

Análisis del funcionamiento del depósito de producto terminado y propuestas de mejora

Diagnóstico y propuestas de mejora basadas en estudio de métodos y tiempos de trabajo

La Mariposa S.A.

Depósito de Producto Terminado - San Miguel de Tucumán

Giuliano Alessandro Dall'Agata

2025-2026

Índice

Cómo leer este informe.....	1
1. Resumen ejecutivo.....	1
1.1. Datos y resultados del estudio resumidos.....	2
1.2. Alcance del trabajo.....	4
2. Desarrollo.....	4
2.1. Estudio de métodos.....	4
2.1.1. Recepción de producto terminado.....	4
2.1.2. Armado de pedidos.....	5
2.1.2.1. Pedidos con picking.....	5
2.1.2.2. Pedidos con pallets cerrados.....	6
2.1.3. Envoltura.....	6
2.1.4. Despacho.....	7
2.1.5. Control de stock.....	7
2.2. Diagnóstico de problemas.....	8
2.2.1. Generación de horas extra.....	8
2.2.2. Aplicación inconsistente del criterio FIFO.....	8
2.2.3. Condiciones de circulación y manipulación de pallets.....	8
2.2.4. Síntesis del diagnóstico.....	9
2.3. Estudio de tiempos.....	9
2.3.1. Recepción de producto terminado.....	9
2.3.2. Armado de pedidos.....	10
2.3.2.1. Pedidos con picking.....	10
2.3.2.2. Pedidos con pallets cerrados.....	13
2.3.3. Envoltura y encintado.....	14
2.3.4. Despacho.....	16
2.4. Determinación de ratings y tiempos normalizados.....	17
2.5. Determinación de suplementos y tiempos estándar.....	17
2.6. Análisis de utilización de equipos mediante muestreo de trabajo.....	18
2.6.1. Zorras y baterías eléctricas.....	18
2.6.1.1. Estimación del trabajo energético diario requerido.....	18
2.6.1.2. Capacidad energética instalada y autonomía efectiva.....	18
2.6.1.3. Estabilidad ante picos de demanda.....	19
2.6.2. Autoelevadores eléctricos.....	20
2.6.2.1. Autoelevador principal para movimientos, armado y despachos.....	20
2.6.2.2. Autoelevador secundario.....	20
2.6.2.3. Autoelevador amarillo de combustión Caterpillar.....	20
2.6.2.4. Síntesis del análisis.....	21
2.7. Indicador de ocupación.....	21
2.8. Determinación teórica de la dotación requerida del depósito.....	22
3. Análisis mediante simulación.....	22
3.1. Tiempos de desplazamiento y reposición en el área de picking.....	23
3.1.1. Tiempo promedio de desplazamiento.....	23
3.1.2. Tiempo de reposición desde reserva.....	23

3.2. Tiempo de armado de pedidos.....	24
3.3. Tiempos de armado de pedidos según tamaño.....	24
3.4. Análisis del armado y despacho diario.....	26
3.5. Orden de magnitud de los costos de picking para la empresa.....	28
4. Propuestas de mejora.....	29
4.1. Propuestas a corto plazo.....	29
4.1.1. Reorganización del flujo de pallets desde planta hacia el depósito.....	29
4.1.2. Definir un segundo área de picking.....	30
4.1.3. Reducción de la dotación en despacho mediante reasignación de tareas de control.....	30
4.1.4. Implementación de turnos escalonados y horario flotante.....	30
4.1.5. Mejora del uso de la envolvedora.....	31
4.1.6. Capacitar en envoltura de pallets al final de línea de producción.....	32
4.1.7. Reducir dedicación específica a envoltura mediante rotación de tareas.....	32
4.1.8. Implementar un sistema de ubicación simple.....	33
4.1.9. Adquisición de racks.....	33
4.1.10. Pausas y rotación de tareas por altas temperaturas.....	34
4.1.11. Ahorro energético de equipos.....	35
4.1.12. Evaluar el desempeño de los transportistas.....	35
4.1.13. Estandarización y limpieza del área de picking.....	35
4.2. Propuestas a evaluar a mediano plazo.....	36
4.2.1. Implementación de voice picking.....	36
4.2.3. Mesas elevadoras embutidas.....	37
4.3. Propuestas a evaluar a largo plazo.....	38
4.3.1. Incorporación de almacenamiento automático de alta densidad (AS/RS).....	38
4.3.2. Implementación de preparación de pedidos tipo “producto al puesto”.....	39
4.3.3. Integración digital de movimientos y trazabilidad de pallets.....	40
4.3.4. Automatización parcial de la carga de camiones.....	41
5. Bibliografía.....	42
Anexos.....	42
Anexo A: Cálculo del tiempo de armado de pedidos.....	42
A.1. Descomposición del pedido en pallets completos y cajas a picpear.....	42
A.2. Tiempo de armado del pedido con picking.....	43
A.3. Tiempo de armado del pedido sin picking.....	43
A.4. Tiempo total de armado por camión.....	44
A.5. Tiempo de despacho del camión.....	44
A.6. Composición de los tiempos utilizados.....	44
Anexo B: Tiempos de armado de pedidos según tamaño.....	45
Anexo C: Análisis del armado y despacho diario.....	46
Anexo D: Análisis del tiempo de utilización de equipos de movimiento interno.....	47
D.1. Zorras y baterías eléctricas.....	47
D.1.1. Valores de referencia utilizados.....	47
D.1.2. Tiempo diario estimado de uso del equipo.....	47
D.1.3. Resultado diario consolidado.....	48
D.2. Autoelevador eléctrico principal.....	48

D.3. Autolevador eléctrico secundario.....	48
D.4. Autolevador Caterpillar amarillo.....	49
Anexo E: Determinación de la dotación teórica necesaria.....	49
Anexo F: Determinación de tiempos normalizados y tiempos estándar.....	51
Anexo G: Cálculo de los tiempos de zorro y reposición en picking.....	51
G.1. Tiempo de zorro.....	51
G.2. Tiempo de reposición en el área de picking.....	52
Anexo H: Técnicas de apilado observadas.....	53
Anexo digital.....	53

Cómo leer este informe

Este informe fue elaborado con distintos niveles de detalle, de modo que pueda ser consultado según el tiempo disponible del lector.

- Para consultas puntuales, revisar el apartado de Datos y resultados del estudio resumidos (Sección 1.1).
- Para una visión general de los problemas y conclusiones, se recomienda leer el Resumen Ejecutivo y el apartado Diagnóstico de problemas (Sección 2.2).
- Para comprender cómo funcionan hoy las principales actividades del depósito y dónde se generan demoras e inconvenientes, se sugiere revisar la Sección 2.1 (Estudio de métodos).
- El Estudio de tiempos (Secciones 2.3 a 2.5) presenta el detalle de los relevamientos realizados y los criterios utilizados para estimar tiempos representativos.
- El análisis de utilización de equipos (Sección 2.6) describe cómo se emplean en la práctica los equipos de movimiento interno del depósito y evalúa su adecuación frente a la demanda operativa.
- El análisis de dotación teórica de operarios (Sección 2.7) permite interpretar la carga de trabajo del depósito y su relación con la generación de horas extra, a partir de los tiempos y volúmenes relevados.
- El análisis del uso del espacio y de la disposición del depósito (Sección 2.8) examina la ocupación actual, las restricciones operativas y su impacto sobre el armado y el despacho.
- Las secciones de Análisis mediante simulación (Capítulo 3) profundizan el análisis cuantitativo y se orientan a evaluar escenarios y estimar el impacto de distintas alternativas de mejora sobre la duración de la jornada y la generación de horas extra.
- El Capítulo 4 presenta las Propuestas de mejora, ordenadas según su alcance y tipo de intervención.

Los anexos incluyen información complementaria y detalle metodológico, y pueden consultarse como referencia sin necesidad de una lectura completa para la comprensión de los resultados principales.

1. Resumen ejecutivo

El depósito presenta dificultades recurrentes asociadas a la generación de horas extra, al manejo del stock y al cumplimiento del criterio FIFO, especialmente en jornadas con alta carga de trabajo. Estas situaciones generan presión sobre el personal, extensiones de jornada y pérdida de previsibilidad en la operación diaria.

El presente trabajo analiza el funcionamiento real del depósito a partir de observaciones directas, estudios de tiempos, registros históricos de pedidos y un análisis del uso de los equipos de movimiento interno. El objetivo es identificar las causas que explican estos problemas y evaluar alternativas de mejora.

Los resultados muestran que una parte relevante de las horas extra actuales no se debe a una falta de capacidad, sino a cómo se organiza y distribuye el trabajo a lo largo de la jornada. La superposición de tareas, la concentración de actividades en determinados momentos del día, la variabilidad en los métodos de armado y la falta de criterios claros de ubicación y rotación del stock generan demoras que se acumulan hacia el final de la jornada.

El análisis del uso de los autoelevadores, las zorras eléctricas y sus baterías indica que la capacidad instalada es suficiente para atender la demanda actual. No se identifican limitaciones que justifiquen la incorporación de nuevos equipos o baterías. Las oportunidades de mejora se concentran en la forma de uso y en la coordinación de tareas.

Asimismo, se identificaron dificultades en el control de stock, que se realiza de manera manual y visual, demandando una cantidad significativa de tiempo y generando recorridos repetidos y búsquedas prolongadas cuando existen diferencias entre el stock físico y el registrado en el sistema. Esta situación impacta tanto en la carga de trabajo como en el cumplimiento del FIFO.

A partir de estos análisis se evaluaron distintas alternativas de mejora vinculadas a la organización del trabajo, la distribución horaria de la jornada, la disposición de productos y el uso de los recursos existentes. El trabajo proporciona una base concreta para priorizar acciones que permitan reducir horas extra, mejorar el orden del stock y disminuir riesgos asociados a la circulación y manipulación de pallets, sin requerir inversiones grandes o inmediatas en equipamiento.

1.1. Datos y resultados del estudio resumidos

La siguiente tabla resume los principales valores obtenidos a lo largo del estudio para su fácil consulta. Los valores presentados corresponden a órdenes de magnitud y promedios representativos de la operación observada.

Tabla 1. Tabla resumen de datos.

Indicador	Valor	Observación
Dotación actual picking	3	Operarios asignados
Dotación mínima necesaria picking	2	Operarios

Costo anual picking (3 operarios)	≈ \$39.600.000	Orden de magnitud
Costo por caja pickeada (3 operarios)	≈ \$22,1	Orden de magnitud
Pallets armados por picking	≈ 6 por hora	En promedio
Pallets cerrados armados	≈ 23 por hora	En promedio
Pallets despachados	≈ 34 por hora	En promedio
Pallets recibidos de fábrica	≈ 44 por día	En promedio
Horas extra promedio anuales	≈ 300 horas al año	Totales del depósito
Costo anual proyectado por horas extra	≈12.400.000	-
Días con horas extra	≈ 44%	-
Principal causa de hs extra	Desajustes de organización	-
Tiempo encendido del autoelevador amarillo Caterpillar	≈ 3,2 h/día	En promedio
Tiempo encendido del autoelevador eléctrico principal	≈ 7,4 h/día	En promedio
Tiempo encendido del autoelevador eléctrico secundario	≈ 3,9 h/día	En promedio

Tiempo productivo de zorra	~ 1,4 h/día	En promedio
FIFO	-	Cumplimiento parcial
Control de stock	-	Método manual ineficiente
Pallets mal envueltos de planta	50-70%	Cantidad
Capacidad máx. del depósito	1500 pallets de espacio	Para desarrollar actividades con normalidad
Principal motivo por indisponibilidad de los equipos del depósito	Averías mecánicas, ruedas pinchadas.	-
Dotación de personal teórica mínima	3 operarios	Valor de referencia mínimo

1.2. Alcance del trabajo

El análisis presentado se basa en información relevada correspondientes al período comprendido entre el 8 de septiembre de 2025 y el 2 de febrero de 2026.

2. Desarrollo

2.1. Estudio de métodos

Para este estudio se relevaron las principales operaciones del depósito, incluyendo la recepción de pallets desde la planta de producción, el almacenamiento, el armado de pedidos de clientes, la envoltura y encintado de pallets, el almacenamiento temporal en zonas de espera, despacho y control de stock.

2.1.1. Recepción de producto terminado

La recepción de producto terminado incluye el control de los remitos de transferencia y el traslado de los pallets desde planta hasta el depósito de producto terminado, utilizando autoelevador y cruzando la calle que separa ambos sectores.

Durante la observación se registró una acumulación frecuente de pallets en la salida de planta, que en algunos casos alcanza hasta veinte unidades en espera de ingreso. Estos ingresos, por lo general, son trasladados a la zona de mercadería en piso del depósito.

Asimismo, se observó que una parte de los pallets llega con envoltura parcial o deficiente, lo que obliga a reenvolverlos antes de su almacenamiento definitivo. Esta tarea adicional se suma al proceso de recepción y genera superposición cuando coincide con otras actividades.

