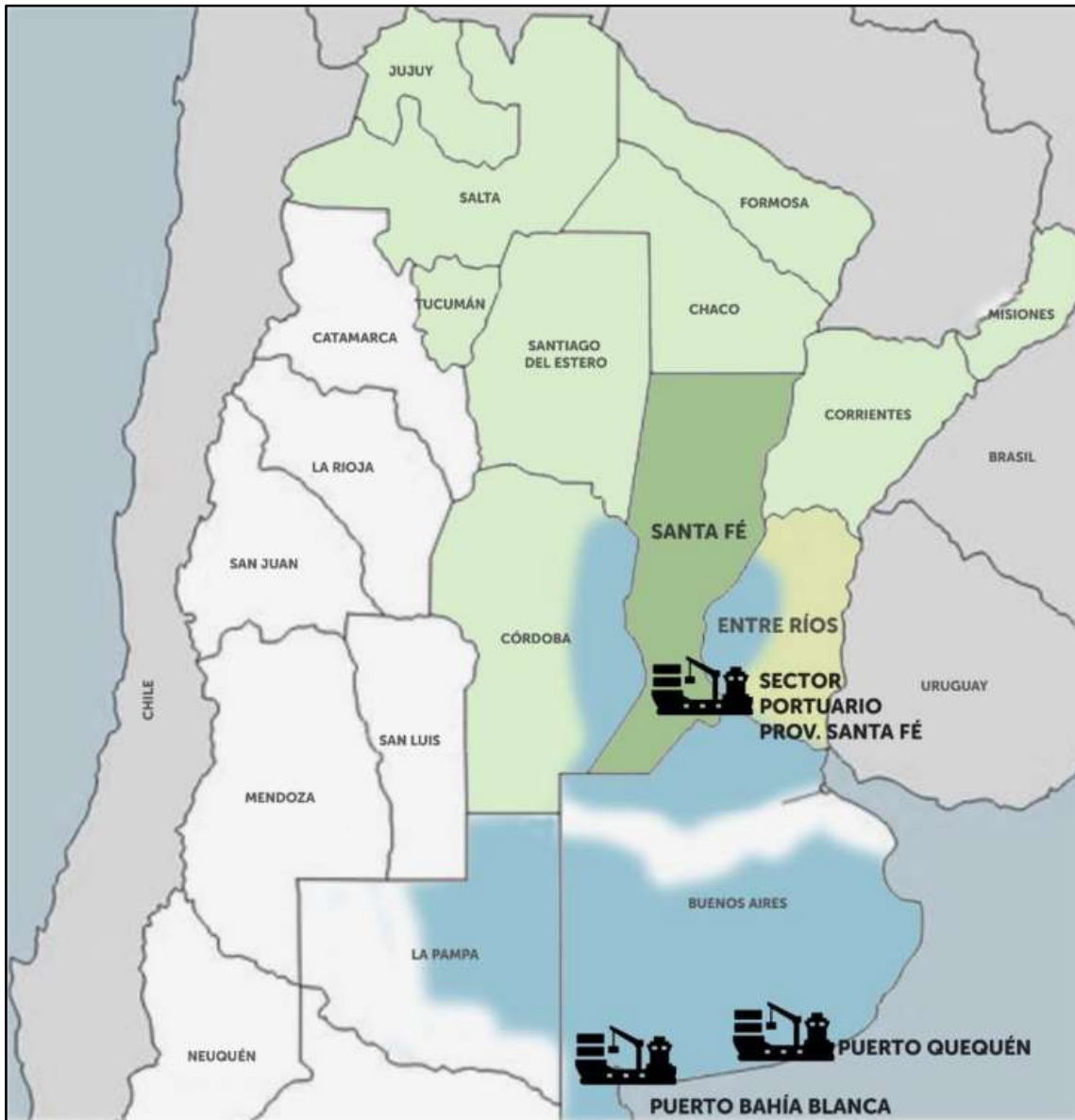


Imagen 2: Hinterland de los nodos portuarios. Fuente: Cátedra "Logística de Distribución 2023". Dante Galván.

4. Marco teórico

El objetivo de esta sección es contextualizar y dar un marco teórico básico y elemental para el entendimiento de los conceptos y definiciones que se utilizan durante el desarrollo del trabajo.

4.1. Antecedentes bibliográficos

4.1.1. Estudios preliminares

En la búsqueda de antecedentes bibliográficos sobre la logística interna de un servicio específico dentro de una empresa agroindustrial, se ha encontrado una escasez significativa de estudios que aborden detalladamente la problemática.

En este contexto de muy escasas referencias concretas, se destaca como punto de partida el trabajo final de la Especialización en Gestión Logística "*Aumento de la capacidad máxima de descarga de camiones en empresa agroexportadora*", realizado por Rodrigo Ghilardi (Ghilardi, 2021).

En dicho estudio, se analizan las limitaciones operativas en la recepción de camiones, centrándose en el área comprendida entre el sector de calado y la balanza de pesaje bruto. A través de la aplicación de la Teoría de las Restricciones (TOC) y herramientas de Lean Logistics, se examinan los flujos logísticos y se proponen mejoras para optimizar la capacidad de descarga.

El documento contextualiza el entorno agroexportador, aborda la competencia entre puertos considerando los modos de transporte utilizados, y detalla los procesos logísticos involucrados en la recepción y descarga de granos. Además, se presenta un estudio comparativo con otras terminales portuarias y se establecen indicadores clave para medir la eficiencia operativa. Como resultado, se identifican las principales restricciones en el proceso y se proponen estrategias para mejorar la capacidad instalada, reducir los tiempos de espera y aumentar la competitividad de la empresa durante los períodos de alta demanda.

4.1.2. Entrevistas a actores claves

Con el fin de contar con información fidedigna del sistema, objeto de estudio de este trabajo, se realizó una serie de entrevistas a colaboradores de la terminal, que forman parte de los equipos de Planificación, Programación y Control (PPC) y de Ingeniería y Obras (IO). Una de las principales conclusiones generales es que la empresa ha experimentado una evolución significativa en sus instalaciones y servicios a lo largo de los años, adaptándose a las demandas comerciales. Inicialmente, el complejo ofrecía servicios de acopio y despacho de

granos y oleaginosas, sin embargo, tras casi cuatro décadas, este servicio representa sólo una mínima parte de las operaciones actuales.

En sus inicios, la infraestructura portuaria contaba con un muelle para buques de ultramar, una celda de acopio, una balanza de control para camiones y algunas instalaciones complementarias básicas, como portería y oficinas. En la actualidad, considerando tanto el área portuaria como el área industrial, la terminal tiene casi 25 hectáreas de infraestructura construida (sumando terrenos no construidos y usados para siembras y otro tipo de utilidades, la superficie total asciende a 320 ha.), incluyendo muelles, celdas de acopio de granos y mercadería, celdas de manipuleo, procesos de crushing, una industria de procesamiento de líquidos derivados del aceite vegetal, circuitos internos para tránsito pesado, oficinas y dependencias, entre otros.

Estos cambios han supuesto retos significativos en términos de infraestructura, controles de calidad, eficiencia operativa, medioambiente y seguridad, lo que se traduce en variaciones en los tiempos de operación y costos asociados. La refuncionalización de instalaciones se ha convertido en un desafío constante, ya que las exigencias operativas y normativas evolucionan, requiriendo adaptaciones en dimensiones, distancias y procesos. Además, los estándares internacionales en calidad, seguridad e higiene han impulsado la necesidad de implementar mejoras que permitan la sostenibilidad a largo plazo.

4.2. Operación portuaria

4.2.1. Puerto y terminal portuaria

Se define como **puerto** a una infraestructura costera (riberas de ríos, lagos o mares), pública o privada, diseñada para el atraque, fondeo y maniobra de embarcaciones, permitiendo el intercambio de mercancías y pasajeros entre medios acuáticos y terrestres. Incluye además instalaciones fijas para carga, descarga, almacenaje y prestación de servicios vinculados a la navegación y al tráfico portuario.



Imagen 3: Infraestructura portuaria. Muelle para buques y barcazas. Fuente: Propia.

Una **terminal portuaria**, es una unidad operativa dentro de un puerto, equipada con infraestructura y tecnología especializada para la manipulación eficiente y procesamiento de ciertos tipos de carga, ya sean contenedores, productos a granel (líquidos o sólidos), carga general y pasajeros, entre otros.



Imagen 4: Terminal industrial y portuaria. Fuente: Web Terminal 6 S.A.

Cabe destacar que, en la terminal en estudio, se manipulan granos oleaginosos a granel (soja, maíz, girasol) y subproductos derivados, ya sea en estado sólidos y líquidos (aceites). Entiéndase como oleaginoso a todo grano con el cual se pueden obtener aceites para uso industrial o comestible.

4.2.2. Infraestructura y servicios portuarios e industriales

La infraestructura instalada y los servicios presentes en este tipo de industrias agroexportadoras comprende una diversidad muy grande en lo que a la ingeniería respecta. La descripción de ésta se acota a los aspectos más relevantes para el servicio de “*carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones*”, principal objeto de este estudio.

Transporte de materia prima y subproductos

La materia prima a granel llega a la terminal a través de 3 modos distintos: un 90 % de la misma es enviada a través de camiones; aproximadamente un 9% llega a través de trenes; y solamente un 1% es a través de barcas.



Imagen 5: Modo de transporte: Camión cerealero. Fuente: Web Terminal 6 S.A.



Imagen 6: Modo de transporte: Ferrocarril. Fuente: Propia.



Imagen 7: Modo de transporte: Barcazas. Fuente: Web Terminal 6 S.A.

Desde el punto de descarga de cualquiera de los modos antes mencionados, la materia prima es transportada, almacenada y/o dirigida a los sectores de procesamiento por medio de cintas transportadoras industriales.

Descarga de camiones en volcables

En los períodos de cosecha, se alcanza un promedio diario máximo de 750 camiones que descargan siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

Este proceso comienza con el ingreso de los camiones al predio, donde deben presentar la documentación correspondiente para luego ser dirigidos hacia el área de *Calado*. El objetivo principal de esta etapa es verificar la calidad del producto transportado mediante la extracción de muestras representativas de distintos sectores del camión.

Una vez realizada el *Calado*, los camiones se dirigen a la *Balanza* para obtener el peso bruto de la unidad cargada. Este procedimiento es fundamental para determinar, más adelante, el peso neto de la mercadería entregada.

Posteriormente, los camiones son derivados a la *Plataforma volcable de descarga*, que consiste en una estructura que se eleva hasta aproximadamente 35° para vaciar el contenido de los mismos. Estas plataformas cuentan con sistemas hidráulicos, calzas de seguridad y estructuras metálicas diseñadas para soportar grandes cargas, permitiendo una descarga eficiente sin necesidad de intervención manual.



Imagen 8: Plataforma volcable. Fuente: Web qringeneria.com

Crushing

El proceso de crushing transforma semillas oleaginosas (materia prima recibida a granel) en dos grandes grupos: harina proteica y aceite vegetal: primero, las semillas se limpian para eliminar impurezas y se acondicionan ajustando su humedad y temperatura; luego, se trituran y laminan, facilitando la extracción del aceite mediante el uso de solventes como el hexano; la harina resultante se utiliza principalmente en la alimentación animal; el aceite que se extrae, denominado crudo, atraviesa una serie de procesos hasta ser refinado, y se lo emplea en la industria alimentaria y energética.

Almacenamiento

El almacenamiento de la materia prima y sus derivados, se realiza mediante diversas estructuras, que de acuerdo a sus características brindan soluciones y se adaptan a diferentes necesidades:

- Silobolsas: bolsas plásticas herméticas utilizadas para el almacenamiento temporal de granos directamente en el campo. Ofrecen flexibilidad y bajo costo, permitiendo a los productores almacenar excedentes sin necesidad de instalaciones fijas. Requieren monitoreo constante para evitar daños y pérdidas ya que se deterioran fácilmente.