2.1.2. Armado de pedidos

Es frecuente que un mismo pedido incluya una combinación de pallets completos o cerrados, y pallets armados a partir del apilado de cajas en el pasillo de picking.

2.1.2.1. Pedidos con picking

A partir de la orden de carga, los operarios calculan la cantidad de pallets a armar y definen la secuencia de preparación, basándose en su experiencia y en la combinación de productos solicitados.

Para el armado en el área de picking, se utiliza una tarima montada sobre una zorra eléctrica como base móvil, que se desplaza a lo largo del pasillo a medida que se extraen cajas de los pallets ubicados en los racks.

En pedidos con mayor variedad de productos, el armado requiere más desplazamientos dentro del pasillo y más verificaciones de la orden de carga. Esto incrementa la duración del armado y la variabilidad entre pedidos de tamaño similar.

El avance del pedido se controla en simultáneo mediante el sistema de gestión y una planilla. En la tablet se registran los movimientos en GRIBA mientras que en la planilla se controlan los pallets armados y los ítems ya completados. Si bien el depósito dispone de una pistola lectora para leer las etiquetas de los productos, su uso no es habitual. Según lo observado y lo manifestado por los operarios, el dispositivo no siempre funciona de manera confiable, por lo que se prioriza el control visual y manual.

Cuando se agota el stock de un producto en el pasillo, el armado se interrumpe para realizar una reposición desde otra zona del depósito con autoelevador.

Se observaron distintas formas de trabajo según la cantidad de operarios disponibles y cómo se reparten las tareas. La más frecuente, cuando hay tres operarios, dos extraen cajas mientras el tercero las acomoda sobre el pallet. En otros casos, dos operarios extraen y acomodan directamente las cajas sobre el pallet en armado. Cuando existen objetos o pallets que impiden acercar la zorra al pallet de origen, el armado se realiza mediante un modo tipo pasamanos, en el que las cajas se transfieren entre dos o tres operarios antes de ser apiladas. Esta flexibilidad permite adaptarse a distintas cargas y circunstancias, pero introduce variabilidad en los tiempos de armado.

Una vez finalizado su armado, el pallet se traslada a la zona de envoltura para su etiquetado y envoltura, y luego a la zona de espera. El operario retorna al área de picking con la zorra sin carga para continuar con el pedido o iniciar uno nuevo.

En la práctica, la reposición de tarimas no sigue un método estable. Es frecuente la reutilización de pallets parcialmente armados como base para nuevos pedidos, agregando o retirando cajas según lo requerido. Si bien esta práctica puede reducir tiempos en situaciones puntuales, introduce una variabilidad elevada tanto en la frecuencia como en la duración de la reposición.

2.1.2.2. Pedidos con pallets cerrados

El armado de pedidos compuestos exclusivamente por pallets completos se realiza de forma separada del picking. Para esta tarea se asigna un único operario, que utiliza el autoelevador para localizar, retirar y trasladar los pallets solicitados según la orden de carga.

El operario recorre el depósito identificando y retirando la mercadería solicitada. Si bien se procura respetar un criterio FIFO, aunque su aplicación no es uniforme. Una vez localizado el pallet, se lo traslada a la zona de envoltura para su encintado y luego a la zona de espera para despacho.

En la práctica, el operario asignado a este tipo de pedidos no se dedica de manera exclusiva al armado de pallets cerrados. De forma simultánea, participa en otras tareas del depósito, como el montaje de pallets provenientes del picking en la stretchadora y la recepción de mercadería desde planta. Esta superposición de tareas introduce interrupciones y hace que el tiempo de armado de pedidos con pallets completos dependa en gran medida de la carga del resto del sistema.

2.1.3. Envoltura

La envoltura se ejecuta de manera regular al finalizar el armado de pedidos por picking y, de forma adicional, cuando se detectan pallets provenientes de planta con envoltura parcial o deficiente, o cuando es necesario rearmar una carga. Durante el relevamiento se observó que un 50-70% de los pallets provenientes de planta ingresa al depósito con una envoltura insuficiente. Esto genera retrabajos frecuentes, consumo adicional de film y utilización de tiempo del personal del depósito.

No hay un operario asignado de manera exclusiva a esta actividad. Según la disponibilidad, la envoltura puede ser realizada por un operario dedicado o por el propio operario del autoelevador, quien traslada el pallet y acciona la máquina.

En la práctica, predomina el uso del modo automático de la stretchadora. El modo manual se utiliza cuando la altura del pallet no es correctamente detectada por los sensores de la máquina. Sin embargo, es común que el operario permanezca junto a la máquina durante el ciclo automático, controlando la tensión con la cual el film es aplicado, en lugar de quedar liberado. Esto se debe a que durante la operación de la envolvedora pueden ocurrir dos comportamientos no deseados: en algunos casos el pallet queda con tensión insuficiente y en otros casos se produce corte del film por exceso de tensión.

2.1.4. Despacho

El despacho se concentra en la salida principal del depósito, ya que la salida alternativa presenta mayores dificultades de maniobra para los autoelevadores y camiones.

La carga del camión se realiza con autoelevador y zorra, con tres operarios involucrados. Uno opera el autoelevador y el otro utiliza la zorra eléctrica para acomodar los pallets dentro del camión, ubicándose sobre esta cuando es elevada por el equipo. A medida que el camión se completa y el espacio disponible se reduce, la zorra es retirada y los últimos pallets se acomodian mediante empuje con el autoelevador.

En paralelo a la carga, el tercer operario realiza el control y registro de la mercadería cargada, utilizando de forma simultánea una tablet y una planilla manual. Esta verificación se mantiene durante toda la operación y se superpone con las tareas de carga.

Una vez finalizada la carga, el despacho no se completa de inmediato. Los operarios deben esperar la emisión del remito de facturación por parte del área administrativa, que luego es verificado contra la mercadería cargada antes de ser firmado y entregado al transportista. Esta espera agrega tiempo al final del proceso y mantiene evita la salida del transportista.

2.1.5. Control de stock

El control de stock se realiza utilizando una planilla física mediante conteo pallet por pallet. La tarea consiste en recorrer el depósito y contar pallet por pallet el stock almacenado, registrando manualmente la información correspondiente.

Durante el conteo se verifican la cantidad y la ubicación de los pallets. Dada la extensión del depósito y el volumen de mercadería, esta actividad demanda una dedicación significativa de tiempo y suele ocupar gran parte de la jornada, e incluso más de un día para completar el conteo completo.

En la práctica, el control presenta situaciones que demandan tiempo adicional. En varios casos se observó que la identificación del lote no siempre es inmediata, lo que obliga a realizar recorridos repetidos de un extremo al otro del depósito. Cuando la mercadería contada no coincide con los registros del sistema, el tiempo dedicado al control aumenta de forma significativa, ya que se inicia una búsqueda para localizar el pallet faltante o hacer su trazabilidad dentro del depósito.

Si bien este control permite mantener una referencia del stock disponible, su carácter manual y visual implica una carga de trabajo sostenida que no genera movimiento de mercadería, pero ocupa una parte relevante del tiempo del personal.

Esta actividad no se incluyó en el estudio de tiempos, ya que no responde a un método cíclico estable y depende de la cantidad de stock.

2.2. Diagnóstico de problemas

A partir de la observación directa del funcionamiento del depósito y de la descripción de las principales actividades, se identificaron tres problemas principales que afectan el desempeño diario del sistema: la generación de horas extra, la aplicación inconsistente del criterio FIFO y la exposición a situaciones de riesgo vinculadas a la circulación y manipulación de pallets.

Estos problemas no aparecen de forma aislada, sino que se refuerzan entre sí y se manifiestan con mayor intensidad en jornadas de alta carga de trabajo.

2.2.1. Generación de horas extra

La generación de horas extra es una situación recurrente, especialmente en días con mayor volumen de pedidos. A partir de las observaciones realizadas, este fenómeno no responde principalmente a una falta estructural de capacidad, sino a la forma en que se organiza y distribuye el trabajo a lo largo de la jornada.

La superposición de tareas entre picking, armado de pallets cerrados, envoltura, despacho y control de stock genera demoras que tienden a concentrarse hacia el final del día. A esto se suma la variabilidad en los métodos de armado, las interrupciones por reposiciones y las esperas asociadas al despacho, lo que dificulta absorber picos de trabajo sin extender la jornada.

Como resultado, el sistema pierde previsibilidad y las demoras acumuladas se traducen en horas extra aun cuando la carga diaria total no excede la capacidad teórica del depósito.

2.2.2. Aplicación inconsistente del criterio FIFO

Durante el relevamiento se observó que el criterio FIFO no se aplica de manera consistente en todas las etapas del proceso. En particular, la falta de un criterio uniforme de ubicación en la recepción de producto terminado y las dificultades para identificar rápidamente determinados pallets durante el control de stock generan desvíos en la rotación de la mercadería.

Estas situaciones obligan a realizar búsquedas adicionales dentro del depósito y a tomar decisiones de despacho basadas en la disponibilidad inmediata, más que en la antigüedad del producto. Esto incrementa los recorridos, se agrega carga de trabajo no planificada y reduce la trazabilidad efectiva del stock.

2.2.3. Condiciones de circulación y manipulación de pallets

La dinámica observada en el depósito implica una circulación frecuente de equipos y personas en espacios compartidos, especialmente en zonas donde coinciden actividades de picking, envoltura y despacho. La acumulación de pallets en determinados sectores y la

necesidad de realizar maniobras en espacios reducidos incrementan la complejidad de las tareas.

Estas condiciones no solo afectan los tiempos de trabajo, sino que también aumentan la exposición a maniobras incómodas, cruces innecesarios y situaciones que pueden derivar en incidentes.

2.2.4. Síntesis del diagnóstico

En conjunto, los problemas identificados no responden a una falta de recursos, sino a la forma en que se organizan, coordinan y priorizan las tareas dentro del depósito. La variabilidad en los métodos de trabajo, la ausencia de criterios claros y la superposición de actividades explican gran parte de las dificultades observadas.

A partir de este diagnóstico se definieron las propuestas de mejora que se presentan en los capítulos siguientes, orientadas a reducir horas extra, mejorar el orden del stock y disminuir la exposición a riesgos, priorizando el uso más eficiente de los recursos existentes.

2.3. Estudio de tiempos

Para el estudio se hizo un cronometraje simple con celular, el cual se pausó ante tiempos muertos u ociosos y se reanudó con la continuación de la tarea, centrando el análisis en las operaciones más relevantes y frecuentemente repetidas del proceso. Al no existir un método estandarizado para su ejecución, se identificaron variantes de realización dentro de estas operaciones, motivo por el cual no se efectuó una descomposición a nivel de micromovimientos. El número de mediciones realizadas por operación se determinó según la estabilidad observada en los resultados. Se continuó el muestreo hasta que la incorporación de nuevas observaciones no produjo cambios relevantes en el valor promedio.

2.3.1. Recepción de producto terminado

Para el muestreo de tiempos de la operación de recepción de producto terminado, el proceso fue descompuesto en dos ciclos. El primero comprendió el intervalo desde el momento en que el autoelevador levanta un pallet en el final de línea de la fábrica hasta su traslado y descenso en la salida ubicada sobre la calle Ecuador, frente al depósito de producto terminado. El segundo ciclo consideró el recorrido inverso, abarcando desde el retorno del vehículo vacío al final de línea hasta la toma, enganche y elevación de un nuevo pallet.

Adicionalmente, dado que en la práctica los pallets suelen acumularse en la salida antes de ser ingresados al depósito de producto terminado, se relevaron también los tiempos correspondientes al traslado desde dicha salida hacia el interior del depósito. En estos casos, el muestreo incluyó el intervalo desde la salida del autoelevador del depósito, el cruce de la calle, el ingreso a la empresa, la toma del pallet y su traslado hasta la zona de envoltura del depósito. Cabe aclarar que este tramo es realizado por un operario distinto del que efectúa el

traslado inicial desde la planta; por lo tanto, el cronometraje se inicia a partir de la salida del autoelevador desde el depósito.

Por su parte, la zona de envoltura fue adoptada como punto de referencia para las mediciones, debido a su ubicación aproximadamente central dentro del layout del depósito, lo que permitió homogeneizar los recorridos considerados.

A continuación se presentan los tiempos muestreados correspondientes a los ciclos:

Tabla 2. Tiempos promedio y estándar de los ciclos de la operación de recepción de producto terminado.

Ciclo	Nº muestras	Tiempo promedio normalizado (s)	Tiempo estándar (s)
Traslado de planta a salida	17	94,63	106,93
Retorno a planta desde salida vacío	20	73,77	81,88
Ingreso desde salida al depósito	14	65,95	75,18

2.3.2. Armado de pedidos

2.3.2.1. Pedidos con picking

El picking suele ser lo que más tiempo demanda de toda la operación, siendo el cuello de botella la mayor parte del tiempo. Para el armado con picking se relevaron ciclos principales (apilado, traslados, etiquetado) y actividades complementarias (control de planilla, reposición de pallet, planificación de armado).

Durante las observaciones de campo se identificaron distintas técnicas de apilado de cajas sobre pallet, las cuales difieren tanto entre los operarios como en la secuencia de colocación de las cajas. Asimismo, se constató que dichas técnicas no se presentan con la misma frecuencia a lo largo de la operación diaria.

Con el fin de ordenar el análisis, las técnicas observadas fueron clasificadas de manera cualitativa según su frecuencia de aparición, distinguiéndose entre técnicas muy frecuentes, frecuentes, ocasionales y raras. Para el estudio cuantitativo se adoptó como referencia la técnica clasificada como muy frecuente, por representar el modo de trabajo predominante durante la mayor parte del tiempo y las técnicas de menor frecuencia no fueron consideradas en el cálculo del tiempo estándar, dado que responden a situaciones particulares. Las técnicas detalladas se describen en el anexo H.

El tiempo de apilado se estimó a partir de múltiples mediciones completas, cronometrando el intervalo comprendido entre el inicio y la finalización del apilado del pallet. En cada medición se registró, además, la cantidad total de cajas apiladas y a partir de estos datos se calculó un tiempo unitario por caja, y el tiempo promedio de apilado se obtuvo como el promedio de los valores unitarios resultantes.

Durante el proceso de armado se identificó un intervalo temporal recurrente entre la finalización del apilado de cajas y el inicio del desplazamiento del pallet con la zorra eléctrica. En este lapso se concentran diversas actividades, tales como reacomodamientos, controles de planilla, ajustes sobre el pallet armado y la preparación para el traslado. Dado que estas acciones no se presentan de forma uniforme ni pueden asociarse de manera consistente a una única tarea específica, se optó por tratarlas como una transición entre el apilado y el zorreo. Por esta razón, el tiempo correspondiente fue medido como el intervalo comprendido entre el momento en que finaliza el apilado del pallet y el inicio efectivo del desplazamiento con la zorra eléctrica.

El traslado del pallet terminado hacia la zona de envoltura se inicia cuando el operario comienza el desplazamiento con la zorra eléctrica desde el inicio del pasillo de picking. El tiempo finaliza una vez que el pallet es descendido en la zona de envoltura. El punto de inicio del recorrido es fijo, mientras que el punto final puede variar levemente, ya que el pallet no siempre se deja exactamente en la misma posición dentro de dicha zona.

El etiquetado, previo a la envoltura, se inicia una vez que el operario que maneja la zorra deja el pallet en la zona de envoltura. A continuación, el mismo operario se desplaza hasta donde se encuentran las etiquetas y el marcador, y anota manualmente el nombre del cliente. Luego separa el adhesivo de la etiqueta manualmente, regresa al pallet y la pega sobre este.

Una vez que el operario deja el pallet armado en la zona de envoltura y completa el etiquetado, debe regresar con la zorra vacía al pasillo de picking para poder iniciar un nuevo pedido o continuar con el armado. Para la reincorporación a la zona de picking de la zorra, el tiempo correspondiente se midió desde que el operario toma la zorra para el retorno hasta que llega al inicio del pasillo de picking.

Tabla 3. Tiempos promedio y estándar de los ciclos de armado de pedidos con picking.

Ciclo	Nº muestras	Unidad	Tiempo normalizado promedio	Tiempo estándar
Reposición de tarima	7	s/reposición	32,60	37,16

Apilado de cajas	13	s/caja	1,85	2,14
Transición apilado-zorreo	13	s/producto visitado	12,60	14,11
Etiquetado	6	s/pallet	18,50	20,54
Zorrear hasta estrichadora desde picking	10	s/pallet	18,34	20,72
Reincorporación a la zona de picking	2	s/pallet	9,50	10,36

En cuanto a las actividades complementarias, el control de planilla comprende el intervalo desde que el operario toma la planilla para revisar el estado del pedido hasta que finaliza dicha verificación y deja de interactuar con ella. Durante este tiempo se realizan chequeos visuales del avance del armado y se marcan ítems ya completados.

La asignación en tablet comprende el intervalo desde que el operario toma la tablet y en la interfaz de GRIBA y transfiere del stock al pedido en proceso las cajas apiladas.

La reposición de pallets no se presenta en todos los pedidos y su frecuencia depende del nivel de stock disponible en el pasillo de picking, por lo que no se incorporó como un tiempo fijo dentro del ciclo de armado.

El tiempo asociado a la reposición se midió desde que el operario abandona la zona de picking para dirigirse al autoelevador hasta que se reincorpora al armado del pedido tras dejar el pallet de reposición disponible, esto incluye el desplazamiento hasta la zona de mercadería en piso, la toma del pallet, traslado y descarga en el pasillo de picking. El tiempo obtenido se utilizó posteriormente como insumo del modelo de optimización desarrollado en este trabajo para la obtención de un tiempo de reposición promedio por caja.

El desembalado se realiza cuando se incorpora un pallet de reposición al pasillo de picking. Estos pallets llegan envueltos en film, por lo que, previo a la extracción de cajas, el operario debe abrir la envoltura utilizando una trincheta. El tiempo de esta tarea se midió desde el momento en que el operario comienza a cortar el film hasta que inicia la extracción de cajas del pallet.

Tabla 4. Tiempos promedio y estándar de los ciclos complementarios de armado de pedidos con picking.

Ciclo	Nº muestras	Tiempo normalizado promedio (s)	Tiempo estándar (s)
Reposición de pallet	8	169,39	193,11
Desembalado de pallet	7	10,04	11,25

Por otra parte, la distancia recorrida durante el zorroeo del pallet armado varía en función de la ubicación del producto dentro del pasillo de picking, por lo que no se estimó un tiempo promedio único para esta actividad. En su lugar, se realizaron múltiples mediciones de tiempo asociadas a recorridos de distinta longitud, utilizando referencias visuales del pasillo (inicio, fracciones intermedias y extremo) para estimar las distancias recorridas y a partir de cada observación se calculó la velocidad correspondiente.

Tabla 5. Velocidad promedio de desplazamiento con zorra eléctrica.

Desplazamiento de carga con zorra	Velocidad promedio (mts/min)
	40

La velocidad promedio obtenida se utilizó posteriormente para el análisis de la disposición física de la mercadería en la zona de picking.

2.3.2.2. Pedidos con pallets cerrados

Para estimar los tiempos asociados al armado de pallets cerrados, el manejo con autoelevador se descompuso en dos tramos principales. El primero corresponde al recorrido desde la zona de envoltura hacia las áreas de mercadería almacenada en piso, incluyendo la búsqueda y localización del pallet, su toma y el traslado con carga de regreso hasta la zona de envoltura. El segundo tramo comprende el traslado del pallet desde la zona de envoltura hasta la zona de espera previa al despacho.

Se adoptó esta forma de descomponer el ciclo para mantener coherencia con el armado de pedidos por picking, en el cual los pallets también pasan por la zona de envoltura antes de ser llevados a la zona de espera, con la diferencia de que estos sí son envueltos. De este modo, el tramo desde la zona de envoltura hasta la zona de espera se considera común a ambos tipos de pallets.

La zona de espera no corresponde a un punto fijo dentro del depósito, sino que puede ubicarse en distintos sectores funcionalmente equivalentes, como los pasillos ciegos con racks o el sector próximo al portón de salida, ubicados en un mismo sector con distancias

cercanas entre sí. La elección de la ubicación depende de la disponibilidad momentánea de espacio.

De manera similar, el recorrido desde la zona de envoltura hacia las áreas de mercadería en piso depende de la ubicación del stock dentro del depósito.

Ambas variaciones se consideraron estructurales, por lo que no se desagregó el muestreo por ubicación específica y se adoptó un tiempo promedio representativo.

Tabla 6. Tiempos promedio y estándar de los ciclos de armado de pedidos con pallets cerrados.

Ciclo	Nº muestras	Tiempo normalizado promedio (s)	Tiempo estándar (s)
Traslado de pallet cerrado hacia zona de envoltura	12	87,04	98,35
Traslado de pallet desde zona de envoltura hacia zona de espera	9	32,64	36,88

2.3.3. Envoltura y encintado

El proceso de envoltura se inicia con el montaje del pallet en la stretchadora. Este movimiento comienza cuando el operario levanta el pallet desde la zona de envoltura y finaliza una vez que lo posiciona sobre la máquina. De manera análoga, el desmontaje se realiza al finalizar la envoltura, levantando el pallet desde la stretchadora y retirándolo mediante una breve maniobra de retroceso. Dado que ambos movimientos presentan recorridos y maniobras similares, se los consideró aproximadamente iguales.

El ciclo de envoltura se descompuso en tres componentes: el enganche inicial del film, el giro de la máquina y la separación final del film. A partir de esta descomposición, la operación se modeló distinguiendo entre el tiempo propio de la máquina y las acciones manuales realizadas por el operario antes y después del giro.

En particular, se definió un elemento denominado preparación y terminación manual de la envoltura, que comprende desde el momento en que el operario toma el film, lo estira y lo engancha al pallet, hasta la finalización del proceso, una vez concluido el giro, cuando separa manualmente el film mediante el filo de la máquina y asegura el sobrante introduciéndolo debajo de las capas de film del pallet.

Durante el relevamiento se observó distintos modos de uso de la stretchadora, entre ellos ciclos automáticos, ciclos manuales y casos en los que se realiza más de una pasada de envoltura. Asimismo, se observó que la modalidad habitual de ejecución de esta actividad involucra a dos operarios, criterio que se adoptó como base para la determinación del tiempo estándar. En cuanto al modo de operación de la máquina, se verificó que el modo automático es el utilizado de manera predominante, mientras que el modo manual se emplea únicamente en situaciones puntuales.

En función de lo observado, el tiempo de giro de la máquina se determinó considerando el modo automático y se trató como tiempo de máquina, no afectado por suplementos. El tiempo correspondiente a la preparación y terminación manual de la envoltura se obtuvo como la suma del tiempo promedio normalizado de las acciones previas al giro y del tiempo promedio normalizado de las acciones posteriores al giro, aplicándose las holguras exclusivamente sobre este tiempo manual del operario.

El encintado se realiza una vez finalizada la envoltura del pallet. La tarea se inicia cuando el operario, con la encintadora en mano, comienza a aplicar la cinta sobre la parte superior del pallet. El procedimiento consiste en la colocación de cuatro carriles de cinta en la parte superior del pallet. El tiempo de encintado se midió desde el inicio de la aplicación de la cinta hasta la finalización del último carril.

Durante las observaciones se registró que, en algunos casos, el encintado se realiza durante el giro de la máquina de envoltura. Sin embargo, dado que esto depende de la experiencia y habilidad del operario, se adoptó como base el caso en el cual el encintado se realiza una vez finalizada la envoltura.

Tabla 7. Tiempos promedio y estándar de los ciclos de envoltura y encintado.

Ciclo	Nº muestras	Tiempo normalizado promedio (s)	Tiempo estándar (s)
Montaje y desmontaje de stretchadora	6	25,33	28,37
Preparación y terminación manual de la envoltura	5 c/u	21,8	24,42
Giro de máquina	10	78	78

2.3.4. Despacho

El proceso de despacho se realiza mediante la carga de pallets en el camión estacionado en el exterior del depósito. Durante las observaciones se registró que el camión puede ubicarse en dos posiciones alternativas: sobre la vereda del portón de salida o sobre la vereda opuesta. Esto se debe a que en algunos casos la altura y relieve de la vereda impiden la correcta apertura de las puertas laterales de algunos camiones. Dado que esta condición no depende del método de trabajo, se decidió no desagregarla.

Una vez iniciado el despacho, el traslado de pallets desde las zonas de espera hasta el camión se realiza mediante autoelevador. A tal efecto, se identificaron dos ciclos principales. El primero se inicia cuando el operario deja un pallet en el camión y se dirige hacia las zonas de espera, donde localiza y levanta el siguiente pallet. El segundo ciclo comienza con la toma del pallet en la zona de espera y finaliza cuando este es trasladado y descendido en el camión.

La ubicación de los pallets dentro del camión se realiza mediante una zorra manual operada desde el interior del acoplado. En esta etapa se relevaron dos ciclos adicionales. El primero corresponde al traslado del pallet desde el punto de descarga hasta su posición final dentro del camión, esto comprende las maniobras necesarias para su acomodado y descenso. El segundo ciclo comprende el retorno del operario hacia el siguiente pallet, desde el momento en que este es descendido hasta que se levanta el pallet siguiente para su acomodado.

Las distancias recorridas y las maniobras requeridas dentro del camión varían a lo largo del proceso de carga, siendo mayores al inicio y reduciéndose progresivamente a medida que el camión se completa. Esta variabilidad, asociada a la configuración cambiante del espacio interno no se desagregó en el estudio de tiempos.