- Silos Australianos: estructuras horizontales con paredes laterales (hormigón armado o metálicas) y cubierta superior, generalmente de lona. Son adecuados para almacenar grandes volúmenes de grano a corto plazo, solución relativamente económica y fácil construcción. Sin embargo, el control de factores como humedad y temperatura suele ser lo más complejo con este tipo de almacenamientos.
- Silos verticales: estructuras cilíndricas, generalmente construidas en metal u hormigón armado, que permiten el almacenamiento de grandes volúmenes en espacios reducidos. Ofrecen excelente conservación del producto y facilitan el control de temperatura y humedad.
- Celdas de acopio: por lo general este tipo de estructuras son hormigón armado con cubiertas de estructura metálica, diseñadas para el almacenamiento a granel de grandes volúmenes de semillas y derivados. Su construcción en hormigón armado les otorga alta resistencia, durabilidad y protección contra factores externos como plagas y clima adverso. Además, cuentan con sistemas de control de humedad y temperatura, lo que ayuda a preservar la calidad del producto durante largos períodos, siendo una opción ideal para plantas de acopio y puertos donde se requiere almacenamiento seguro y eficiente.

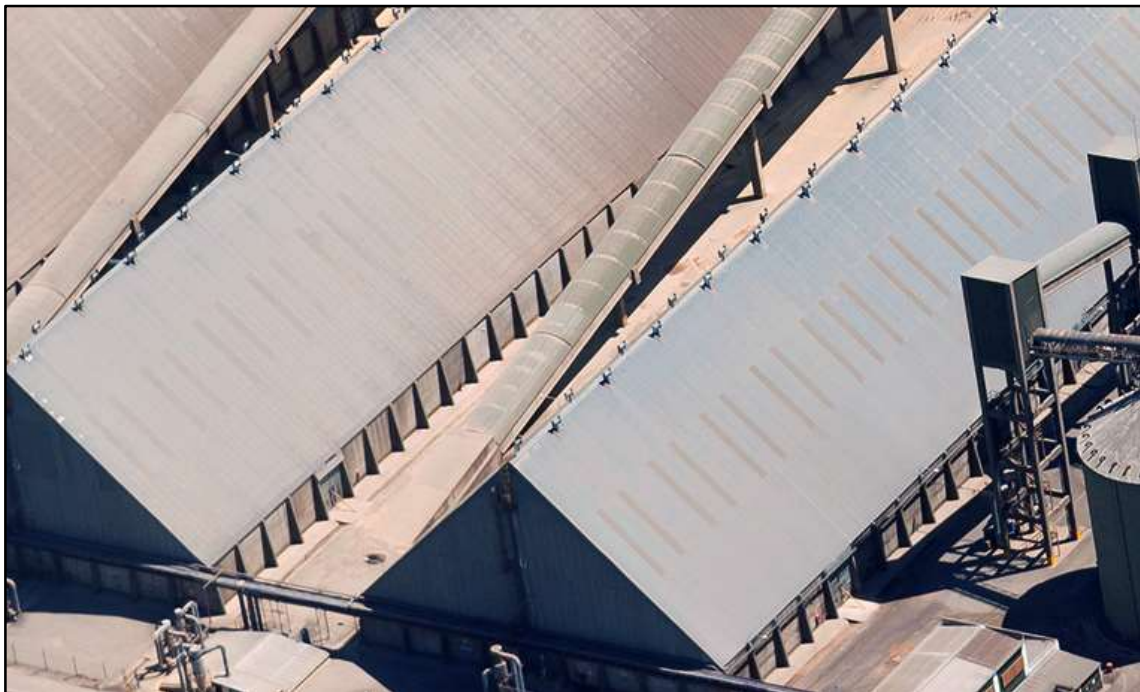


Imagen 9: Celdas de acopio. Fuente: Web Terminal 6 S.A.

Despacho y comercialización de subproductos sólidos

El proceso de despacho de los subproductos sólidos obtenidos en el proceso industrial (harinas, pellet, entre otros) es a través de los siguientes modos:

- Embarques a granel: despacho por medio de buques de ultramar. El proceso de carga comienza con el producto almacenado en las celdas de acopio. Desde las mismas, a través de cintas transportadoras el producto llega hasta las bodegas de los barcos.



Imagen 10: Embarques a granel. Fuente: Web Terminal 6 S.A.

- Camiones: despacho de producto por medio de camiones (chasis y acoplado, tipo batea auto descargable y tipo tolva, entre otros). El proceso de carga es a través de una pala cargadora, que, para alcanzar la altura de vuelco, se posiciona de manera perpendicular al camión y por medio de una plataforma elevadora, consigue descargar el material. La pala debe recorrer cierta distancia desde el acopio hasta donde se posiciona el camión, ya que ingresa a la celda para obtener el material.



Imagen 11: Carga de camiones con pala cargadora. Fuente: Propia.



Imagen 12: Rampa metálica. Fuente: Propia.

Sistemas de pesaje

Las básculas para camiones son elementos esenciales para cualquier negocio relacionado con el transporte y la logística. Permiten controlar con precisión el peso del vehículo y sus cargas. Existen diferentes tipos de básculas según su diseño y funcionalidad:

- Básculas fijas: estas básculas se instalan permanentemente en una ubicación específica y requieren una obra civil para su montaje, ya sea sobre o a nivel de suelo.

Son ideales para instalaciones donde el pesaje de camiones es una actividad constante y se necesita una medición precisa del peso total del vehículo y su carga.



Imagen 13: Báscula fija. Fuente. Web Terminal 6 S.A.

- **Básculas móviles:** diseñadas para ser transportadas y utilizadas en diferentes ubicaciones, estas básculas son ideales para situaciones temporales o donde no es viable una instalación permanente. Su diseño modular permite un montaje y desmontaje rápidos, facilitando su traslado sin necesidad de permisos especiales. Son útiles en operaciones que requieren pesajes en distintos lugares o en períodos cortos.



Imagen 14: Báscula portátil para camiones. Fuente: Web Espinosa Páez.

- **Básculas dinámicas:** estas básculas permiten el pesaje de vehículos en movimiento, sin necesidad de detenerlos completamente. Utilizan sensores avanzados para medir el peso mientras el camión atraviesa la báscula a velocidades de hasta 35 km/h, con una precisión que para algunos servicios no es factible de utilizar. Son especialmente útiles para el control automático de sobrecargas en carreteras, mejorando la seguridad vial y reduciendo el desgaste de las infraestructuras.

Dentro de la infraestructura de la terminal, existen básculas fijas tanto en el ingreso (peso bruto), control interno (chequeos intermedios en ciertos procesos), como así también en el egreso (mercadería cargada o entregada, peso neto).

Circuitos viales internos

Dentro de la infraestructura del complejo, los circuitos viales cumplen un rol fundamental en la operación eficiente y segura de los procesos y servicios brindados. En lo que respecta a circulación de camiones, los componentes principales son:

- **Portería de ingreso/egreso:** sector donde se anuncia la llegada/salida y se realiza el control de peso (báscula de ingreso: Bruto; báscula de egreso: Neto).
- **Caminos:** existen diferentes paquetes estructurales que permiten que los camiones circulen con seguridad y eficiencia, más allá de las inclemencias climáticas. Pavimentos rígidos (carpeta de rodamiento de hormigón con pasadores, donde el requerimiento de mantenimiento es casi nulo); pavimentos flexibles (carpeta de rodamiento de concreto asfáltico, donde el mantenimiento es casi nulo pero la vida útil es relativamente menor a la de hormigón); pavimentos de suelo – escoria/ripió (capas de rodadura de suelo - escoria/ripió, donde el mantenimiento requerido es constante).

4.2.3. Sostenibilidad y funcionalidad de un sistema logístico

Un sistema logístico, además de ser funcional operativamente, debe ser sostenible, es decir, debe contemplar la necesidad de equilibrar eficiencia operativa con los impactos ambiental, social y económico a largo plazo.

De acuerdo con Christopher (2016) y los lineamientos de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la sostenibilidad logística se basa en los siguientes tres pilares:

Sostenibilidad ambiental: reducciones de CO₂; uso eficiente de embalajes ecológicos y reciclables; implementación de prácticas para reutilización de materiales y reducción de desperdicio (economía circular), entre otros.

Sostenibilidad económica: optimización de costos sin comprometer la calidad del servicio; implementación de nuevas tecnologías; reducción de consumo de combustibles fósiles; entre otros.

Sostenibilidad social: condiciones laborales justas y seguras; contribución al desarrollo económico local; implementación de prácticas de responsabilidad social empresarial; entre otros.

4.2.4. Conceptos logísticos y metodologías de análisis a emplear

Administración de la Cadena de Suministro

La *Administración de la Cadena de Suministro* (SCM, según sus siglas en inglés), definida por el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) es la gestión integrada de los procesos claves de negocio, con el objetivo de mejorar la eficiencia y satisfacer la demanda del cliente de manera efectiva.

Logística

Según Ballou (2004), la *logística* es la etapa de la cadena de abastecimientos que se encarga del proceso de planificación, implementación y control del flujo (directo e inverso) y almacenamiento eficaz y eficiente de los bienes, servicios, y la información asociada, generado desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos de los clientes, al menor costo posible. Dentro de la logística, se pueden identificar diferentes áreas clave:

- Logística de abastecimiento: relacionada con la obtención y gestión de materias primas.
- Logística de producción: enfocada en la administración de los procesos internos de manufactura.
- Logística de distribución: involucra el transporte y entrega de los productos terminados.
- Logística inversa: se encarga del retorno de productos para su reciclaje, reutilización o disposición final.

Asociando lo antes descrito, es posible mencionar que el proceso analizado en el siguiente trabajo se encuentra dentro de la *logística de distribución*. Para llevar adelante una gestión logística eficiente es esencial optimizar la cadena de suministro, reduciendo tiempos y costos, aumentando la seguridad y preservando el medioambiente.

Lean Logistics

Una de las metodologías más destacadas en este ámbito es el Lean Logistics, que aplica los principios del Lean Manufacturing a los procesos logísticos, siendo su objetivo principal eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia en la cadena de suministro. Dentro de las características básicas pero fundamentales, se pueden mencionar las siguientes:

- Identificación de actividades que agregan valor para el cliente.
- Eliminación de desperdicios y encontrar oportunidades de mejora.
- Mejora continua (estandarización de nuevos procesos y mantener cambios en el tiempo).
- Creación de nuevo flujo de trabajo eficiente.

Método Kaizen

Para llevar adelante el proceso de Mejora Continua es necesario profundizar en la metodología Kaizen, que se basa en la identificación y eliminación de desperdicios (MUDA) y la optimización de procesos mediante pequeños cambios incrementales. Su objetivo es mejorar la eficiencia, calidad y seguridad sin necesidad de grandes inversiones.

Principios claves:

- Enfoque en procesos: promueve observar y analizar los procesos, no sólo los resultados. Mejorar el cómo se hacen las cosas permite obtener mejores productos o servicios de forma más eficiente y consistente.
- Eliminación de desperdicios (MUDA): se busca identificar y eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor, como tiempos de espera, movimientos innecesarios, sobreproducción o defectos. Reducir el desperdicio mejora el rendimiento general.
- Participación del equipo: la mejora continua requiere el compromiso activo de todos los niveles de la organización. El conocimiento de los trabajadores que ejecutan las tareas es fundamental para detectar oportunidades de mejora.
- Estandarización y sostenibilidad: una vez que se implementa una mejora, esta debe documentarse y estandarizarse para que se mantenga en el tiempo. La mejora continua solo es posible si los nuevos métodos se convierten en la base para futuros avances.