Tabla 8. Tiempos promedio y estándar de los ciclos de despacho.

Ciclo	Nº muestras	Tiempo normalizado promedio (s)	Tiempo estándar (s)
Traslado y montaje de pallet en camión	20	36,29	41,37
Retorno a zona de espera y enganchado de pallet	20	27,12	30,10

Acomodado de pallet en camión con zorra	22	36,11	41,17
Retorno de zorra para elevar nuevo pallet	11	19,59	21,94

La entrega de remito de facturación no fue incluida en el estudio de tiempos, dado que depende de factores externos al despacho.

2.4. Determinación de ratings y tiempos normalizados

En el estudio de tiempos, los tiempos observados corresponden a las mediciones directas realizadas durante la ejecución real de las tareas y el ritmo particular del operario en cada medición.

Para poder comparar tareas entre sí y evitar que diferencias individuales de velocidad influyan en los resultados, se aplicó un factor de desempeño (rating) sobre los tiempos observados. Este factor permite ajustar cada medición a un ritmo de trabajo considerado normal para la tarea.

El resultado de este ajuste son los tiempos normalizados, que representan el tiempo que insumiría ejecutar cada tarea a un ritmo estándar, independiente de quién la realice.

Estos tiempos normalizados se promediaron y se utilizaron como base para el cálculo de los tiempos estándar, a los cuales se aplicaron posteriormente los suplementos definidos en la sección siguiente.

2.5. Determinación de suplementos y tiempos estándar

En el estudio de tiempos, se denomina suplemento al tiempo adicional que se agrega al tiempo normal de una tarea para contemplar descansos, necesidades personales y la fatiga propia del trabajo sostenido.

Los tiempos estándar se obtuvieron aplicando estos suplementos sobre los tiempos normalizados de cada tarea, de acuerdo con criterios habituales del estudio del trabajo y las condiciones reales observadas durante el relevamiento.

En todas las operaciones se aplicaron suplementos fijos por descanso, correspondientes a necesidades personales y fatiga básica, definidos de manera uniforme para el conjunto de las actividades analizadas.

Adicionalmente, se aplicaron suplementos variables según el tipo de tarea, considerando su carga física, la postura y el nivel de repetitividad de la misma. Las actividades con mayor exigencia física presentan suplementos superiores a aquellas de menor carga.

Los valores adoptados se mantuvieron dentro de rangos habituales de la práctica industrial y se ajustaron a las condiciones reales del proceso. El detalle completo de las tablas de tiempos y suplementos se encuentra disponible como anexo digital en Excel.

2.6. Análisis de utilización de equipos mediante muestreo de trabajo

Se estimaron para cada uno de los equipos del depósito el tiempo encendido diario (TE), el tiempo productivo diario (TP) y su relación TP/TE.

Se relevó principalmente durante el turno mañana, por razones de disponibilidad para la observación directa. No obstante, de acuerdo con la organización del trabajo y las entrevistas realizadas, las tareas desarrolladas durante la tarde son similares. Los resultados obtenidos se consideran representativos del uso habitual de los equipos a lo largo de la jornada.

Dado que los equipos cumplen funciones distintas y presentan diferentes posibilidades de medición, se aplicaron enfoques específicos según cada caso. A continuación, se resumen los resultados obtenidos para cada equipo.

Los criterios de medición y estimación empleados se desarrollan con mayor detalle en el Anexo D.

2.6.1. Zorras y baterías eléctricas

El análisis se centró en determinar si la dotación actual de zorras y baterías resulta suficiente para atender la demanda diaria de trabajo, o si existen razones objetivas que justifiquen la incorporación de nuevos equipos o baterías adicionales.

2.6.1.1. Estimación del trabajo energético diario requerido

El tiempo productivo diario mínimo requerido por las zorras eléctricas se estimó a partir de la demanda histórica del depósito, filtrando dentro de las órdenes de carga para considerar únicamente el picking dentro de los pedidos. De este modo, se excluyeron los movimientos asociados a pallets cerrados, que no requieren el uso de zorras.

Para la estimación se tuvo en cuenta la cantidad promedio diaria de productos distintos pickeados, la cantidad de pallets pickeados y los tiempos de zorro y traslado previamente determinados.

A partir de este análisis, el trabajo efectivo promedio requerido por el depósito resulta del orden de 1,5 horas productivas por día, valor que representa las tareas más habituales realizadas con las zorras eléctricas.

2.6.1.2. Capacidad energética instalada y autonomía efectiva

Del relevamiento se desprende que las zorras eléctricas permanecen encendidas durante gran parte de la jornada ($\approx 70\text{-}75\%$), aun cuando sólo una fracción de ese tiempo corresponde a movimiento efectivo de cargas ($\approx 25\text{-}30\%$).

De acuerdo con entrevistas al personal, una batería de zorra suele agotarse luego de 4 a 6 horas de uso en jornada real, valor coherente con el tiempo encendido diario promedio estimado a partir de los cálculos realizados ($\approx 5,7$ h por jornada).

Según las especificaciones del fabricante, una batería de 24V-20Ah permite aproximadamente 2 horas de trabajo efectivo con carga. Al contrastar este valor con el trabajo productivo diario requerido ($\approx 1,5$ h), se observa que la capacidad de la batería no se agota por el trabajo en sí, sino por el tiempo que la zorra permanece encendida sin realizar movimiento efectivo.

En la práctica, esto implica que una parte significativa de la descarga de la batería se produce fuera del trabajo productivo, trasladando el problema desde la capacidad instalada hacia la forma de uso del equipo a lo largo de la jornada.

Para poner en perspectiva esta pérdida, una diferencia del orden de 0,5 horas de autonomía a lo largo de la jornada equivale, en términos prácticos, a la capacidad de armar con una sola batería aproximadamente 19 pallets adicionales por picking o de despachar del orden de 25 pallets, lo que representa un camión completo grande. Donde el promedio diario ronda los 22 pallets armados por picking y se despachan aproximadamente 43 pallets por día, esta pérdida relativa no resulta marginal.

2.6.1.3. Estabilidad ante picos de demanda

Para evaluar la capacidad de respuesta de las zorras eléctricas ante picos de demanda, se tradujo la autonomía de las baterías a términos operativos, expresando dicha capacidad en cantidad de pallets armados y despachados.

Según especificaciones del fabricante, una batería de zorra eléctrica permite aproximadamente 2 horas de trabajo efectivo con carga. Considerando las tasas de trabajo medidas durante el estudio de métodos y tiempos, este período equivale, en términos prácticos, a la capacidad de armar por picking del orden de 75 pallets o de despachar aproximadamente 100 pallets, en un escenario de uso continuo y concentrado en una única tarea.

Estos valores resultan significativos al compararlos con la operación diaria del depósito, donde en promedio se arman alrededor de 22 pallets por picking y se despachan aproximadamente 43 pallets por día. Se puede concluir que la autonomía de una batería cubre una fracción relevante del trabajo diario, incluso bajo condiciones de mayor exigencia.

Por lo tanto, la dotación actual de baterías resulta suficiente para absorber incrementos razonables de la carga de trabajo. Las limitaciones observadas en la práctica no se vinculan a una falta de capacidad energética instalada, sino principalmente a períodos de encendido sin trabajo efectivo y a la forma de uso de las zorras a lo largo de la jornada.

2.6.2. Autoelevadores eléctricos

2.6.2.1. Autoelevador principal para movimientos, armado y despachos

Este equipo no cuenta con horómetro funcional y se utiliza de forma casi continua durante la jornada, por lo que se tomó como referencia una jornada efectiva promedio de aproximadamente 8 horas diarias, descontando el tiempo de almuerzo y sumando las horas extra promedio por jornada.

Sobre esta base se realizó un muestreo de estados, registrando si el equipo se encontraba en uso efectivo o encendido sin carga durante distintos intervalos de tiempo. A partir de esta proporción se estimaron el tiempo encendido y el tiempo productivo diario.

Los resultados indican un $TE \approx 7,36$ h/día y un $TP \approx 6,11$ h/día, con una productividad cercana al 83%, consistente con la alta disponibilidad del equipo y la existencia de breves intervalos sin trabajo efectivo entre tareas.

2.6.2.2. Autoelevador secundario

En este caso se utilizó el horómetro del equipo para estimar el tiempo encendido diario, registrando lecturas sucesivas durante un período de aproximadamente dos semanas y media.

Los valores obtenidos indican un tiempo encendido promedio $TE \approx 3,87$ h/día, lo que representa aproximadamente un 43% de la jornada efectiva. El tiempo productivo estimado resulta muy cercano a dicho valor ($TP \approx 3,49$ h/día), con un uso mayormente productivo del equipo.

Esta relación entre TE y TP se explica por la práctica habitual de evitar mantener el equipo encendido sin trabajo efectivo, debido a la limitada autonomía de su batería.

2.6.2.3. Autoelevador amarillo de combustión Caterpillar

Para este equipo no se dispone de horómetro ni de condiciones que permitan un seguimiento continuo, por lo que se estimó su uso a partir del análisis de ciclos representativos de trabajo.

A partir de los tiempos relevados asociados al traslado de pallets desde el final de línea de la planta hacia la salida de la empresa y a la recepción de pallets hacia el depósito, incluyendo recorridos con y sin carga. El número diario de trasladados promedio se estimó a partir de remitos de transferencia .

En base a estos datos se obtuvo un $TE \approx 3,32$ h/día y un $TP \approx 2,99$ h/día, con una productividad cercana al 90%, consistente con el carácter repetitivo y concentrado de las tareas realizadas. Este equipo es comúnmente utilizado durante la mañana, dejándose apagado durante la tarde.

2.6.2.4. Síntesis del análisis

El análisis muestra que la demanda energética asociada al uso de los equipos es baja en relación con la capacidad disponible. Con la dotación actual, el trabajo puede sostenerse incluso en jornadas exigentes, sin interrupciones por falta de energía.

Durante el período analizado no se registraron situaciones en las que los equipos quedaran fuera de servicio por falta de combustible o por indisponibilidad de carga eléctrica. La única excepción correspondió a casos puntuales del autoelevador secundario por su batería limitada, sin impacto relevante en la continuidad del trabajo.

Si se consideran únicamente los valores promedio de tiempo encendido diario, el autoelevador secundario y el autoelevador de combustión no alcanzan en conjunto una jornada completa de 8 horas. Desde este punto de vista, podría interpretarse que la ausencia temporal de uno de los equipos no implicaría necesariamente una paralización del depósito.

Esta situación se ha verificado en la práctica en episodios puntuales de indisponibilidad del Caterpillar, en los cuales el depósito logró reorganizar las tareas y continuar operando, aunque con una mayor exigencia sobre los autoelevadores restantes y con una menor holgura frente a imprevistos.

En contraste, las detenciones observadas con mayor frecuencia estuvieron asociadas a problemas mecánicos, principalmente ruedas pinchadas y averías menores, que sí generaron interrupciones temporarias y reasignaciones de tareas.

No se identifican razones técnicas para incorporar nuevas zorras o baterías en el estado actual. Las oportunidades de mejora se encuentran principalmente en la organización del trabajo a lo largo de la jornada y en el mantenimiento de los equipos, más que en la ampliación de la capacidad instalada.

2.7. Indicador de ocupación

Para contar con una referencia general sobre la capacidad del depósito, se estimó la ocupación máxima admisible en términos de posiciones disponibles. Para ello se relevaron las ubicaciones existentes en racks, los espacios destinados a mercadería en piso y las zonas de espera, obteniendo la cantidad total de pallets que pueden almacenarse de manera simultánea bajo condiciones normales de trabajo.

A partir de este relevamiento se obtuvo un valor del orden de 1500 pallets, de los cuales aproximadamente 654 corresponden a posiciones en racks y el resto a posiciones en piso. En entrevistas realizadas, el jefe del área indicó que, si bien en situaciones excepcionales se alcanzaron niveles superiores, del orden de 1800 pallets, operar a ese nivel genera congestión y dificulta en gran medida el desarrollo normal de las actividades del depósito.

Adicionalmente, las zonas de espera pueden aportar del orden de 210 posiciones, que funcionan como capacidad temporal para absorber ingresos y despachos. Por su carácter transitorio, estas posiciones no fueron consideradas en la estimación del valor de 1500 pallets.

2.8. Determinación teórica de la dotación requerida del depósito

Se analizó la carga diaria real del depósito considerando los principales flujos de trabajo: control de remitos de transferencia, recepción de pallets desde planta, armado de pedidos (con y sin picking), envoltura y despacho. Sobre estos volúmenes se aplicaron tasas de trabajo medidas para las actividades más relevantes, con el fin de estimar el consumo diario de mano de obra asociado a tareas directas.

A partir de este análisis se obtuvo un consumo promedio de aproximadamente 18 horas-hombre diarias correspondientes a tareas directas medidas. Este valor equivale a una dotación teórica mínima de 3 operarios, y representa un piso, ya que no contempla simultaneidad de actividades, variabilidad diaria ni tareas indirectas no cronometradas o administrativas.

En la práctica, el funcionamiento del depósito requiere cubrir actividades en paralelo, absorber picos de carga y atender tareas indirectas, como búsquedas, coordinación, control, orden y limpieza. Estas tareas no se presentan como ciclos repetitivos fácilmente medibles, pero consumen tiempo real del personal y condicionan el funcionamiento diario.

Considerando estos factores, se estima que una dotación razonable para la operación habitual del depósito se sitúa en el orden de 4 a 5 operarios, lo que permitiría cubrir la carga diaria normal si antes se abordan las causas de las horas extra, mediante mejoras en la organización, la planificación y los métodos de trabajo. Reducir personal sin corregir previamente estos desajustes solo sería trasladar el problema existente, con alto riesgo de incrementar aún más las horas extra y que el depósito sea incapaz de cumplir con sus tareas.

Una dotación de 5 a 6 operarios se encuentra alineada con esta necesidad, aportando un margen de flexibilidad para absorber picos de demanda y superposición de tareas. En el estado actual de la operación no se identifican razones objetivas que justifiquen la incorporación de personal adicional desde el punto de vista de la carga de trabajo procesada.

3. Análisis mediante simulación

Se utilizó un programa alimentado con datos reales del depósito para analizar distintos escenarios de trabajo. Los tiempos utilizados como insumo para este capítulo corresponden a tiempos observados y promediados, obtenidos del estudio de tiempos. No se utilizaron tiempos estándar teóricos, de modo que los resultados de la simulación reflejan el comportamiento efectivo del depósito bajo condiciones habituales de trabajo.

3.1. Tiempos de desplazamiento y reposición en el área de picking

Se relevó la ubicación física de los distintos productos dentro del sector para contar con una representación clara de cómo se encuentra distribuida la mercadería y cómo se relaciona dicha distribución con el armado real de pedidos.

A partir de esta información se estimaron dos tiempos asociados al proceso de picking: el tiempo promedio de desplazamiento interno durante el armado de pedidos y el tiempo asociado a la reposición de productos desde reserva.

3.1.1. Tiempo promedio de desplazamiento

Para estimar el desplazamiento se utilizó el histórico de 1690 pedidos comprendidos entre el 26/06/2025 y el 17/11/2025, a partir del cual se identificó qué productos suelen armarse conjuntamente en un mismo pedido.

Para cada producto se calcularon las distancias físicas hacia los demás productos del área de picking. En lugar de promediar estas distancias de forma directa, se las ponderó según la frecuencia con la que los productos aparecen conjuntamente en los pedidos, de modo que los productos que se arman juntos con mayor frecuencia tengan mayor peso en el cálculo.

De esta manera, para cada producto se obtuvo una distancia representativa asociada al armado de pedidos. Finalmente, estas distancias se promediaron y se transformaron en tiempo utilizando la velocidad promedio de desplazamiento con zorra. El tiempo estándar de zorro obtenido fue de 20,3 (s / producto visitado).

3.1.2. Tiempo de reposición desde reserva

A partir del mismo histórico de pedidos se determinó, para cada producto, la cantidad total de cajas consumidas durante el período analizado. Asimismo, a partir de la base de datos de productos comercializados por la empresa se obtuvo la cantidad de cajas que conforman un pallet para cada uno de ellos.

Con esta información, se calculó para cada producto la cantidad de reposiciones necesarias como el cociente entre las cajas totales consumidas en el período y las cajas por pallet correspondientes. Este valor representa la cantidad de veces que se agota un pallet completo y debe ser repuesto durante el armado de pedidos.

La suma de las reposiciones individuales de todos los productos permitió obtener la cantidad total de reposiciones realizadas en el período, un total de 1714 ($\approx 11,34$ por día). Dicho valor se multiplicó por el tiempo estándar de reposición sumado al tiempo estándar de desembalado del pallet repuesto, obteniéndose el tiempo total asociado a esta tarea.

Finalmente, el tiempo total de reposición se dividió por la cantidad total de cajas demandadas en el período, obteniéndose un tiempo estándar de reposición por caja de 1,23 (s / caja).

3.2. Tiempo de armado de pedidos

A partir del relevamiento de tiempos y de la observación directa del trabajo diario, se identificó que los pedidos que combinan picking de cajas y pallets cerrados no se arman siguiendo una secuencia fija. En la práctica, ambos tipos de pallets se van produciendo y acumulando en la zona de espera de manera simultánea, sin un orden determinado.

El armado del pedido puede separarse en dos actividades principales. Por un lado, el armado con picking, que incluye el apilado de cajas sobre tarimas, el traslado del pallet armado hacia la envoltura y su etiquetado. Por otro lado, el movimiento de pallets cerrados, que comprende la búsqueda, el levantamiento y el traslado de pallets completos, junto con las maniobras necesarias para montar y desmontar los pallets provenientes del picking, realizadas por el mismo operario.

En la operación real, los operarios continúan avanzando sobre pedidos sucesivos y la orden de carga se termina de completar recién cuando el camión queda listo. Por este motivo, el armado no se organiza pedido por pedido, sino a nivel de camión.

El tiempo total de armado se define como el tiempo necesario para completar todos los pallets que componen un camión. El camión queda listo cuando finaliza la actividad que demanda más tiempo, por lo que el tiempo de armado se calcula como el mayor valor entre el tiempo total dedicado al picking y el tiempo total dedicado al movimiento de pallets cerrados.

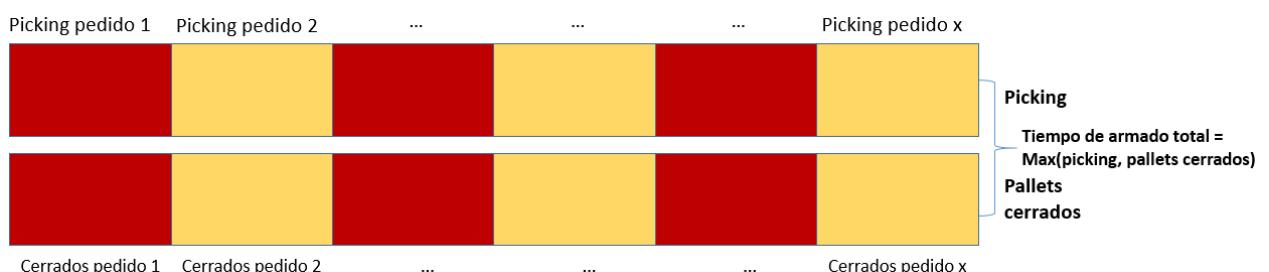


Figura 1.

Esquema conceptual del armado de un camión a partir de múltiples pedidos de pallets cerrados y picking.

El tiempo total de armado del camión queda determinado por la actividad dominante, adoptándose el mayor valor entre ambos flujos de trabajo.

3.3. Tiempos de armado de pedidos según tamaño

Una vez definido el criterio de cálculo del tiempo de armado a nivel de camión, se analizó cómo varía dicho tiempo en función de la cantidad de pallets a cargar. El objetivo de este análisis es entender cuánto más esfuerzo requiere armar camiones grandes respecto de camiones chicos, y cuánta variabilidad aparece en cada caso.

Para ello, se utilizaron 1690 pedidos reales procesados durante un período de 122 días, comprendido entre el 26/06/2025 y el 17/11/2025. A partir de estos pedidos y de los tiempos medidos durante el estudio de métodos y tiempos, se estimó el tiempo de armado correspondiente a distintos tamaños de camión, según la cantidad de pallets que los componen. El procedimiento utilizado para estimar los tiempos de armado por tamaño de camión se describe en el Anexo B.

Un mismo tamaño de camión puede armarse a partir de combinaciones muy distintas de pedidos, lo que genera diferencias en el tiempo total requerido. Es por esto que, para cada tamaño de camión no se obtiene un único tiempo, sino un rango de valores posibles.

Los resultados de este análisis permiten asociar a cada tamaño de camión un tiempo de armado típico y una dispersión esperable, información que se utiliza posteriormente para el análisis de filas de camiones y para evaluar escenarios de capacidad y dotación de recursos del depósito.

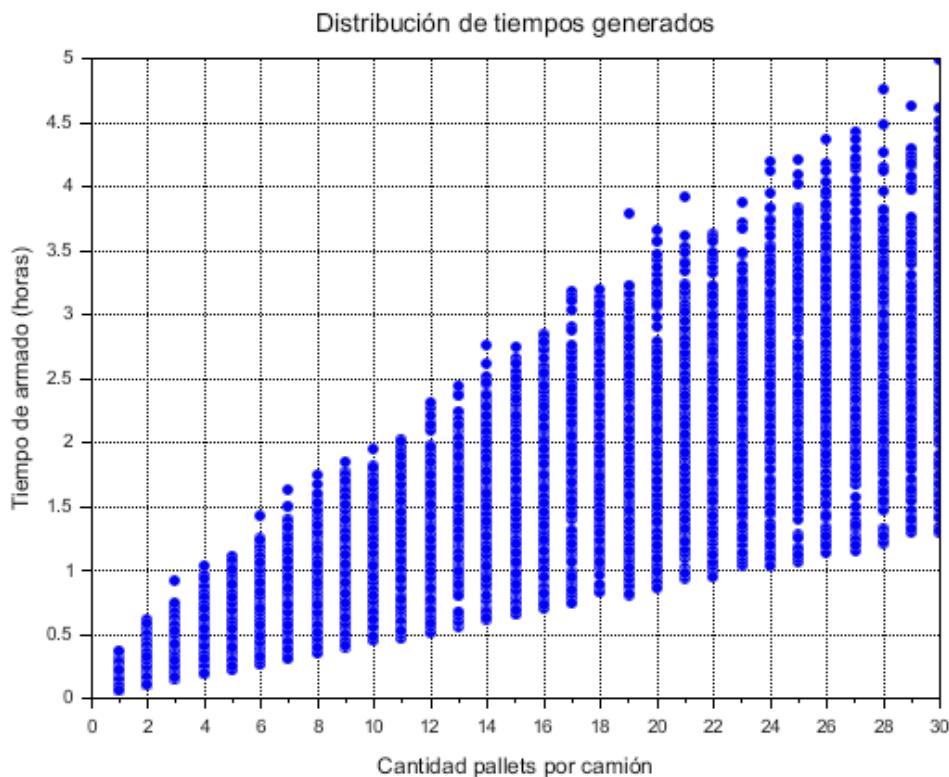


Figura 2.

Distribución del tiempo total de armado mixto de pedidos en función de la cantidad de pallets por camión.

Los resultados muestran una relación creciente entre el tamaño del camión y el tiempo medio de armado. Asimismo, a medida que aumenta la cantidad de pallets armados

en picking, se observa una mayor dispersión en los tiempos, lo que indica un comportamiento menos estable del sistema frente a pedidos de mayor complejidad, producto de la interacción entre recorridos de picking, reposiciones y esperas.

Finalmente, del programa se obtuvieron los tiempos estándar promedio de armado de pallet pickeado y de pallet cerrado, dando como resultado 9,8 min/pallet y 4,1 min/pallet respectivamente.

3.4. Análisis del armado y despacho diario

Se desarrolló un programa que representa jornadas completas de trabajo, incorporando el armado de pedidos, la llegada de camiones y el proceso de despacho. Este busca estimar el tiempo total diario requerido por el depósito y evaluar el impacto de distintas propuestas de mejora. El criterio de simulación de la jornada diaria se describe en mayor detalle en el Anexo C.

Para cada jornada simulada se generan las llegadas de camiones a partir de registros históricos reales, considerando tanto el horario de arribo como la cantidad de pallets a cargar.

Además, se consideran en paralelo los procesos de armado y despacho, enfocándose en la carga total diaria del depósito y su efecto sobre la duración de la jornada, sin vincular pedidos individuales con camiones específicos. Los tiempos de armado se obtienen a partir de las distribuciones definidas en la sección anterior, mientras que el despacho se modela según los recursos disponibles y los tiempos relevados.

La jornada se considera finalizada cuando no quedan tareas pendientes en el depósito y se determinan las horas extra como el excedente del tiempo total requerido respecto del horario normal de cierre, tomando el mayor entre el tiempo de armado y de despacho.

Para una comparación consistente entre escenarios, el modelo no incorpora decisiones informales de corto plazo observadas en la práctica, como pedidos urgentes o armados en etapas por faltantes de stock.

El comportamiento del modelo fue validado comparando el promedio de horas extra simuladas con los valores históricos observados, resultando aproximadamente iguales. A partir de esta base, la simulación se utiliza como herramienta principal para comparar escenarios y cuantificar el impacto relativo de las propuestas de mejora sobre la duración de la jornada y la generación de horas extra. A continuación se muestran los resultados del análisis:

Tabla 9. Estadísticos de horas extra simuladas.