Herramientas para reducir impactos ambientales en logística

La logística verde busca minimizar la huella de carbono, optimizar el uso de recursos y disminuir los residuos generados en todo el proceso. Las principales herramientas que se utilizan en el presente estudio, alineadas con las prácticas recomendadas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, según sus siglas en inglés) son:

- Optimización de la cadena de Suministro: identificando áreas de mejora para minimizar el consumo de recursos y las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Análisis de Ciclo de Vida: identificando consumos de combustibles, emisiones de CO₂ y partículas contaminantes, desgaste de infraestructura, entre otros.
- Uso de Tecnologías Ecoeficientes: la adopción de vehículos eléctricos, híbridos o con bajas emisiones en la flota de transporte contribuye significativamente a la reducción de la huella de carbono.
- Gestión Eficiente de Inventarios: implementar sistemas de control en tiempo real y una planificación precisa de la demanda ayuda a evitar el desperdicio y la sobreproducción.
- Embalaje Ecológico (Eco Packaging): utilizar materiales de embalaje reciclados y reciclables, así como reducir los empaques innecesarios, disminuye la generación de residuos y el consumo de recursos.
- Optimización de Rutas de Transporte: planificar rutas de transporte más eficientes reduce el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.
- Implementación de Energías Renovables: integrar fuentes de energía renovable, como la solar o eólica, en las operaciones logísticas y en las instalaciones de almacenamiento disminuye la dependencia de combustibles fósiles y reduce las emisiones de carbono.

5. Caso de estudio

5.1. Descripción general

La empresa en estudio se sitúa en la zona norte del Gran Rosario (Up River Paraná) y se dedica a la recepción, procesamiento y despacho de soja y derivados (harina, aceite y sub productos derivados del poroto de soja). Además, recibe, almacena y despacha maíz, trigo y otros cereales, mientras que el agregado de valor a éstos se realiza en otras plantas de la misma sociedad.

Cuenta con una capacidad diaria de recepción de mercadería de 76.000 toneladas, un almacenamiento superior a 1 millón de toneladas en productos sólidos y líquidos, y despacha nacionalmente y exporta cerca de 12 millones de toneladas anuales de productos con valor agregado.

Lo antes mencionado se distribuye de la siguiente manera:

Productos secos: 1,2 millones de toneladas en silos verticales destinados al almacenamiento de granos y 13 celdas para el almacenamiento de subproductos (harinas proteicas y pellets de cáscaras).

Materia prima para molienda (Poroto de soja): con la ejecución de una nueva celda de acopio, la capacidad asciende a 730.000 toneladas de soja que alimentan las 2 plantas de molienda. La capacidad instalada de molienda ronda las 20.000 toneladas diarias para la producción de aceite crudo, harina proteica y pellets de cáscara.

Productos líquidos: a partir del aceite crudo de las plantas de Crushing, se realiza la producción de subproductos tales como aceite neutro, biodiesel (1500 t/día), glicerina cruda (180 t/día), glicerina refinada (120 t/día) y lecitina; tanto para consumo interno y de exportación. Se almacenan aproximadamente 196.600 toneladas.

Muelles: posee dos muelles con capacidad para cargar buques de hasta 275 m. de longitud y 42 pies de profundidad. El ritmo de carga de buques es de 3.200 t/h en cada uno de sus muelles, llegando a un promedio anual de 12 millones de toneladas; y el ritmo de carga de buques tanque con líquidos es de 600 t/h (180.000 t/año).

Además, en uno de los muelles, cuenta con las instalaciones para descarga de barcasas, con una capacidad cercana a las 12.000 toneladas diarias.

Es importante destacar que, además del mercado internacional, que representa el mayor volumen de envíos a distintos países, la empresa también abastece el mercado interno y mantiene importantes acuerdos comerciales nacionales.

Con todo lo mencionado, es posible concluir que la terminal en estudio se posiciona como un nodo estratégico dentro del complejo agroexportador argentino, destacándose por su elevada capacidad de recepción, almacenamiento y procesamiento de granos y oleaginosas, así como por su infraestructura portuaria e industrial de primer nivel.

Su relevancia no sólo radica en los volúmenes de producción y exportación que maneja, sino también en su impacto directo sobre la economía regional y nacional, el empleo y el desarrollo de la comunidad local. En este sentido, la mejora continua en eficiencia, sostenibilidad y servicios no sólo mejorará la competitividad de la terminal frente a otros puertos, sino que garantizaría un equilibrio entre el crecimiento económico, la protección ambiental y el bienestar de sus trabajadores y la sociedad en la que está inmersa.

5.1.1. Infraestructura

En lo que respecta a infraestructura, la empresa se divide en dos grandes bloques: *Industria* y *Puerto*; ambos desarrollados en aproximadamente 25 ha. dentro de un predio privado que abarca un total de 320 ha. En la Imagen 15, se puede divisar ambos bloques con sus sectores más importantes.



Imagen 15: División Puerto - Industria. Fuente: Elaboración propia.

Puerto

El puerto es el área donde se lleva a cabo la llegada, acopio, distribución y despacho tanto de la materia prima como del producto procesado. Su infraestructura permite la recepción diaria de materia prima mediante diversos modos de transporte, que, en los períodos de cosecha gruesa, alcanza aproximadamente 1500 camiones por día (40.000 toneladas/día), 550 vagones diarios (26.000 toneladas/día), en el muelle de barcasas, una descarga cercana a las 12.000 toneladas diarias.

Además, en la Imagen 15 se destacan sectores que albergan infraestructura clave como celdas de acopio, silos australianos, silos verticales y otras estructuras de gran envergadura, que inciden significativamente en la dinámica de circulación vial dentro del puerto.

Industria

La industria es la zona donde se procesa y se agrega valor a la materia prima, es decir, al poroto de soja. En la Imagen 15, se pueden distinguir varios puntos clave, entre ellos:

- Dos plantas de crushing, cuya capacidad instalada conjunta alcanza 20.000 toneladas diarias de procesamiento.
- Industria oleoquímica, encargada de transformar el aceite crudo extraído en el proceso de crushing, en productos de mayor valor agregado, como aceite neutro, biodiesel, glicerina (cruda y refinada).
- Planta de procesamiento y obtención de lecitina de soja, subproducto derivado del crushing.

Cabe destacar que la materia prima y sus derivados se transportan internamente entre el puerto y la industria mediante cintas transportadoras y oleoductos. Asimismo, existe una única conexión vial, ya que la infraestructura ferroviaria limita la libre circulación entre ambas áreas (ver Referencia 11, Imagen 15). Además, hay tres pasarelas peatonales destinadas a la circulación del personal.

5.1.2. Gestión

La empresa cuenta con diversas áreas que gestionan el proceso logístico y administrativo, destacándose la dependencia de Planificación, Programación y Control (PPC), responsable de la operación en el área de puerto. Esta área tiene las siguientes funciones:

- Coordinar la recepción de materias primas y productos con valor agregado provenientes de otras plantas y/o lugares.

- Gestionar el almacenamiento y manipulación para preparar los productos destinados a despacho (ya sea por embarque o camiones) y abastecer a la industria con materia prima.
- Supervisar el embarque y carga de productos con valor agregado para su despacho y exportación.

Si bien PPC es un área clave en la gestión, trabaja en conjunto con otros sectores que garantizan el correcto funcionamiento de los procesos:

Mantenimiento: encargado del mantenimiento y reparación de la infraestructura necesaria para la operación.

Calidad y Confiabilidad: responsable de asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos mediante la recolección, análisis y procesamiento de datos.

Ingeniería y Obras: encargado de implementar modificaciones y mejoras que optimicen la calidad y seguridad del proceso.

Seguridad, Higiene y Medio Ambiente: responsable de la prevención de riesgos en los procesos, obras y actividades dentro de la planta.

Existen otros sectores dentro de la gestión de la empresa, pero para los fines de este estudio no se consideran relevantes y, por lo tanto, son omitidos.

5.2. Carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones

El servicio de “carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones”, también denominado internamente en la compañía como “recarga de camiones”, consiste en la distribución de tres productos con valor agregado mediante camiones cerealeros: *pellet de soja, harina de soja y pellet de girasol*.

Este servicio, constituye una actividad que, si bien representa una fracción marginal del volumen total operado por la planta (aproximadamente entre el 1% y 2% del total despachado), posee una función estratégica significativa en el esquema comercial de la empresa.

Comercialmente está orientado a clientes de cercanía y mediana distancia, como productores ganaderos, cooperativas y pymes agroindustriales, y permite atender demandas específicas vinculadas al consumo local de insumos para alimentación animal u otros procesos. Sin embargo, su verdadera relevancia no radica en el impacto económico directo que genera, sino

en su capacidad para sostener relaciones comerciales clave con actores que resultan fundamentales para el abastecimiento constante de materia prima.

En muchos casos, los clientes que requieren este servicio son, a su vez, proveedores importantes de granos y oleaginosas que ingresan a la planta por otras vías de comercialización. Al ofrecerles una solución logística adicional y adaptada a sus necesidades particulares, aunque de escala reducida, la empresa fortalece su posición como nodo confiable y versátil dentro de la cadena agroindustrial.

Las cantidades demandadas se mantienen regularmente durante todo el año, variando entre 1500 y 1800 toneladas diarias, con un volumen máximo histórico de 2.200 toneladas diarias. Esto representa un flujo de entre 50 y 80 camiones diarios, considerando que cada camión transporta, en promedio, 28 toneladas de producto. El promedio histórico anual ronda las 120.000 toneladas.

Según la información brindada por el personal de PPC, el porcentaje diario de despacho de cada producto es: 40% pellet de soja; 35% harina de soja; 25% pellet de girasol.

5.2.1. Descripción del proceso

A continuación, se detalla el proceso actual de “*recarga de camiones*”, desde el ingreso del camión vacío a la planta hasta su salida con la mercancía, y, para facilitar la descripción, se presenta en primer lugar el Layout general (Imagen 16).

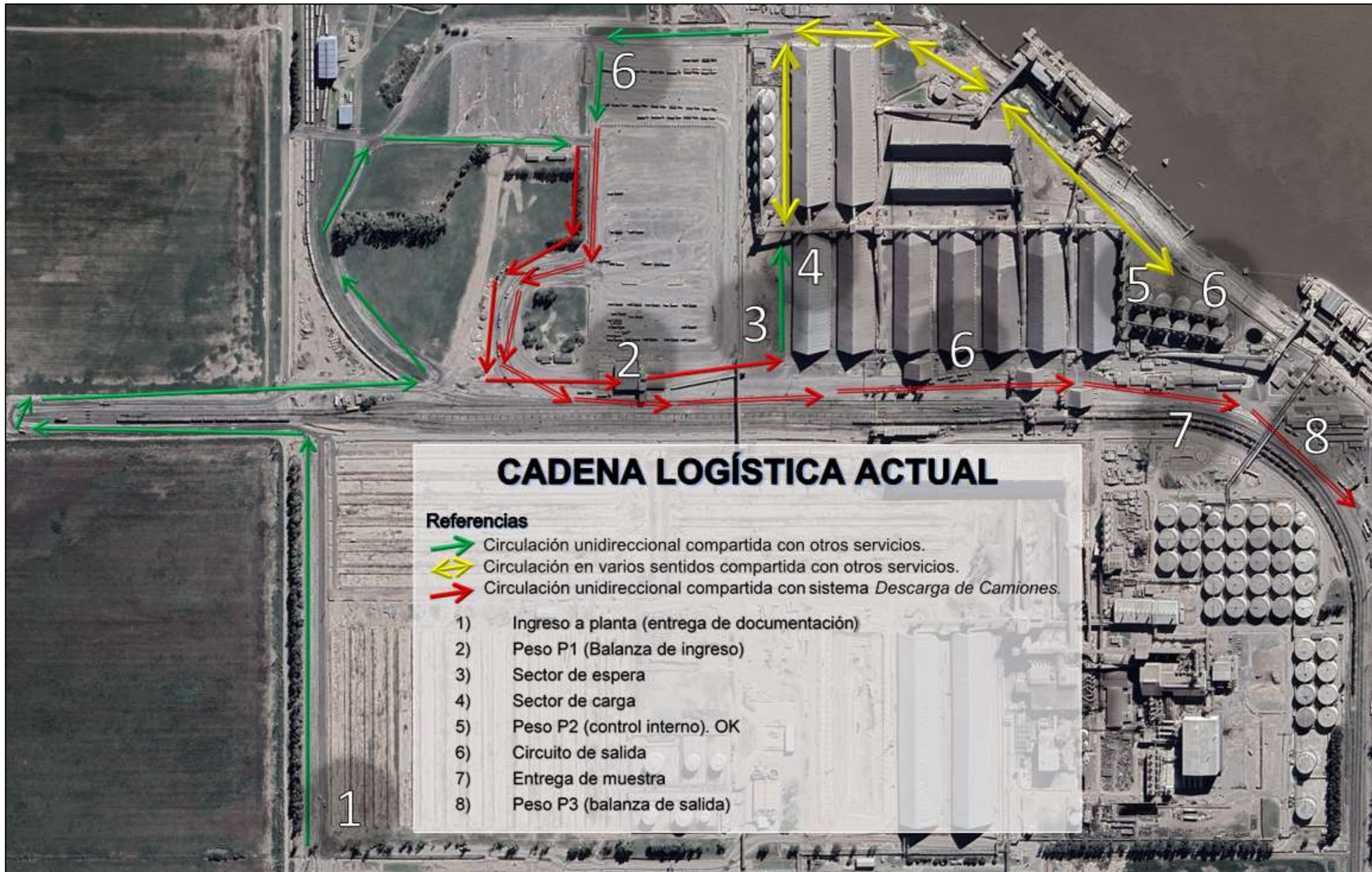


Imagen 16: Cadena logística actual. Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Imagen 16, el transporte atraviesa varias etapas, descriptas a continuación:

1. Ingreso y registro: el transportista se anuncia en portería de la planta, que tiene un período de horario de atención desde las 7 hs hasta las 17 hs. Tras la aprobación en el sistema de gestión integrado SCADA (Control Supervisor y Adquisición de Datos), el camionero ingresa a planta con el camión.
2. Balanza de ingreso: tras recorrer 2,75 km. por los circuitos internos, el camión llega a la balanza de ingreso, donde se registra el peso inicial P1. Este dato queda registrado en el sistema SCADA.
3. Playa de espera: luego de avanzar 0,25 km desde la balanza, el camión llega a la zona de espera, donde debe ubicarse según las indicaciones del supervisor y el producto a cargar.

La carga se realiza en un sector aledaño a una celda de acopio, dividida internamente en tres sectores, uno por cada producto a despachar. Este tipo de celda permite un almacenamiento selectivo, ya que la boca de descarga de la cinta transportadora puede ubicarse en diferentes posiciones según el producto requerido.

4. Carga de camión: el supervisor de carga indica al conductor cómo posicionar el camión en la zona de carga (ver Imagen 11). Una vez ubicado correctamente, la pala cargadora procede con la carga en aproximadamente 8 maniobras (paladas).
5. Control de peso interno: para verificar que la carga es correcta en términos de peso, antes de iniciar el circuito de salida de la planta el camión debe pasar por una balanza de control interno, ubicada a 1,00 km de distancia, donde se registra el peso P2.

Un operario en la balanza confirma que el peso es el adecuado antes de autorizar el siguiente paso.

6. Ruta de salida: el camión recorre 2,30 km. hasta la próxima parada.
7. Toma de muestras: en este punto, se extraen muestras del producto de distintos sectores del camión para su registro en la planta.
8. Balanza de salida: Tras avanzar 0,25 km, el camión llega a la balanza de salida, donde se registra el peso final P3, y se completa la operación.

En total, el camión recorre un mínimo de 6,55 km dentro de la planta, con un tiempo promedio de permanencia de 4 horas. A continuación, en la Tabla 1, se presenta el diagrama del proceso descrito.

Actividad	Operación	Inspección	Desplazamiento	Espera
Simbología				
1	Llegada del camión a planta			
2	Ingreso a planta (entrega de documentación)			
3	Traslado a balanza de ingreso		2,75 km	
4	Peso en balanza de ingreso (P1)			
5	Traslado a sector de espera para carga		0,25 km	
6	Espera a turno de carga			
7	Carga con pala frontal			
8	Traslado a balanza de control interno (P2)		1,00 km	
9	Espera en balanza de control interno (P2)			
10	Peso P2 conforme			
11	Traslado a toma de muestra		2,30 km	
12	Toma de muestra			
13	Traslado a balanza de salida (P3)		0,25 km	
14	Paso por balanza de salida (P3)			
15	Salida de planta (retiro de documentación)			

Tabla 1: Diagrama de proceso de la situación actual. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Variantes del proceso actual

Con cierta habitualidad el camión es cargado de manera incorrecta y ello se detecta al realizar el control interno de peso P2 (sobrecarga o carga insuficiente), lo cual implica que el camión deba recorrer un nuevo circuito interno detallado en la Imagen 17 para subsanar esta situación. Según lo informado por PPC, el porcentaje de carga incorrecta ronda el 20% diario, es decir, que aproximadamente entre 10 y 20 camiones deben realizar el siguiente proceso:



Imagen 17: Cadena logística actual: Situación con una carga incorrecta. Fuente: Elaboración propia.

1. Ingreso y registro: igual al proceso descrito anteriormente.
2. Balanza de ingreso: igual al proceso descrito anteriormente.
3. Playa de espera: igual al proceso descrito anteriormente.
4. Carga de camión: igual al proceso descrito anteriormente.
5. Control de peso interno: en este punto se encuentra la variante respecto del proceso original, ya que el “balancero” detecta que el peso del camión no es el adecuado. Ante esto, el camión debe regresar al punto de carga para corregir el error.
6. Ruta de recarga: el camión recorre 1,00 km. hasta el sector de carga.
7. Sector de recarga: el transportista informa al supervisor de carga sobre la subcarga o sobrecarga detectada. En caso de sobrecarga, se abren las boquillas del camión para descargar en el piso del sector, y luego la pala recoge y acopia el material. En caso de subcarga, la pala procede a realizar una carga “estimada”. Estos movimientos de mercancía son meramente visuales, ya que no hay un control preciso.
8. Control de peso interno: el camión vuelve a la balanza de control interno, ubicada a 1,00 km, para verificar que la carga sea la correcta, y, el operario de la balanza debe confirmar el peso antes de autorizar el siguiente paso.
9. Ruta de salida: el camión recorre 2,30 km. hasta la próxima parada.
10. Toma de muestras: igual al proceso descrito anteriormente.
11. Balanza de salida: Tras avanzar 0.25 km, el camión llega a la balanza de salida, donde se registra el peso final P3, y se completa la operación.

En total, el camión recorre 8,55 km dentro de la planta, lo que incrementa su tiempo de permanencia en aproximadamente 1 hora, alcanzando un promedio total de 5 horas. A continuación, en la Tabla 2, se presenta el diagrama del proceso mencionado.

Actividad	Operación	Inspección	Desplazamiento	Espera
Simbología				
1	Llegada del camión a planta			
2	Ingreso a planta (entrega de documentación)			
3	Traslado a balanza de ingreso		2,75 km	
4	Peso en balanza de ingreso (P1)			
5	Traslado a sector de espera para carga		0,25 km	
6	Espera a turno de carga			
7	Carga con pala frontal			
8	Traslado a balanza de control interno (P2)		1,00 km	
9	Espera en balanza de control interno (P2)			
10	Paso por balanza control interno (P2). NO CONFORME			
11	Traslado a sector de espera para 2da carga		1,00 km	
12	Espera a turno de 2da carga			
13	2da Carga con pala frontal			
14	Traslado a balanza de control		1,00 km	
15	Espera en balanza de control			
16	Peso P2 conforme			
17	Traslado a toma de muestra		2,30 km	
18	Toma de muestra			
19	Traslado a balanza de salida (P3)		0,25 km	
20	Paso por balanza de salida (P3)			
21	Salida de planta (retiro de documentación)			

Tabla 2: Diagrama de proceso. Situación con una carga incorrecta. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Análisis de problemas y puntos críticos

El sistema tal como fue descrito, presenta una serie de puntos críticos que afectan la eficiencia y sostenibilidad del mismo. Éste, como ya se ha mencionado en apartados anteriores, se encuentra inmerso en un sistema más grande que tiene como objetivo principal brindar servicios a mercados de mayor volumen. Por ende, se analiza de manera integral el funcionamiento y la sostenibilidad del mismo con el resto de los servicios ofrecidos por la terminal.

En función de lo plasmado en la Imagen 17, se genera una nueva, haciendo énfasis en los puntos críticos a abordar, tanto en la superposición con otros sistemas como así también en el funcionamiento del proceso de estudio, propiamente dicho.

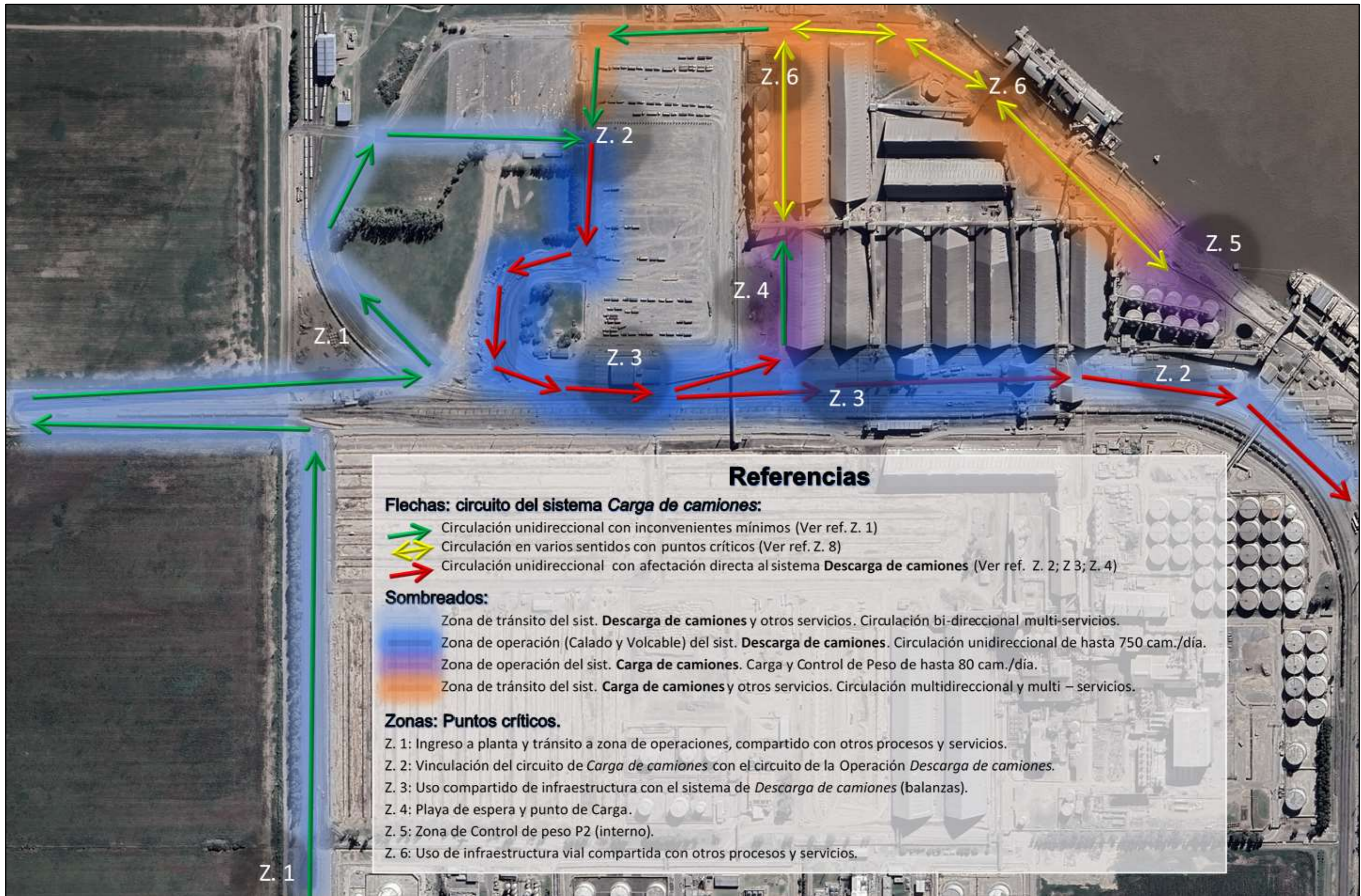




Imagen 18: Cadena logística actual: Análisis de problemas y puntos críticos. Fuente: Elaboración propia.