Indicador	Valor
Promedio diario de horas extra del programa	0,88 h/día
Promedio diario de horas extra real	0,98 h/día
Máximo diario observado	4,0 h
Días con horas extra	58 de 132 (43,9 %)
Valor hora extra de todo el depósito	\$46.920
Costo quincenal	\$515.409
Costo anual proyectado	\$12.369.818

Para la proyección anual se estiman un aproximado de 300 días hábiles en el año.

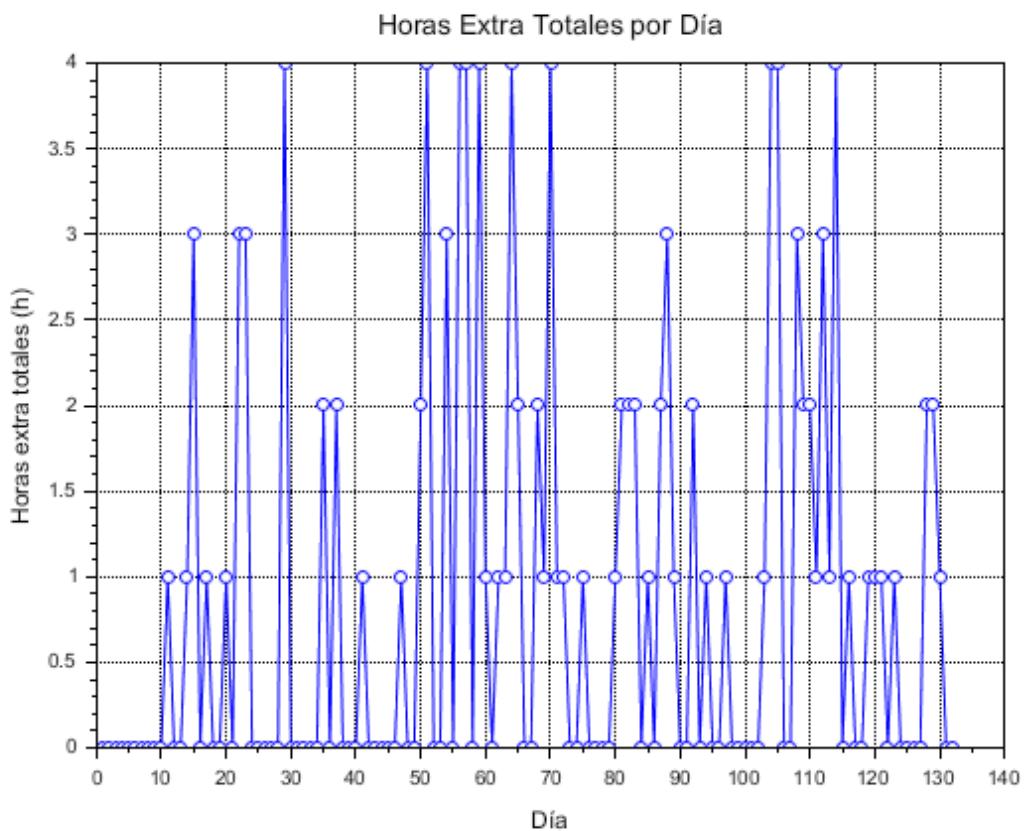


Figura 3.

Horas extra pagadas simuladas por día.

Si bien tanto el despacho como el armado son variables, las horas extras generadas son predominantemente de armado en picking.

3.5. Orden de magnitud de los costos de picking para la empresa

El objetivo de este apartado es estimar el orden de magnitud del costo operativo asociado al proceso de picking, considerando su impacto sobre horas de trabajo, horas extra y dotación mínima requerida.

El área de picking cuenta hoy con tres operarios asignados, pero se determinó que el proceso puede funcionar con un mínimo de dos operarios, con el costo de reducir la velocidad de armado.

Adicionalmente, el picking genera horas extra asociadas al armado de pedidos. A partir del programa desarrollado en la sección anterior, se estimó un promedio de 0,50 horas extra diarias atribuibles al picking con tres operarios y 0,57 horas extra diarias con dos operarios.

Para la estimación del costo de mano de obra se utilizó un costo horario promedio de los operarios involucrados, debido a que las tareas son intercambiables y el interés del análisis no está en los costos individuales. Los valores salariales corresponden a octubre de 2025 y se utilizan únicamente como referencia para estimar órdenes de magnitud, no como costos contables exactos.

El costo horario promedio por operario resulta de \$5.050, lo que implica un costo total de \$15.150 por hora y \$46.920 por hora extra en total para tres operarios. En el escenario mínimo de dos operarios, este costo se reduce a \$10.100 por hora y \$46.920 por hora extra.

Si bien el análisis de horas base se realiza considerando exclusivamente a los operarios asignados al picking, el costo de las horas extra se imputó considerando la dotación completa del depósito. Esto se debe a que, en la práctica, las horas extra extienden la jornada del depósito en su totalidad.

Considerando una jornada anual compuesta por 2.150 horas base y aproximadamente 150 horas extra, se obtiene un total de 2.300 horas anuales asociadas al proceso. Sobre esta base, el costo anual proyectado del picking resulta del orden de \$39.600.000 lo que equivale a \$22,1 por caja producida.

Si se considera una jornada anual con 2 operarios en picking compuesta por 2.150 horas base y aproximadamente 172 horas extra, generadas por la disminución en la velocidad de armado, se obtiene un total de 2.322 horas anuales asociadas al proceso. Sobre esta base, el costo anual proyectado del picking resulta del orden de \$29.800.000 lo que equivale a \$16,6 por caja producida.

Estos valores no deben interpretarse como una recomendación directa de reducción de personal, sino como una referencia económica para evaluar alternativas de organización del trabajo.

4. Propuestas de mejora

4.1. Propuestas a corto plazo

4.1.1. Reorganización del flujo de pallets desde planta hacia el depósito

Propuesta

Eliminar el almacenamiento intermedio en la salida sobre la calle Ecuador y realizar el ingreso directo de los pallets desde el final de línea al depósito de producto terminado. El operario que retira el pallet de planta podría ingresarlos directamente al depósito y, cuando sea posible, priorizar la reposición del área de picking antes de ubicar la mercadería en posiciones definitivas. Los pallets que requieran reenvoltura se colocarían en el sector de envoltura.

Impacto

La medida reduce movimientos innecesarios y evita acumulaciones a la salida de planta. Mejora el orden del stock desde el momento del ingreso y disminuye la congestión en recepción. También permite una mejor utilización del tiempo del personal involucrado en el ingreso de pallets.

4.1.2. Definir un segundo área de picking

Propuesta

Definir un segundo área de picking dentro del depósito para permitir el armado simultáneo de más de un pallet. Cada área operaría con dos operarios y una zorra eléctrica, evitando que todo el proceso de picking dependa de un único punto de armado. Esta organización permite trabajar en paralelo cuando se concentran pedidos de mayor volumen o variedad.

Impacto

La medida permite aumentar la producción de pedidos de picking en momentos de alta carga. También mejora la distribución del trabajo entre operarios y da mayor flexibilidad para absorber picos de demanda. Adicionalmente, el impacto económico de esta medida es de un ahorro estimado en horas extra de \$1.400.000 anuales.

4.1.3. Reducción de la dotación en despacho mediante reasignación de tareas de control

Propuesta

Reducir la dotación de tres operarios en despacho a dos, eliminando el rol de supervisor de carga, manteniendo las tareas de control y registro en planilla pero redistribuyéndolas entre los operarios de zorra y autoelevador. El control se realizaría sin un puesto dedicado exclusivamente a esta función: el operario registraría en tablet, mientras que el operario del autoelevador verificaría la planilla.

Impacto

La medida permite liberar un operario durante el despacho para reforzar otras tareas del depósito, especialmente en momentos de alta carga. Si bien puede implicar un leve aumento en el tiempo de despacho por camión, contribuye a una mejor utilización de la dotación disponible y a la reducción de horas extra asociadas a picos de trabajo.

4.1.4. Implementación de turnos escalonados y horario flotante

Propuesta

Implementar un esquema de turnos escalonados para el personal del depósito, con dos horarios de ingreso: un grupo de 07:00 a 15:00 y otro de 08:00 a 16:00. Con esto se puede reforzar la dotación disponible en las franjas de mayor carga sin aumentar la cantidad total de personal. Como complemento, incorporar un horario flotante que permita extender la jornada en forma puntual cuando la carga del día lo requiera y también habilitar ingresos anticipados entre las 07:00 y las 08:00 en días de alta demanda.

Impacto

La medida apunta a cubrir mejor las horas críticas de despacho, en particular la franja de 08:00 a 09:00, donde se concentra una parte relevante del volumen diario, y el pico posterior al almuerzo. Se espera una mejor absorción de la carga en esos momentos y una posible reducción de horas extra generadas por desbalance horario.

Como prueba piloto se sugiere:

Tabla 10. Esquema propuesto de horarios escalonados del personal de depósito.

Operario	Funciones	Horario de ingreso	Horario de egreso	Jornada
Op1	Recepción mercadería planta-depósito, preparación del depósito para iniciar la jornada, tareas normales el resto de la jornada	07:00	15:00	8 h
Op2	Preparación del depósito para iniciar la jornada y tareas normales el resto de la jornada.	07:00	15:00	8 h
Op3	Tareas normales.	08:00	16:00	8 h
Op4	Tareas normales.	08:00	16:00	8 h
Op5	Tareas normales.	08:00	16:00	8 h

4.1.5. Mejora del uso de la envolvedora

Propuesta

Evaluar ajustes para que la envolvedora pueda operar de forma automática y confiable, sin requerir la presencia constante del operario durante el ciclo. El objetivo es que el pallet quede correctamente envuelto, con tensión adecuada y que no se produzcan roturas de film durante el giro, permitiendo que el operario inicie el ciclo y se retire. Para ello, se propone revisar si el film utilizado es el más adecuado para el tipo de carga y realizar

pruebas controladas ajustando los parámetros del ciclo automático. En forma complementaria, evaluar la incorporación de un indicador visual simple que informe si la tensión de envoltura se encuentra dentro de un rango aceptable. También se recomienda solicitar una inspección técnica del proveedor para verificar el funcionamiento y calibración del sistema de detección de altura, considerando las diferentes alturas de pallets provenientes del picking.

Impacto

La medida apunta a liberar tiempo del personal durante el proceso de envoltura, reducir intervenciones manuales y evitar roturas de film o pallets mal envueltos. Esto puede traducirse en menor retrabajo, mejor uso del tiempo disponible y mayor continuidad del flujo de despacho. El impacto no fue cuantificado y se recomienda confirmarlo una vez evaluados y ajustados los parámetros de operación de la envolvedora.

4.1.6. Capacitar en envoltura de pallets al final de línea de producción

Propuesta

Capacitar al personal que realiza la envoltura de pallets al final de la línea de producción para asegurar una envoltura estándar adecuada antes del ingreso al depósito. Definir claramente el nivel mínimo de envoltura aceptable, en cantidad de vueltas, tensión y cobertura, alineado con las condiciones reales de manipulación y despacho. Como complemento, incluir criterios específicos para ciertos productos que tienden a condensar o transpirar, donde la envoltura debe adaptarse para evitar acumulación de humedad y daño en las cajas.

Impacto

La medida apunta a reducir retrabajos en el depósito, consumo innecesario de film y uso de tiempo en reenvoltura de pallets. También busca disminuir daños en cajas asociados a humedad en los productos, mejorando la calidad del almacenamiento y del despacho. En base a las observaciones, el retrabajo por reenvoltura consume del orden de 0,7 horas-hombre por día. Si se elimina en origen, ese tiempo queda disponible para armado de pedidos, apoyo a despacho o tareas de orden, según la necesidad del día.

La implementación de la medida anterior y esta permitirían un ahorro anual en horas extra aproximado de \$960.000.

4.1.7. Reducir dedicación específica a envoltura mediante rotación de tareas

Propuesta

Las propuestas anteriores permitirían reducir la dedicación específica de un operario a la tarea de envoltura, evitando que la envolvedora tenga un responsable asignado de manera preferente. Se propone que la envoltura se realice principalmente por operario de autoelevador que ya interviene en el armado de pallets cerrados y en la carga de camiones.

Este operario monta y desmonta los pallets en la envolvedora y desciende del equipo para iniciar el ciclo cuando es necesario, combinando esta tarea con el resto de sus actividades habituales.

Impacto

La medida apunta a disminuir tiempos de espera e inactividad alrededor de la envolvedora y a un mejor aprovechamiento del personal disponible. También permite liberar tiempo del operario que hoy suele quedar asignado a envoltura para reforzar picking u otras tareas en momentos de mayor carga.