De acuerdo con lo expuesto sintéticamente en la Imagen 18, se procede a ordenar la información, dando mayor detalle y posibilitando mejor entendimiento.

Flechas: Circuito del sistema Carga de Camiones


Más allá de lo descrito en la Imagen 16 e Imagen 17 (sentido y lugar de circulación de los camiones, y detalles ya mencionados), es posible hacer hincapié en algunos aspectos salientes de la Imagen 18:


 La circulación es relativamente normal y segura, por caminos compartidos con otros procesos y servicios, sin embargo, el uso y demanda de la infraestructura vial es alto, por lo que podría presentar ciertos niveles de “congestión”.

 La circulación en esta parte del circuito de la operación es bidireccional. La misma toma mayor preponderancia y genera los mayores riesgos, porque estos tramos atraviesan zonas que experimentan una alta demanda de operaciones simultáneas que hacen al funcionamiento cotidiano del Puerto. Una gran cantidad de vehículos de mediano y gran porte de contratistas que realizan obras y servicios, vehículos internos de la Terminal ligados a operaciones portuarias (almacenamiento y manipulación de materias primas y derivados, entre otras) circulan diariamente por las mismas calles que lo hacen los 80 camiones diarios de la operación en análisis.

 La circulación en esta instancia tiene alta preponderancia e impacto, ya que se realiza en callejones unidireccionales con controles exhaustivos en lo que a seguridad patrimonial respecta, particularmente, porque comparte el circuito con el sistema de *Descarga de camiones* (ver *pág. 18*). La demanda de la infraestructura vial es alta, por lo que se genera un importante deterioro de la misma y, consecuentemente, un alto impacto sobre la operación estrella de la empresa.

Sombreados

 Por estos sectores circulan de manera unidireccional (sólo traslado, no operación) los camiones que están afectados a realizar la Operación de *Descarga de Camiones*. En menor medida, hacen uso también estas vías otros usuarios de menor importancia relativa, aunque con cierto aumento de la complejidad (aumento del riesgo de siniestro) debido a que lo hacen de manera bidireccional.

 Estos sectores son exclusivos para la operación de Calado y Descarga en el Sistema de *Descarga de camiones* (operación de hasta 750 camiones/día). El sistema de *Carga de camiones*, donde el máximo diario es de hasta 80, utiliza parte de la infraestructura.

En este caso lo que se indica es la zona donde se realizan dos de las operaciones importantes del sistema de *Carga de camiones*, por un lado la Carga del producto, y a una distancia de aproximadamente 1,00 km, el Control de Peso de la carga realizada.

Este sector se destaca por tener una circulación multidireccional de vehículos de mediano y gran porte, y a su vez, con un importante aumento del riesgo de siniestralidad, peatones. Todos estos desplazamientos, son tanto externos, brindando servicios a la terminal, como así también propios de la planta, por operaciones y procesos varios.

Puntos críticos

El sistema descrito hasta el momento, presenta una generalidad de puntos críticos que de alguna u otra forma desequilibran y alteran la sostenibilidad del proceso. En primera instancia se detallan los que afectan de manera general a todo el sistema:

- Trazabilidad deficiente. En diversas instancias el transporte asignado al proceso en análisis, convive con otros desplazamientos afectados a otros procesos. Al no tener demarcación clara y eficiente los circuitos afectados, aumenta el riesgo de errores y/o pérdidas, lo que trae aparejado una baja confiabilidad.
- Circulación excesiva/innecesaria. En relación al punto anterior, y analizando tramos de transporte internos descritos en las imágenes expuestas previamente, se detecta que el camión transita de manera repetida algunos sectores, ya sea por errores en la operación de carga como así también por el circuito ya preestablecido que indica pasar hasta tres veces por un mismo lugar, pero en diferentes instancias del proceso.
- Tiempo de permanencia en planta. En función de los dos puntos mencionados anteriormente, se vincula de manera directa que el tiempo de permanencia en planta de los transportes resulta excesivo, donde, por un lado, se detectan tiempos ociosos en diferentes puntos del sistema y, por otro lado, la repetición de circuitos (mayor recorrido) trae aparejado indefectiblemente mayores tiempos.

Ahora bien, discretizado en 6 zonas geográficas y teniendo en cuenta los detalles de cada operación del proceso en análisis, se realiza y expone la siguiente tabla resumen.

Zona	Punto crítico	Problemas	Áreas afectadas	Consecuencias
1	Ingreso a planta y circulación por zona demandada por otras operaciones/servicios	Acumulación de vehículos en ingreso	Infraestructura Logística Seguridad e Higiene	<ul style="list-style-type: none"> * Demoras y congestión de tránsito * Aumento del riesgo de siniestralidad * Permanencia ociosa de los transportes * Afectación a sistemas y procesos aledaños
		Deterioro acelerado de pavimentos en general		
2	Vinculación del circuito de Carga con el circuito de Descarga de camiones	Acumulación de vehículos y demoras en maniobras	Infraestructura Logística Seguridad e Higiene	<ul style="list-style-type: none"> * Demoras y congestión en proceso de mayor envergadura * Aumento del riesgo de siniestralidad * Permanencia ociosa de los transportes * Afectación a sistemas y procesos aledaños
		Deterioro acelerado de pavimentos en general		
3	Uso compartido de infraestructura con el sistema de Descarga de camiones (balanzas).	Acumulación y demoras en procesos aledaños	Infraestructura Logística Seguridad e Higiene	<ul style="list-style-type: none"> * Afectación a sistemas y procesos aledaños de mayor envergadura. * Aumento del riesgo de siniestralidad (circulación vial en diferentes sentidos y con bajo control) * Permanencia ociosa de los transportes
		Deterioro de infraestructura por alta demanda		
4	Playa de espera y punto de Carga	Capacidad de playa de espera insuficiente	Infraestructura Logística Seguridad e Higiene Medioambiente	<ul style="list-style-type: none"> * Aumento del riesgo de siniestralidad (circulación vial en diferentes sentidos y con bajo control) * Permanencia ociosa de los transportes * Demoras en el proceso por infraestructura no acorde y/o poco eficiente * Vuelco y/o siniestralidad de pala cargadora * Generación continua de gases contaminantes * Exposición al riesgo de atropellamiento y/o aplastamiento de supervisores y choferes * Contaminación ambiental y cruzada por derrame de productos * Entorpecimiento en el funcionamiento de desagües de la planta
		Deterioro de infraestructura por alta demanda y uso no controlado		
		Derrame de mercadería en el proceso de carga		
		Rampa metálica sin ubicación fija		
		Pala cargadora a combustión diésel		
5	Zona de Control de peso P2 (interno)	Ubicación lejana e ineficiente	Infraestructura Logística Seguridad e Higiene Medioambiente	<ul style="list-style-type: none"> * Afectación a sistemas y procesos aledaños de mayor envergadura * Aumento del riesgo de siniestralidad (circulación vial en diferentes sentidos y con bajo control) * Permanencia ociosa de los transportes * Traslados distantes e ineficientes * Contaminación por derrame de mecadería * Entorpecimiento en el funcionamiento de desagües de la planta
		Rotura de infraestructura por alta demanda y uso no controlado		
		Acumulación y demoras en procesos aledaños		
6	Uso de infraestructura vial compartida con otros procesos y servicios	Rotura de infraestructura por alta demanda y uso no controlado	Infraestructura Logística Seguridad e Higiene	<ul style="list-style-type: none"> * Afectación a sistemas y procesos aledaños * Aumento del riesgo de siniestralidad (circulación vial en diferentes sentidos y con bajo control) * Permanencia ociosa de los transportes * Traslados distantes e ineficientes * Contaminación por derrame de mecadería * Entorpecimiento en el funcionamiento de desagües de la planta
		Acumulación y demoras en procesos aledaños		
		Circulación ineficiente		

Tabla 3: Zonas y puntos críticos del sistema Carga de Camiones. Fuente: Elaboración propia.

5.4. Resumen de análisis de problemas y puntos críticos

Como se demuestra en los puntos anteriores, el sistema de “Carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones” presenta una serie de problemas interrelacionados que afectan la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad del proceso. A continuación, se enumeran de manera resumida en función del tecnicismo que los agrupa.

5.4.1. Ineficiencia operativa

- Recorrido interno excesivo: cada camión recorre un mínimo de 6,55 km dentro del predio y, ante la necesidad de recarga, esta distancia puede alcanzar los 8,55 km. Este circuito incluye zonas críticas compartidas con otros procesos logísticos, con todos los problemas que ello implica (ver Tabla 3).
- Tiempo de permanencia elevado: 4 a 5 horas por camión, lo cual es elevado para el tipo de carga y demanda.
- Errores frecuentes de carga: por estimaciones visuales con pala cargadora, sin control automático, lo cual obliga a recargas manuales y repeticiones del circuito.

5.4.2. Problemas de circulación y superposición de procesos

- Flujos no segregados, donde entre 50 y 80 camiones de carga comparten diariamente caminos con:
 - 750 camiones afectados a la operación de descarga de granos.
 - Vehículos y maquinarias internas de la empresa afectados a otros procesos y/o servicios.
 - Contratistas externos.
 - Personal de operaciones y peatones.
 - Zonas de tránsito bidireccional y sin separación física.

5.4.3. Infraestructura inadecuada o deteriorada

- Calles internas sin pavimento adecuado: zonas con capa de rodadura de ripio o escoria que se degradan con el tránsito pesado y generan polvo y sedimentos, además de generar demoras y aumentar el riesgo de siniestralidad y deterioro de vehículos.

- Rampa metálica móvil inestable: esta plataforma sin anclaje fijo es utilizada por la pala cargadora para alcanzar la altura del camión, lo que genera un importante riesgo de siniestralidad.

5.4.4. Problemas de trazabilidad y control

- Gran dependencia de control humano visual/manual.
- Deficiente control digital de los procesos: no hay uso de tecnologías (QR, por ejemplo) para realizar el seguimiento de cada camión.
- Deficiente integración entre sistemas de gestión: no existe cruce sistemático de información asociada a la balanza y el punto de carga.

5.4.5. Riesgos de seguridad e higiene

- Contaminación cruzada derivada de los movimientos de diferentes mercaderías en procesos con control deficiente.
- Alta exposición a polvo y ruidos a para operarios y choferes.
- Circulación de maquinaria y operarios con protocolos poco claros o no definidos.

5.4.6. Impacto ambiental

- Emisiones de gases contaminantes por la generación de desplazamiento internos innecesarios.
- Material particulado en suspensión por la existencia de capas de rodadura no pavimentadas en zonas de alto tránsito.
- Posible arrastre de residuos a sectores sensibles en materia de desagües y saneamientos.

5.5. Alternativas de solución

A continuación, se exponen alternativas de soluciones a los diferentes problemas detectados.

5.5.1. Logística y gestión operativa

En lo que a logística respecta, se plantea como objetivo la reducción de tiempos, recorridos y errores a lo largo de todo el proceso, y para ello se realiza el siguiente listado de propuestas:

- Rediseñar el layout de circulación interna, creando un circuito exclusivo que optimice la distancia recorrida durante la operación, utilizando recursos y herramientas tales como separadores físicos (delineadores, cordones montantes, entre otros), señalización vertical y demarcación vial, entre otros.
- Etiquetar digitalmente (QR) cada camión desde el momento de ingreso, con el objeto de lograr la trazabilidad de producto y del vehículo.
- Incorporar el control de peso dinámico antes del despacho en zona de carga, con sensores in situ (balanza móvil, pala cargadora con sensor de pesaje, entre otros)
- Aplicar un software de control centralizado que integre básculas, SCADA y orden de despacho.
- Implantar paneles LED para la comunicación de instrucciones operativas a los choferes en tiempo real.
- Incorporar una actividad anual de capacitación obligatoria para choferes externos.

5.5.2. Infraestructura

En lo que a infraestructura compete, las alternativas de mejora deben tener un enfoque objetivo con respecto a favorecer y dar lugar al mantenimiento preventivo y predictivo, tanto de instalaciones existentes como así también de las nuevas, para lograr una infraestructura durable, segura y eficiente. Las propuestas son:

- Pavimentar con hormigón sectores claves (circulación multidireccional, desagües pluviales críticos, entre otros)
- Señalizar verticalmente, con equipamiento luminoso (semáforos) y no luminoso (cartelería) y demarcar horizontalmente la infraestructura vial y los espacios comunes.
- Implantar un sistema de cargas automatizadas (tipo tolva elevadora, banda dosificadora, pala con sensor de carga).

- Crear un sistema de “calles logísticas exclusivas” para determinados procesos críticos, a partir de carriles segregados para, por ejemplo, los desplazamientos de los camiones que deben cargar.
- Generar un bypass operativo para evitar interacción con sectores de descarga.

5.5.3. Seguridad e higiene

En este punto, los objetivos específicos son minimizar riesgos personales y laborales, para lo cual se propone:

- Incorporar separadores físicos (New Jersey, barandas tipo “bionda”, entre otros) para segregarse los espacios de operación de camiones y/o maquinarias y el desplazamiento de los peatones.
- Incorporar un sistema de auditorías de seguridad periódicas con listas de chequeo.
- Anexar protocolos de uso obligatorio de elementos de protección personal para choferes y operarios.
- Reemplazar las rampas móviles por fijas, que estén debidamente ancladas y dispongan de seguridad estructural.
- Diseñar e implantar un sistema de aviso automático por altavoz en caso de error de operación.

5.5.4. Impacto ambiental

Las soluciones planteadas a continuación tienen como objetivo minimizar las emisiones de polvo, ruido y disminuir los residuos generados:

- Instalar estaciones de lavado de neumáticos en la salida de la planta.
- Construir barreras verdes y vegetación perimetral para contener polvo y ruido, y minimizar el impacto sobre el entorno inmediato.
- Sistematizar de manera diaria el regado de calles sin pavimentos.
- Realizar una prueba piloto de incorporación de vehículos eléctricos o híbridos internos para el desarrollo de tareas logísticas internas.
- Desarrollar un plan de monitoreo ambiental continuo (ruido, partículas, emisiones).
- Desarrollar una campaña de concientización ambiental interna, con la incorporación de indicadores claves que sean de conocimiento público.

5.6. Soluciones y plan de implementación

El presente apartado tiene por finalidad describir las estrategias de mejora definidas en función del diagnóstico desarrollado anteriormente. A partir del análisis de los procesos involucrados en la operación de carga, se identificaron las oportunidades de mejora que fueron agrupadas y priorizadas considerando su impacto potencial y el esfuerzo requerido para su ejecución.

En este sentido, las soluciones propuestas no responden a una única acción puntual, sino que se estructuran como un conjunto integral y progresivo de intervenciones que buscan mejorar la eficiencia operativa, reducir los riesgos para las personas e instalaciones, y minimizar el impacto ambiental del proceso.

El abordaje propuesto contempla tanto medidas de implementación rápida, que no requieren inversión económica significativa, como así también proyectos que demandan cierto grado de desarrollo tecnológico y/o adecuaciones físicas. Finalmente, se incluyen obras estructurales de mayor envergadura que permitirán dar una mejor solución a los principales puntos críticos identificados.

Las soluciones no se limitan a una única medida correctiva, sino que se organizan como un conjunto progresivo de intervenciones, ordenadas en tres fases según su complejidad:

FASE 1

Acciones inmediatas con muy baja inversión, tales como reordenamiento de circuitos internos, mejora en la señalización y capacitación operativa.

FASE 2

Proyectos de baja o media inversión, como la incorporación de sistemas de trazabilidad, reorganización de espacios y herramientas digitales de control.

FASE 3

En función del análisis operativo y de las condiciones actuales del proceso de carga se identifica la necesidad de ciertas “obras estructurales de alto impacto”. Éstas es posible describirlas en el marco de tres alternativas diferentes, para resolver los principales problemas del sistema (errores de carga, demoras, recorridos excesivos y riesgos operativos). Si bien son excluyentes entre sí, debido a que cada una contempla una solución integral de fondo mediante distintos recursos tecnológicos y estructurales, todas comparten una acción clave: la apertura de un nuevo recorrido logístico exclusivo de 4,3 km dentro del predio, que permite separar la operación de carga del resto de los procesos y evitar superposiciones.

El ordenamiento y priorización de estas soluciones se realizó considerando criterios de impacto (en términos de eficiencia, seguridad y sustentabilidad) y factibilidad de implementación a corto plazo (en función de su complejidad técnica y requerimientos de inversión). Para ello, se construyó una matriz de priorización que permite visualizar con claridad cuáles son las medidas más relevantes y de ejecución más inmediata.

A través de este enfoque integral y progresivo, se busca dotar al proceso de carga de camiones de una lógica más ágil, precisa y sustentable, mejorando tanto la operatividad como los resultados medibles del sistema.

5.6.1. Priorización de soluciones

Las propuestas de mejora se clasifican según:

- Impacto esperado en eficiencia, seguridad y sostenibilidad (alto – medio – bajo).
- Factibilidad de implementación a corto plazo, técnica y económica (alta – media – baja).

N°	Solución	Impacto	Factibilidad	Fase	Detalles
1	Reordenamiento del circuito interno actual	Alto	Alta	Fase 1	Mejora inmediata, sin necesidad de inversión económica
2	Capacitación operativa para choferes y personal	Medio	Alta	Fase 1	Base para estandarización de procesos, sin necesidad de inversión económica
3	Nueva señalética vial interna y codificación de zonas	Medio	Alta	Fase 1	Mejora circulación, seguridad y comunicación visual, con baja inversión económica
4	Turnos digitales para camiones (formulario web / planilla)	Alto	Media	Fase 2	Mejora la gestión del flujo y tiempos de espera, con cierto desarrollo técnico e inversión económica
5	Sistema de trazabilidad con QR	Alto	Media	Fase 2	Control en tiempo real del camión, carga y destino, requiriendo baja inversión económica
6	Señalización semafórica y control de flujo vehicular interno	Medio	Media	Fase 2	Mejora seguridad en zonas críticas, requiriendo baja inversión económica
7	Barreras físicas entre peatones y maquinaria (New Jersey, barandas)	Medio	Media	Fase 2	Separación de peatones, maquinaria y vehículos, con mediana inversión económica
8	Sistema de humidificación de calles no pavimentadas	Medio	Media	Fase 2	Reducción de polvo ambiental, con inversión baja inversión económica
9	Lavado de neumáticos y monitoreo ambiental (polvo, ruido, emisiones)	Medio	Media	Fase 2/3	Mejora en higiene, cumplimiento ambiental, con mediana inversión económica
10	Apertura del nuevo recorrido logístico (4,3 km)	Muy alto	Bajo (USD 200.000)	Fase 3	Mejora sustancial en distancias, tiempos y superposición de procesos, con alta inversión técnica y económica
11	Pavimentación del nuevo recorrido (2.500 m ²)	Muy alto	Bajo (USD 375.000)	Fase 3	Mejora tránsito, precisión de pesaje, reducción de emisiones, con alta inversión técnica y económica
12	Opción A: Incorporación de balanza móvil	Alto	Bajo (USD 75.000)	Fase 3	Requiere precisión y pavimento, mejora el control post-carga, con mediana inversión técnica y económica
13	Opción B: Tolva con balanza de batch + rampa fija	Muy alto	Muy bajo (USD 495.000)	Fase 3	Automatiza carga y elimina errores, obra civil con alta inversión técnica y económica
14	Opción C: Pala híbrida/eléctrica con pesaje integrado	Muy alto	Bajo (USD 120.000)	Fase 3	Sustituye rampa, balanza y tolva; solución tecnológica compacta con alta inversión técnica y económica

Tabla 4: Matriz de soluciones ponderadas. Fuente: Elaboración propia.

Notas:

- Las soluciones 12, 13 y 14 son excluyentes entre sí: representan tres soluciones estructurales alternativas para resolver la problemática principal del sistema de carga.
- Los costos reflejados son estimativos y elaborados en función de información brindada por personal de la empresa. A estos se le deben sumar los costos operativos de implementación (capacitación, ajustes de layout, entre otros), no contemplados en esta estimación.

5.6.2. Plan de Implementación

Se propone un enfoque gradual en tres fases:

FASE 1 – Acciones con muy baja inversión (Implementación inmediata)

Objetivo: Mejoras organizativas y operativas inmediatas.

- Revisión y reorganización del flujo actual para evitar zonas críticas entre transportes correspondientes a distintas operaciones.
- Señalización vial y de espacios comunes (desplazamientos peatonales internos) con insumos existentes en planta (New Jersey, por ejemplo) o una mínima inversión.
- Capacitación a choferes y supervisores sobre “mejores prácticas, particularmente relacionado con la seguridad, la eficiencia y los errores frecuentes en el interior de la planta.
- Manual interno con protocolo para carga correcta de los vehículos en función del peso objetivo.
- Implementación de sistema de turnos.
- Codificación visual de camiones y zonas de carga.

FASE 2 – Proyectos con baja inversión

Objetivo: Incorporar tecnología de control y orden digital.

- Asignación de códigos QR desde el ingreso a cada camión para facilitar trazabilidad y control de operaciones.
- Incorporación en plataforma digital la visualización en línea para que PPC monitoree operaciones y optimice recursos.
- Implantación de barreras móviles y señalización semafórica en cruces críticos para minimizar riesgos de siniestros.
- Sistematización e incorporación a plan de mantenimiento diario el regado de calles sin pavimentos.
- Instalación de sensores de carga en pala cargadora para medición del peso cargado previendo desvíos.
- Implementación, en puntos clave del proceso, ensayos de trazabilidad del producto y validación de carga correcta.

FASE 3 – Obras estructurales (Alta inversión)

Objetivo: Rediseño físico y tecnológico del sistema.

○ **Opción A – Incorporación de balanza móvil.**

- Apertura del nuevo recorrido de 4,3 km.
- Instalación de balanza en el recorrido (cercana al punto de carga).
- Mantener operación con pala cargadora actual (sin automatización).
- Control de peso a realizar luego de la carga, con posibilidad de corrección in situ.
- Requiere pavimentación para garantizar la precisión del pesaje.

Ver Imagen 14 e Imagen 19.

○ **Opción B: Automatización con tolva dosificadora y rampa fija.**

- Apertura del nuevo recorrido de 4,3 km.
- Instalación de tolva dosificadora con sistema automático de carga (utilización de balanza con sistema tipo Batch o de flujo).
- Reemplazo de rampa metálica por estructura fija con mayor seguridad estructural.
- No se requiere balanza móvil, ya que el sistema dosifica y pesa en el punto de carga.
- Precisión alta desde el origen.

Ver Imagen 20 e Imagen 21.

○ **Opción C: Incorporación de pala híbrida/eléctrica con balanza integrada.**

- Apertura del nuevo recorrido de 4,3 km.
- Incorporación de pala cargadora híbrida/eléctrica con balanza y brazo telescópico.
- Se prescinde de balanza móvil, tolva y rampa (carga controlada desde el origen).
- Reduce emisiones, ruidos y riesgo por rampas móviles.
- No requiere automatización estructural ni grandes obras.

Ver Imagen 22 e Imagen 23.