4.1.8. Implementar un sistema de ubicación simple

Propuesta

Evaluar la implementación de un sistema de ubicaciones simples y confiables donde toda la mercadería del depósito tenga una ubicación definida y codificada, tanto en racks como en piso. Cada posición debe estar identificada, delimitada físicamente y tener reglas claras de uso.

Impacto esperado

La medida apunta a reducir confusiones sobre la ubicación del stock, pérdidas de tiempo en búsquedas y reubicaciones innecesarias. También mejora el orden general del depósito y facilita el control de inventarios.

4.1.9. Adquisición de racks

Propuesta

Incorporar racks selectivos y racks penetrantes en la zona del depósito actualmente destinada al almacenamiento en piso. Se propone ubicar racks selectivos contra los laterales, pegados a las paredes, y racks penetrantes en el sector central, conformando pasillos de circulación de aprox. 5 metros. Esto permite ordenar el almacenamiento, definir ubicaciones claras y mejorar el acceso a los pallets. Como referencia preliminar, se analizó una propuesta de layout desarrollada junto a un proveedor para una fracción representativa de esta zona. El proveedor consultado indicó valores estimativos de USD 79 por posición para racks penetrantes y en torno a USD 40 por posición para racks selectivos, sin incluir montaje ni logística.

Impacto

La medida mejora de forma significativa el control y orden del stock, el cumplimiento del criterio FIFO y los tiempos de búsqueda y manipulación de pallets. Asimismo, reduce maniobras innecesarias y disminuye el riesgo de rotura y deformación de cajas asociado al apilado de pallets unos sobre otros.

Hay que tener en cuenta que implica una reducción de la capacidad máxima de almacenamiento respecto al uso intensivo de piso. En la fracción analizada, los racks

permiten aproximadamente 230-240 posiciones, frente a unas 350-360 posiciones posibles en piso y apiladas, lo que representa un aprovechamiento aproximado del 65-70 % del espacio.

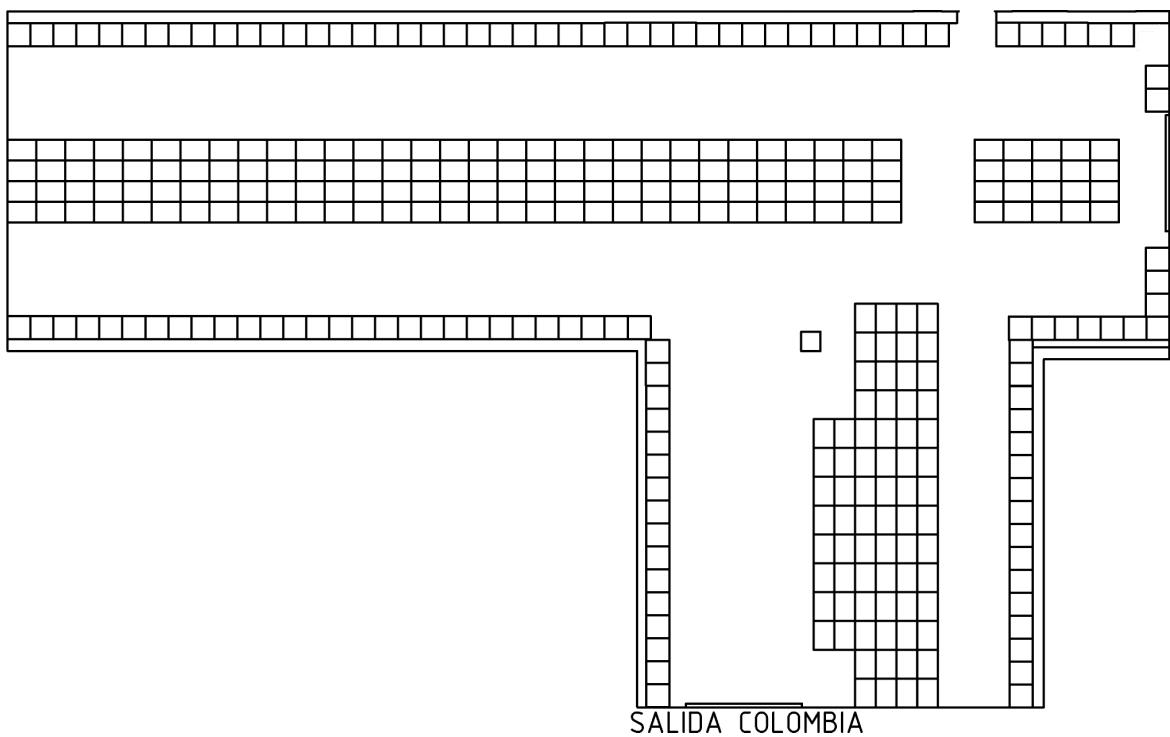


Figura 4.

Croquis conceptual de disposición de racks selectivos y penetrantes en una fracción de la zona de almacenamiento en piso, con pasillos definidos de circulación.

Este croquis dispondría de una capacidad del orden de las 640-680 posiciones, de esta manera el depósito tendría una capacidad total de 1290-1330 pallets.

4.1.10. Pausas y rotación de tareas por altas temperaturas

Propuesta

Implementar una política de descansos por carga térmica para jornadas con temperaturas elevadas. En días de calor alto, incorporar dos pausas adicionales de 7 a 10 minutos en una zona ventilada. En días de calor extremo, sumar micro-pausas periódicas en tareas de mayor esfuerzo físico, como el apilado en picking. Complementar esto con una reorganización de la jornada, realizando las tareas más exigentes durante las primeras horas y dejando actividades menos demandantes para la tarde, según sea posible.

Impacto

La medida apunta a reducir fatiga física, errores asociados al cansancio y riesgo de incidentes en contextos de calor elevado. También puede contribuir a una mayor continuidad del trabajo a lo largo de la jornada, evitando caídas de rendimiento.

4.1.11. Ahorro energético de equipos

Propuesta

Definir como política de ahorro energético que las zorras eléctricas y los autoelevadores se apaguen cuando no estén realizando tareas de movimiento durante períodos prolongados. Aplica a los tiempos entre movimientos, esperas y momentos en que el equipo queda encendido sin uso efectivo.

Impacto

La medida apunta a reducir consumo energético innecesario y descarga de baterías cuando no hay trabajo real. Se espera aumentar la autonomía disponible de los equipos durante la jornada y disminuir recargas evitables.

4.1.12. Evaluar el desempeño de los transportistas

Propuesta

Se propone incorporar un sistema simple de evaluación del desempeño de los transportistas que operan habitualmente con el depósito. Es común el arribo de camiones fuera de los horarios previstos o la llegada simultánea de transportistas.

La propuesta consiste en relevar y sistematizar indicadores básicos, tales como puntualidad de arribo, cumplimiento de ventanas horarias y frecuencia de reprogramaciones. A partir de esta información, se podría construir un registro histórico que permita comparar desempeños y detectar patrones recurrentes.

Impacto

Su implementación permitiría mejorar la previsibilidad del proceso de despacho. Esto contribuiría a una mejor distribución de la carga de trabajo a lo largo de la jornada, disminuyendo la necesidad de resolver picos mediante horas extra.

4.1.13. Estandarización y limpieza del área de picking

Propuesta

Se propone estandarizar una única técnica de picking como método de referencia, eliminando previamente las restricciones físicas que hoy obligan a los operarios a adoptar recorridos y maniobras variables. Para ello, se plantea limpiar y despejar el pasillo de picking, evitando la acumulación de pallets en tránsito y mercadería fuera de ubicación.

Como método estándar, se sugiere adoptar las técnicas clasificadas como muy frecuente (para tres operarios) o frecuente (para dos operarios), descriptas en el Anexo H.

Impacto

El despeje del pasillo reduce la variabilidad innecesaria del proceso de picking, al eliminar desvíos, retrocesos y maniobras improvisadas. Esto permite disminuir la dispersión de los tiempos de preparación, reducir la carga cognitiva del operario y facilitar la medición y comparación de rendimientos. Asimismo, la estandarización del método sienta las bases para

futuras mejoras operativas y tecnológicas, al asegurar un proceso estable y medible sin requerir inversiones en equipamiento.

4.2. Propuestas a evaluar a mediano plazo

Se identifican mejoras a evaluar en una etapa posterior. Estas alternativas no se desarrollan en detalle en el presente trabajo por requerir extensa información técnica y económica adicional. Este tipo de soluciones son ampliamente utilizadas en centros de distribución de alto volumen.

4.2.1. Implementación de voice picking

Propuesta

Se propone evaluar la incorporación de sistemas de preparación de pedidos asistidos por voz (voice picking) como herramienta de apoyo al operario durante el armado de pedidos por picking.

Bajo esta propuesta, el sistema de gestión define la secuencia de preparación y el operario recibe instrucciones auditivas sobre ubicación, producto y cantidad, confirmando cada acción por voz. De este modo, se reemplaza el uso de listas en papel o tablets, permitiendo trabajar con las manos y la vista libres durante todo el proceso.

Impacto

La implementación de voice picking permitiría estandarizar el método de armado, reducir significativamente tiempos de búsqueda, verificación y control de stock. Al mismo tiempo, reduce la carga cognitiva del operario sin requerir automatización pesada.

Dado que su implementación implica integración con el sistema de gestión, equipamiento específico y capacitación, se recomienda analizar su viabilidad técnica y económica en una etapa posterior, como alternativa de mejora de mediano plazo.



Figura 5.

Ejemplo de preparación de pedidos asistida por voz.

El operario recibe instrucciones auditivas y confirma las acciones por voz, trabajando con las manos y la vista libres.

4.2.3. Mesas elevadoras embutidas

Propuesta

Se propone evaluar la incorporación de mesas elevadoras embutidas para pallets en las zonas de picking, con el fin de regular la altura de trabajo durante el armado de pedidos. En su posición más baja, la plataforma queda al ras del nivel del piso, lo que permite integrarla dentro de las posiciones inferiores de los racks sin interferir con el flujo de materiales ni con el uso de zorras.

Impacto

La utilización de mesas elevadoras permitiría reducir posturas forzadas y esfuerzos repetitivos durante el picking, mejorando las condiciones ergonómicas del trabajo diario. Adicionalmente, facilitaría un método de armado más estable y cómodo, con potencial impacto positivo sobre la regularidad de los tiempos y la sostenibilidad de la tarea en jornadas prolongadas. Su incorporación podría realizarse de manera progresiva, acompañando eventuales mejoras de layout y método.



Figura 6.

Ejemplo de mesa elevadora para armado manual de pallets sobre tarima de madera.

La plataforma permite regular la altura de trabajo durante el armado, reduciendo posturas forzadas y esfuerzo repetitivo.

4.3. Propuestas a evaluar a largo plazo

Las propuestas incluidas en este apartado se tratan de soluciones que hoy no forman parte del proceso actual, pero que resultan relevantes como referencia para orientar decisiones de diseño, layout y nivel de automatización a largo plazo.

Dado su carácter conceptual y su dependencia del diseño definitivo del nuevo depósito, del volumen de operación y de las tecnologías finalmente adoptadas, el impacto de estas propuestas no fue analizado cuantitativamente en el presente informe.

4.3.1. Incorporación de almacenamiento automático de alta densidad (AS/RS)

Propuesta

Evaluar la incorporación de un sistema de almacenamiento automático de pallets para el nuevo depósito proyectado. Los pallets se almacenan en racks de alta densidad donde el movimiento de ingreso y retiro se realiza de forma automática, sin circulación permanente de autoelevadores dentro de las estanterías. A diferencia de los racks tradicionales, este tipo de sistemas no requiere pasillos entre filas para acceso manual: el pallet ingresa al rack, queda almacenado en profundidad y es retirado automáticamente cuando se lo necesita. Existen distintas alternativas tecnológicas para implementar este principio, como sistemas con carros tipo shuttle que operan dentro de los racks o equipos automáticos por pasillo, cuya definición quedaría sujeta al diseño final del depósito.

Impacto

La medida permite un aprovechamiento del espacio significativamente superior al de racks selectivos tradicionales y también mayor que el de racks penetrantes convencionales. Al eliminar pasillos internos de circulación y concentrar el almacenamiento en volumen, se incrementa de forma marcada la cantidad de pallets almacenables por metro cuadrado. Esto reduce la superficie necesaria para un mismo nivel de stock y ordena los movimientos internos, disminuyendo maniobras, recorridos y manipulación manual.



Figura 7.

Ejemplo de almacenamiento automático de pallets de alta densidad.

Los pallets con cajas se almacenan en profundidad dentro del rack, sin pasillos de circulación interna, y son ingresados y retirados automáticamente cuando se los necesita.

4.3.2. Implementación de preparación de pedidos tipo “producto al puesto”

Propuesta

Evaluar la preparación de pedidos en donde la mercadería sea llevada automáticamente a puestos de trabajo definidos, en lugar de que el personal se desplace por el depósito. En este enfoque, los pallets o unidades de picking se trasladan desde el área de almacenamiento hasta estaciones fijas de armado mediante sistemas automáticos, como transportadores o equipos móviles. El operario permanece en su puesto y arma el pedido a medida que el sistema le presenta la mercadería necesaria, siguiendo una secuencia definida.