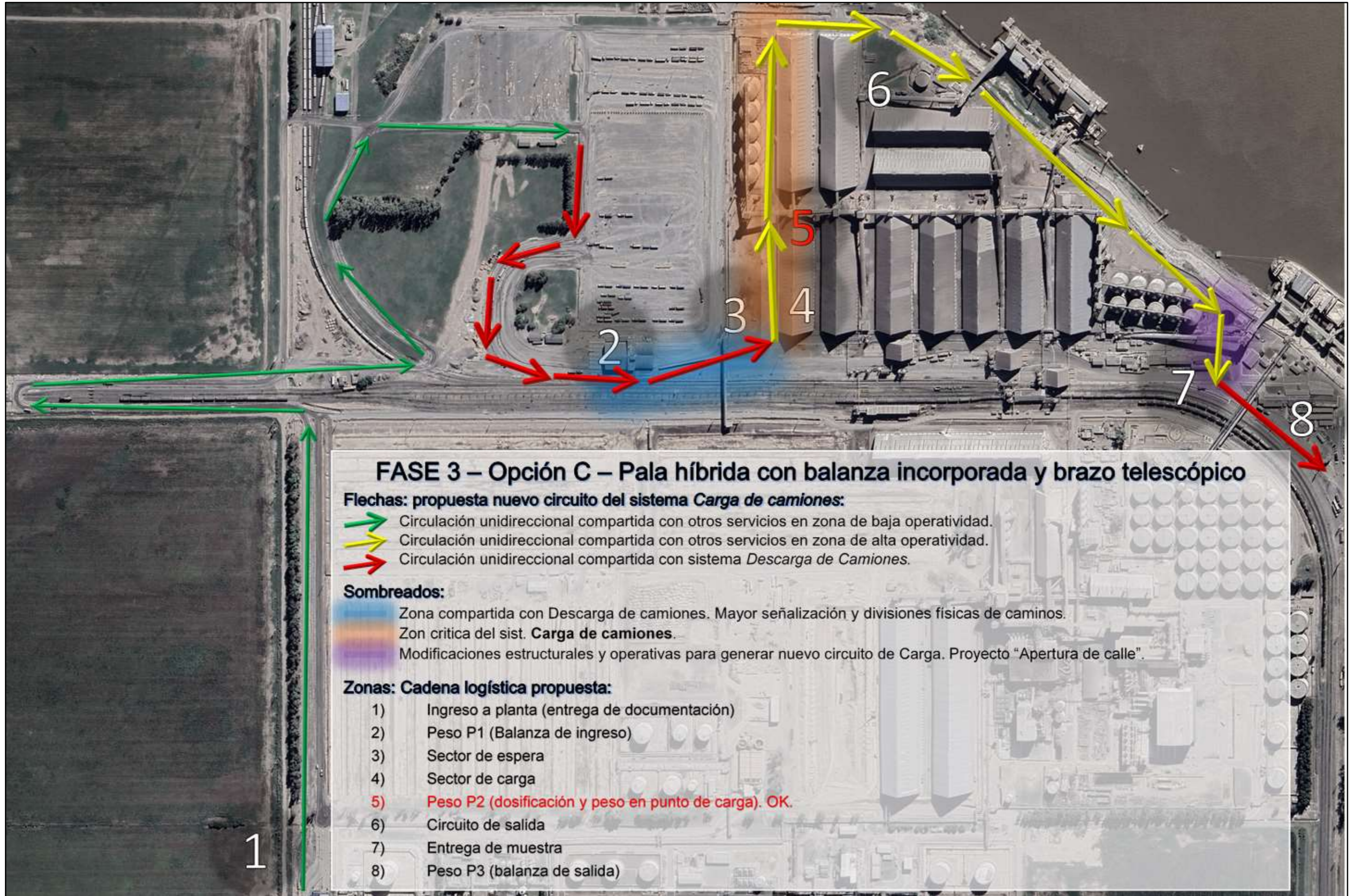
Imagen 19: FASE 3 - Opción A - Incorporación de balanza móvil. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 20: FASE 3 - Opción B – Tolva dosificadora y Rampa Fija. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 21: Ejemplo tolva de carga con dosificador. Fuente: web es.zanin-italia.com.



FASE 3 – Opción C – Pala híbrida con balanza incorporada y brazo telescópico

Flechas: propuesta nuevo circuito del sistema Carga de camiones:
 → Circulación unidireccional compartida con otros servicios en zona de baja operatividad.
 → Circulación unidireccional compartida con otros servicios en zona de alta operatividad.
 → Circulación unidireccional compartida con sistema Descarga de Camiones.

Sombreados:
 Zona compartida con Descarga de camiones. Mayor señalización y divisiones físicas de caminos.
 Zon crítica del sist. Carga de camiones.
 Modificaciones estructurales y operativas para generar nuevo circuito de Carga. Proyecto "Apertura de calle".

- Zonas: Cadena logística propuesta:**
- 1) Ingreso a planta (entrega de documentación)
 - 2) Pesa P1 (Balanza de ingreso)
 - 3) Sector de espera
 - 4) Sector de carga
 - 5) Pesa P2 (dosificación y peso en punto de carga). OK.
 - 6) Circuito de salida
 - 7) Entrega de muestra
 - 8) Pesa P3 (balanza de salida)

Imagen 22: FASE 3 - Opción C – Pala híbrida con balanza incorporada y brazo telescópico. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 23: Ejemplo pala cargadora híbrida con brazo telescópico y balanza incorporada. Fuente: www.fendt.com

A modo de comentario, puede afirmarse que la incorporación de una pala híbrida con sistema de pesaje integrado y brazo telescópico representa una solución tecnológica moderna y con bajo impacto ambiental, capaz de resolver múltiples problemáticas del proceso con una inversión total similar a la opción de balanza móvil. Esta alternativa no sólo mejora la precisión del control de carga, sino que además elimina la necesidad de estructuras complementarias como la rampa metálica, reduciendo significativamente los riesgos operativos.

Por su parte, la tolva automática implica un desembolso inicial considerablemente mayor, pero garantiza el más alto nivel de automatización y precisión técnica, consolidándose como una opción de avanzada para entornos que demandan una operación intensiva, estandarizada y sostenible a largo plazo.

Finalmente, la balanza móvil se presenta como una alternativa intermedia, que permite mejorar sustancialmente el control de peso con una inversión relativamente baja y rápida implementación. No obstante, al mantener el uso de la pala actual y de la rampa metálica, conserva ciertos riesgos estructurales y operativos que podrían limitar su eficacia en el largo plazo.

Concepto	Opción A: Balanza móvil	Opción B: Tolva automática + rampa fija	Opción C: Pala híbrida con pesaje
Apertura de calle (4,3 km)	USD 200.000	USD 200.000	USD 200.000
Pavimentación sectores claves (2.500 m ²)	USD 375.000	USD 375.000	USD 375.000
Sistema de carga	Pala actual + balanza móvil	Pala actual + Tolva automática dosificadora	Pala híbrida con brazo telescópico y pesaje integrado
Inversión en pesaje/carga	Balanza móvil: USD 75.000	Tolva: USD 450.000	Pala nueva: USD 120.000
Reemplazo de rampa	No	Rampa fija: USD 45.000	No requiere rampa
Total estimado (USD)	USD 650.000	USD 1.070.000	USD 695.000
Control de peso	Después de la carga	Durante la carga	Durante la carga
Precisión del peso	Alta (verificación posterior)	Muy alta (sistema dosificador)	Alta (en origen, en pala)
Automatización	Baja	Alta	Media (depende del operador)
Impacto ambiental (emisiones, ruido)	Medio	Medio	Bajo (vehículo híbrido o eléctrico)
Tiempo de implementación estimado	Bajo – Medio	Alto	Medio
Requiere obra civil compleja	No	Sí	No
Sustituye rampa metálica actual	No	Sí	Sí

Tabla 5: Resumen comparativa técnica y económica de las 3 opciones. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla comparativa (Tabla 6) de los beneficios esperados para cada una de las tres alternativas estructurales planteadas en la FASE 3. Esta síntesis permite visualizar de forma integrada el impacto operativo, ambiental y funcional que se proyecta en caso de implementarse cada solución, considerando variables clave como el tiempo, la precisión, la seguridad, el nivel de automatización y el costo estimado de inversión. Esta comparación resulta fundamental para facilitar la toma de decisiones, ya que permite ponderar no solo el monto de inversión inicial, sino también la calidad y alcance de las mejoras que cada alternativa es capaz de aportar al proceso logístico de carga de camiones.

Indicador / Beneficio	Situación actual	Opción A: Balanza móvil	Opción B: Tolva automática + rampa fija	Opción C: Pala híbrida con pesaje
Recorrido interno por camión	6,55 – 8,55 km	↓ a 4,3 km	↓ a 4,3 km	↓ a 4,3 km
Tiempo promedio en planta	4 – 5 h	↓ a 2,5 – 3 h	↓ a 2 – 2,5 h	↓ a 2 – 2,5 h
Errores de carga / recargas	20%	↓ a 5 – 10 %	↓ a ≤ 5 %	↓ a 1 – 2 %
Control de peso del camión	Visual / externo	Externo (posterior a la carga)	Interno (durante la carga)	Interno (desde el equipo de carga)
Necesidad de recarga por error	Alta (20 %)	Baja (solo si balanza detecta)	Muy baja (precisión del dosificador)	Muy baja (pesaje al cargar)
Reducción de tránsito innecesario	—	Alta	Muy alta	Muy alta
Emisiones en zona operativa	Elevadas	Reducción media	Reducción media	Reducción alta (vehículo híbrido/eléctrico)
Riesgo por rampa metálica móvil	Alto	Se mantiene	Mitigado (rampa fija)	Eliminado (no requiere rampa)
Nivel de automatización	Muy bajo	Bajo	Alto	Medio (depende del operador)
Ruido operativo	Elevado (>80 dB)	Medio	Medio	Bajo (<65 dB)
Precisión del sistema de carga	Baja (visual)	Media	Muy alta	Alta
Requiere obra civil compleja	—	No	Sí	No
Sustituye balanza, tolva y rampa metálica	—	No	Sí (sustituye balanza, requiere rampa fija)	Sí (reemplaza los tres elementos)
Inversión estructural estimada (USD)	—	USD 650.000	USD 1.070.000	USD 695.000

Tabla 6: Beneficios esperados según implementación de diferentes opciones. Fuente: Elaboración propia.

Notas:

- En condiciones ideales utilizando la pala híbrida con sistema de pesaje, el margen de error de carga/recarga tiende a cero, pero depende del operador, por eso es que se da un margen de error del 2%.
- Los valores planteados son estimaciones proyectadas con base en condiciones operativas normales.

5.7. Indicadores de Seguimiento y Documentación

Con el objetivo de garantizar la trazabilidad del proceso de mejora, en este apartado se sugiere un conjunto de indicadores clave de desempeño (KPIs) que permitirán medir, monitorear y documentar el impacto de las acciones implementadas. Estos indicadores se organizan según su área de influencia, ya sea operativa, ambiental, de seguridad y de gestión, y servirán como herramienta para la toma de decisiones basadas en evidencia.

Además, se proponen instrumentos y métodos para la documentación del impacto de las mejoras implementadas, lo cual resulta fundamental tanto para validar los resultados alcanzados como para garantizar la sostenibilidad del sistema a lo largo del tiempo. La aplicación regular de estos indicadores permitirá no solo detectar desvíos o ineficiencias, sino también generar evidencia objetiva para la toma de decisiones y la planificación de nuevas acciones de optimización, tanto a nivel operativo como estratégico.

Para medir la efectividad del plan, se definen los siguientes indicadores:

Indicadores Operativos	Situación actual	Meta estimada tras implementación
Tiempo promedio por camión	4 – 5 h	≤ 2,5 h
Recorrido interno promedio	6,55 – 8,55 km	≤ 4,3 km
% de camiones con recarga	20%	≤ 5 % (tolva/balanza) / ≤ 2 % (pala híbrida)
Tiempos ociosos por espera	Elevados	Reducción ≥ 50 %
Camiones atendidos por día	50 – 80	Flujo continuo sin congestión

Tabla 7: Indicadores Operativos. Fuente: Elaboración propia.

Indicadores de Seguridad y Medioambiente	Situación actual	Meta estimada tras implementación
Incidentes viales internos / mes	Alto riesgo	Cero incidentes
Emisiones de polvo y partículas	Elevadas	Reducción ≥ 60 %
Nivel sonoro en zona de carga	> 80 dB	≤ 65 dB (con pala híbrida)
Emisiones por tránsito interno	Altas	Reducción ≥ 40 %

Tabla 8: Indicadores de Seguridad y Medioambiente. Fuente: Elaboración propia.

Indicadores de Trazabilidad y Gestión	Situación actual	Meta esperada
% de camiones con trazabilidad digital	0%	100 % (con sistema QR)
Errores de asignación de producto	Casos recurrentes	Cero
Uso del sistema de turnos	Nulo	≥ 90 % de adopción

Tabla 9: Indicadores de Trazabilidad y Gestión. Fuente: Elaboración propia.

Para asegurar la trazabilidad de los resultados y validar el impacto de las acciones implementadas, se propone a continuación un conjunto de mecanismos de documentación y seguimiento sistemático. Estas herramientas permitirán registrar de forma objetiva los cambios producidos en el sistema, facilitar auditorías internas y respaldar la mejora continua mediante evidencia concreta.

- Informes mensuales con comparativas antes / después.
- Encuestas de percepción y satisfacción a choferes y operarios.
- Registro de eventos (recargas, desvíos, demoras).
- Auditorías de higiene y seguridad (SHyMA).
- Tableros digitales con KPIs en tiempo real.
- Mapeo digital geográfico del recorrido interno.
- Documentación fotográfica del circuito y mejoras.

6. Conclusiones

El presente trabajo ha permitido abordar, desde una mirada integral y aplicada, la mejora del proceso de *“carga y despacho de mercancía sólida a través de camiones”* en una empresa agroindustrial de gran escala. A través de un enfoque interdisciplinario que articula herramientas de gestión logística, ingeniería civil, análisis de procesos y criterios de sostenibilidad, se identificaron de forma sistemática los principales cuellos de botella y se desarrollaron soluciones concretas, adaptadas a la operativa y contexto de la planta.

El diagnóstico evidenció una serie de problemas recurrentes, tales como recorridos excesivos, errores en la carga, deficiencias en la trazabilidad y superposición de procesos logísticos, que comprometen la eficiencia, la seguridad y el cuidado ambiental. La propuesta de mejora elaborada contempla tanto acciones de rápida ejecución como intervenciones estructurales de mediano y largo plazo, priorizadas según su impacto y factibilidad. En particular, se destacaron tres alternativas tecnológicas excluyentes -báscula móvil, tolva dosificadora automatizada y pala híbrida con pesaje integrado-, cada una con ventajas específicas en términos de precisión, costos y sostenibilidad.

Más allá del componente técnico, el trabajo enfatiza la importancia de una gestión logística proactiva, basada en datos, orientada a la mejora continua, y sensible al entorno en el que opera. A su vez, se sugiere la implementación de indicadores claves (KPIs) para monitorear de forma objetiva el avance de las acciones, facilitar la toma de decisiones y garantizar la trazabilidad de los resultados.

Desde una perspectiva académica, el trabajo cumple con el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos en la especialización en un caso real, con impacto tangible en el entorno productivo. Desde una perspectiva profesional, contribuye a fortalecer la competitividad de la empresa mediante soluciones escalables y sostenibles, incluso en servicios logísticos de baja participación operativa, pero de alta relevancia estratégica dentro del esquema comercial general.

Para finalizar, este trabajo evidencia cómo la ingeniería aplicada a la logística, cuando se desarrolla con una visión sistémica y colaborativa, puede transformar desafíos complejos en oportunidades de mejora concreta, promoviendo no solo eficiencia operativa sino también responsabilidad ambiental y compromiso social.

7. Pasos a seguir

Durante el desarrollo del presente trabajo, se han materializado algunos de los avances contemplados en el plan de implementación, entre ellos la apertura del nuevo paso de camiones. Esta mejora, de relevancia operativa y estratégica, ha comenzado a generar cambios tangibles en la circulación interna y en la interacción entre distintos procesos logísticos.



Imagen 24: Apertura de nuevo paso vehicular. Fuente: Propia.

Este hecho plantea la necesidad de iniciar un seguimiento sistemático que permita medir los beneficios reales obtenidos, identificar áreas de optimización y asegurar que las mejoras se sostengan en el tiempo. Para ello, se propone la implementación de un Sistema de Seguimiento de Indicadores (SSI), basado en la recolección y análisis periódico de datos, alineado con los indicadores definidos en el apartado *Indicadores de Seguimiento y Documentación* y complementado con nuevos parámetros específicos para esta fase.

El SSI deberá incluir:

- Indicadores de operación: tiempos de espera en cada etapa, cantidad de camiones procesados por hora, utilización de la nueva vía.
- Indicadores de seguridad: incidentes reportados, cumplimiento de protocolos de circulación y señalización.

- Indicadores ambientales: reducción de emisiones por menor tiempo de permanencia, disminución de desgaste vial y generación de material particulado.
- Indicadores económicos: ahorro en costos operativos, reducción de horas-hombre, impacto en mantenimiento de infraestructura.

Siguientes pasos propuestos:

- 1) Puesta en marcha del SSI con registros diarios y reportes mensuales.
- 2) Comparación de resultados reales con las proyecciones iniciales para validar supuestos y ajustar estrategias.
- 3) Optimización de la infraestructura complementaria (mejora de señalización horizontal y vertical, control de accesos, adaptación de rutas internas, entre otros).
- 4) Reuniones de revisión trimestrales con representantes de PPC, Mantenimiento, SHyMA e Ingeniería y Obras, para evaluar avances y resolver desvíos.
- 5) Registro de mejoras mediante fotografías, diagramas y observaciones de campo que permitan trazar la evolución del sistema.
- 6) Evaluación de nuevas oportunidades de optimización derivadas de los datos recopilados, incluyendo automatización de controles y mejoras en la trazabilidad digital.

La continuidad del proyecto estará condicionada por la correcta implementación del sistema de seguimiento y por la disponibilidad de información confiable para la toma de decisiones. El análisis periódico de los indicadores permitirá verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos, realizar los ajustes operativos necesarios y asegurar que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo bajo un esquema de mejora continua.

8. Bibliografía

- Agro empresario <<https://agroempresario.com/publicacion/18882/celdas-para-acopio-de-granos/>> [Consulta: Febrero 2025]
- Apuntes de cátedra. Proyecto de Entrenamiento Profesional. UNR FCEIA. 2024
- Ballou, Ronald H. Logística. Administración de la cadena de suministro. 2004.
- BBVA SA. <<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-logistica-sostenible-otra-alternativa-para-ayudar-al-planeta/>> [Consulta: Febrero 2025]
- Bolsa de Comercio de Rosario <<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/el-crushing-de>> [Consulta: Febrero 2025]
- CME Group. <<https://www.cmegroup.com/education/courses/introduction-to-grains-and-oilseeds/understanding-soybean-crush.html>> [Consulta: Febrero 2025]
- Ceupe.com <<https://www.ceupe.com/blog/sostenibilidad-en-la-logistica.html>> [Consulta: Febrero 2025]
- EcoTrans <<https://www.globalecotrans.es/sostenibilidad-y-logistica-actualidad/>> [Consulta: Febrero 2025]
- Ghirardi, Rodrigo. Aumento de la capacidad máxima de descarga de camiones en empresa agroexportadora. 2021.
- Goldratt, Eliyahu M. La Meta. 1984.
- Pesajes Galicia <<https://pesagal.com/basculas-industriales/basculas-para-camiones/>> [Consulta: Febrero 2025]
- Organización Marítima Internacional <<https://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx>> [Consulta: Febrero 2025]
- Terminal 6 S.A. <<https://www.terminal6.com.ar/>> [Consulta: Noviembre 2024]
- Fendt S.A. <www.fendt.com> [Consulta: Junio 2025]
- Impacto ambiental en la cadena de suministro <<https://upnify.com/es/blog/impacto-ambiental-en-suministro.html>> [Consulta: Junio 2025]

9. Revisiones y comentarios

- Bolsa de Comercio de Rosario <<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/el-crushing-de>>
[Consulta: Febrero 2025]

En el desarrollo de este trabajo se utilizó como fuente de información el informe previamente citado, publicado en 2016, que describía la estructura y capacidad operativa del complejo portuario del Gran Rosario. En el mismo se menciona que el nodo cuenta con una capacidad de descarga teórica de alrededor de 688 mil toneladas diarias y un almacenamiento total cercano a 6,5 millones de toneladas.

Sin embargo, reconociendo que esa información podía haber quedado desactualizada, se realizó una revisión de publicaciones más recientes de la misma institución, particularmente los informes sobre *Mapa de terminales portuarias del Gran Rosario (2021)* y *Transporte de granos en Argentina (2025)*.

Esas fuentes confirman que el Gran Rosario mantiene su posición de liderazgo, aunque reflejan algunos cambios relevantes: la capacidad operativa diaria asciende a unas 745 mil toneladas, la capacidad de almacenamiento supera los 8,7 millones de toneladas, y el modo camión, si bien sigue siendo predominante, redujo su participación a cerca del 76 %, frente a un 16 % del ferrocarril y 7 % del transporte fluvial.

Con esto se puede concluir que las actualizaciones recientes consultadas en BRC ratifican la validez general de los datos utilizados y permiten actualizar el diagnóstico, evidenciando un proceso de crecimiento operativo, diversificación modal y consolidación del Gran Rosario como el principal nodo agroindustrial de país.

Mapa Terminales portuarias del Gran Rosario
<<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/mercado-de-granos/noticias/mapa-terminales-portuarias-del-gran-rosario>> [Consulta: Octubre 2025]

Transporte de granos en Argentina <<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/que-se-puede>> [Consulta: octubre 2025]

- Descripción y uso de Sistema de Turnos Digitales para Camiones (STOP)

La implementación de un sistema de turnos digitales constituye una herramienta clave para optimizar la gestión logística, como fue mencionado en la *Tabla 4*. Su función principal es ordenar y programar el ingreso de camiones a las terminales, evitando demoras, colas y superposiciones operativas que afectan la eficiencia del proceso.

En Argentina, este tipo de mecanismo se formalizó a través del Sistema de Turnos Obligatorios para Descarga en Puertos (STOP), establecido por el Ministerio de Transporte durante el año 2018. El sistema permite asignar electrónicamente turnos de descarga o carga, en función de la capacidad operativa de cada terminal y los horarios disponibles. De esta manera, cada camión ingresa únicamente dentro del rango horario asignado, reduciendo los tiempos de espera y el nivel de congestión en las áreas de acceso.

Aplicado al contexto del presente proyecto, la digitalización del sistema permitiría integrar en una única base de datos la programación diaria de operaciones, facilitando el trabajo del área de Planificación, Programación y Control (PPC)

Entre sus beneficios directos se destacan:

- Reducción de tiempos ociosos y esperas innecesarias.
 - Disminución del tránsito interno y de los riesgos operativos.
 - Mayor previsibilidad para transportistas y supervisores.
 - Posibilidad de integración con sistemas de trazabilidad (códigos QR o GPS).
 - Mejora en la seguridad y sostenibilidad del proceso general de carga.
- Aplicación y uso de Handhelds y medición de Huella de Carbono

La incorporación de handhelds permitiría mejorar la trazabilidad y el control operativo del proceso de carga, registrando en tiempo real cada etapa: asignación del camión, inicio y fin de carga, verificación de peso y eventuales recargas. Esto reduciría las comunicaciones informales y minimizaría errores que hoy generan recorridos innecesarios, tiempos ociosos y sobrecarga en sectores sensibles de la planta.

Además, estos dispositivos contribuirían a optimizar la coordinación entre supervisores, balanceros y áreas de apoyo, agilizando decisiones y mejorando la seguridad en zonas de alta circulación.

La medición de la Huella de Carbono puede integrarse al proceso aprovechando la información operativa que registran los handhelds. Estos dispositivos permiten captar en tiempo real datos clave como kilómetros recorridos dentro de planta, tiempos ociosos, uso de maquinaria y repeticiones de circuito por subcargas o sobrecargas, lo que facilita estimar las emisiones asociadas a CO₂ y otros indicadores ambientales.

Con esa información, se podrían comparar escenarios antes y después de las mejoras implementadas, evaluando el impacto real de la reducción de recorridos internos, la disminución de maniobras innecesarias y la optimización del flujo operativo. Esto permitiría incorporar la variable ambiental dentro de los indicadores de gestión, fortaleciendo la sostenibilidad del proceso y alineándolo con prácticas de logística más eficiente y responsable.