Impacto

La medida apunta a eliminar recorridos largos dentro del depósito, ordenar el proceso de picking y reducir la carga física asociada al armado de pedidos. También permite mayor regularidad en los tiempos de preparación, especialmente en pedidos complejos o con múltiples referencias. El impacto no fue cuantificado y se recomienda analizarlo en una etapa de diseño detallado.



Figura 8.

Ejemplo de estación de preparación de pedidos “producto al puesto”.

El operario permanece en un puesto fijo y arma el pallet sobre tarima de madera, mientras la mercadería en cajas es acercada automáticamente desde el área de almacenamiento.

4.3.3. Integración digital de movimientos y trazabilidad de pallets

Propuesta

Incorporar la identificación automática de pallets que permita registrar los movimientos de mercadería sin carga manual de datos. En esta propuesta, cada pallet se identifica al ingresar al depósito y vuelve a ser leído automáticamente cada vez que pasa por puntos específicos, como almacenamiento, preparación de pedidos o despacho. De este modo, los movimientos quedan registrados en forma automática en el sistema de gestión, sin depender de anotaciones, planillas o registros posteriores.

Impacto

La medida apunta a reducir errores de registro y desvíos entre el stock físico y el sistema. También mejora la trazabilidad de cada pallet a lo largo del proceso y facilita inventarios y auditorías futuras. El impacto sobre tiempos administrativos y confiabilidad del stock no fue cuantificado en el presente informe y se recomienda evaluarlo en una etapa de implementación.



Figura 9.

Ejemplo de punto de identificación automática de pallets.

Al atravesar un arco de lectura, el pallet queda registrado en el sistema sin necesidad de carga manual de información.

4.3.4. Automatización parcial de la carga de camiones

Propuesta

Evaluar soluciones de asistencia o automatización para la carga de camiones en el nuevo depósito, especialmente orientadas a despachos de alto volumen y pallets completos. Los pallets llegan al muelle ya ordenados según la secuencia de carga y se incorporan al camión mediante sistemas que reducen o eliminan la necesidad de maniobras manuales repetidas dentro del vehículo. El objetivo es estandarizar la forma de cargar y disminuir la intervención directa del personal durante esta etapa.

Impacto

La medida apunta a reducir tiempos de carga, disminuir maniobras dentro del camión y mejorar la seguridad durante el despacho. También permite una mayor regularidad en los tiempos de salida, especialmente en rutas o clientes recurrentes.



Figura 10.

Ejemplo de sistema de asistencia a la carga de camiones.

Los pallets se incorporan al camión de forma ordenada y guiada, sin la presencia del personal.

5. Bibliografía

Barnes, R. M. *Estudios del trabajo: medición del trabajo y diseño de métodos*.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. *Ingeniería industrial y de métodos*.

Organización Internacional del Trabajo. *Introducción al estudio del trabajo*.

Richards, G. *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs*.

Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. *Warehouse & Distribution Science*.

NIOSH. *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*.

Anexos

Anexo A: Cálculo del tiempo de armado de pedidos

Para estimar el tiempo de armado de pedidos asociados a un camión (armado con picking y armado sin picking) y el tiempo de despacho, se utilizó la siguiente lógica de cálculo:

A.1. Descomposición del pedido en pallets completos y cajas a pickear

Para cada producto incluido en un pedido se consideran la cantidad de cajas pedidas y cantidad de cajas que conforman un pallet completo de cada producto.

A partir de estos valores se determina la cantidad pallets cerrados (sin picking):

Cantidad de pallets completos = cociente entero entre cajas pedidas y cajas por pallet

Y cajas a pickear (remanente):

Cantidad de cajas restantes = cajas pedidas - (pallets cerrados × cajas por pallet)

Una vez procesados todos los productos del pedido, se obtienen los siguientes totales:

Cantidad de productos distintos a picpear = cantidad de productos con cajas remanentes

Total de cajas a picpear = suma de todas las cajas remanentes del pedido

Total de pallets cerrados = suma de los pallets completos de todos los productos

Para convertir las cajas sueltas en pallets armados por picking, se utiliza un valor promedio de cajas por pallet de picking de 148 cajas.

La cantidad de pallets armados por picking, redondeada siempre para arriba, se calcula como:

Cantidad de pallets de picking = total de cajas a picpear / promedio de cajas por pallet

La cantidad total de pallets del pedido resulta de:

Pallets totales = pallets cerrados + pallets armados por picking

A.2. Tiempo de armado del pedido con picking

El tiempo de armado con picking de un pedido se calcula como la suma de tres componentes:

Tiempo de picking del pedido = (tiempo por producto visitado × cantidad de productos distintos a picpear) + (tiempo por caja × total de cajas a picpear) + (tiempo por pallet de picking × cantidad de pallets armados por picking)

Este valor representa el tiempo necesario para preparar el pedido mediante picking, considerando tanto la variedad como el volumen del mismo.

A.3. Tiempo de armado del pedido sin picking

El tiempo de armado sin picking se estima considerando:

*Tiempo sin picking del pedido = (tiempo por pallet cerrado × cantidad de pallets cerrados) +
(tiempo adicional × cantidad de pallets armados por picking)*

A.4. Tiempo total de armado por camión

Un camión puede incluir varios pedidos. Entonces:

Tiempo total de armado con picking del camión = suma de los tiempos de picking de todos los pedidos + tiempo fijo por camión

Tiempo total de armado sin picking del camión = suma de los tiempos sin picking de todos los pedidos + tiempo fijo por camión

Dado que en la operación real el armado del camión queda condicionado por el proceso más demandante, el tiempo total de armado del camión se adopta como:

Tiempo total de armado del camión = mayor valor entre (tiempo total con picking) y (tiempo total sin picking)

A.5. Tiempo de despacho del camión

El tiempo de despacho se calcula combinando:

Tiempo de despacho del camión = tiempo fijo por camión + (cantidad total de pallets del camión × tiempo promedio por pallet despachado) + (cantidad total de productos distintos del camión × tiempo promedio por producto distinto)

Este valor representa el tiempo total requerido para completar la carga y liberar el camión.

A.6. Composición de los tiempos utilizados

Los tiempos empleados en los cálculos de armado y despacho provienen del estudio de tiempos. Se muestran a continuación:

Tabla 11. Tiempos de armado con picking.

Tiempo de armado con picking	Tiempo estándar
Tiempo por camión	2,83 min / camión

Tiempo por pallet	1,51 min / pallet
Tiempo por producto visitado	0,58 min / producto visitado
Tiempo por caja	0,06 min / caja

Donde el tiempo por camión corresponde a la tarea de planificación del armado de los pedidos que lo componen. El tiempo por pallet incluye las tareas de reposición de tarima, traslado a envoltura, etiquetado y reincorporación de la zorra. El tiempo por producto visitado contempla la tarea de zorreo y el tiempo intermedio existente entre el zorreo y el apilado. Finalmente, el tiempo por caja comprende el apilado propiamente dicho y las reposiciones por unidad.

Tabla 12. Tiempos de armado sin picking.

Tiempo de armado sin picking	Tiempo estándar
Tiempo por camión	0,75 min / camión
Tiempo por pallet	2,71 min / pallet
Tiempo extra por pallet de picking	1,44 min / pallet

Donde el tiempo por camión corresponde a la tarea de planificación del armado de los pedidos que lo componen. Dado que el armado sin picking presenta una estructura más simple que el armado con picking, dicho tiempo se estimó como una fracción del tiempo de planificación de picking, adoptándose un valor equivalente a un cuarto del mismo.

El tiempo por pallet incluye las tareas de búsqueda, levantamiento y traslado de pallets hacia la zona de espera, así como el retorno del autoelevador. Finalmente, el tiempo extra por pallet de picking corresponde a las tareas de montaje y desmontaje en la envolvedora, el traslado del pallet a la zona de espera y el retorno del autoelevador.

Anexo B: Tiempos de armado de pedidos según tamaño

El análisis presentado en la sección 3.3 se apoya en la estimación del tiempo de armado de camiones en función de su tamaño, expresado como cantidad total de pallets a cargar.

Se analizaron 1.690 pedidos reales, correspondientes a un período de 122 días, comprendido entre el 26/06/2025 y el 17/11/2025. Cada pedido fue caracterizado

individualmente a partir de su composición en pallets completos y pallets armados por picking, y se le asignó un tiempo de armado aplicando los criterios y tiempos definidos en el estudio de métodos y tiempos.

A partir de estos pedidos caracterizados, se construyen camiones de distintos tamaños mediante combinaciones de pedidos reales, respetando una cantidad total de pallets objetivo. Un mismo tamaño de camión puede resultar de combinaciones muy diferentes de pedidos, tanto en número como en estructura interna, lo que da lugar a diferencias en el tiempo total requerido para su armado aun cuando la cantidad de pallets sea la misma.

Una vez definidos los pedidos que componen un camión, se calcula el tiempo total de armado considerando dos componentes a nivel camión: por un lado, el tiempo asociado al armado con picking, obtenido como la suma de los tiempos de pickeo de los pedidos incluidos más un tiempo fijo por camión; por otro lado, el tiempo asociado al manejo de pallets completos, obtenido de manera análoga. El tiempo total de armado del camión se adopta como el mayor de estos dos valores, criterio que representa que la duración final del proceso queda determinada por la actividad dominante a nivel camión.

Repetiendo este procedimiento para múltiples combinaciones posibles de pedidos, se obtiene para cada tamaño de camión un conjunto de tiempos de armado posibles, en lugar de un único valor puntual.

Anexo C: Análisis del armado y despacho diario

En este anexo se detalla el análisis presentado en la sección 3.4 que se basa en la simulación de jornadas completas de trabajo del depósito.

Cada jornada simulada representa un día típico de operación y se construye a partir de registros históricos reales de llegadas de camiones, considerando para cada uno el horario de arribo y la cantidad de pallets a cargar.

A lo largo de la jornada se consideran parcialmente en paralelo dos procesos principales: el armado de pedidos y el despacho de camiones. El armado se modela a nivel agregado diario, utilizando los tiempos de armado estimados en la sección 3.3 en función del tamaño de los camiones, sin vincular pedidos individuales a camiones específicos.

El despacho se modela considerando la disponibilidad de recursos y los tiempos relevados para la carga de pallets en camión. La atención de los camiones respeta el orden de llegada y puede generar esperas cuando la capacidad de despacho se encuentra ocupada.

La jornada se considera finalizada cuando no quedan tareas pendientes de armado ni camiones en espera de despacho. A partir de este instante se determina la cantidad de horas extra como el excedente del tiempo total requerido respecto del horario normal de cierre del depósito. Cuando el armado y el despacho se solapan, la duración efectiva de la jornada queda determinada por el proceso que finaliza en último término.

Con el fin de mantener un marco de comparación consistente entre escenarios, el modelo no incorpora decisiones informales de corto plazo observadas, como pedidos urgentes, priorizaciones o armados parciales por faltantes de stock.

El comportamiento del modelo fue validado comparando el promedio de horas extra simuladas con los valores históricos observados, obteniéndose resultados del mismo orden de magnitud. A partir de esta validación, la simulación se utiliza como herramienta para comparar escenarios y cuantificar el impacto relativo de las propuestas de mejora sobre la duración de la jornada y la generación de horas extra.

Anexo D: Análisis del tiempo de utilización de equipos de movimiento interno

Los valores utilizados surgen del análisis de 122 días operativos registrados en el sistema de gestión del depósito y del estudio de métodos y tiempos.

D.1. Zorras y baterías eléctricas

Según lo observado, la zorra eléctrica permanece encendida durante toda la ejecución de las tareas de armado y despacho, independientemente de si se encuentra realizando desplazamientos efectivos o maniobras productivas.

D.1.1. Valores de referencia utilizados

Para la estimación se utilizaron los siguientes valores promedio diarios, obtenidos a partir de los registros órdenes de carga y arribo de camiones:

- Pallets armados por día: 21,82 pallets/día
- Pallets despachados por día: 42,82 pallets/día

A través de los tiempos relevados del estudio de tiempos y distintas conversiones de unidades se llegó a:

- Tiempo encendido de armado: 9,14 min/pallet

Comprende el tiempo de armado desde que se inicia el apilado sobre la tarima, terminado el pallet se traslada a la zona de envoltura, se lo etiqueta y se retorna con la zorra a la zona de picking.

- Tiempo productivo de armado: 1,59 min/pallet

Comprende únicamente el tiempo en el que durante el armado la zorra se utiliza para el traslado de cargas.

- Tasa de despacho: 1,89 min/pallet

Comprende el tiempo global de despacho de camiones por unidad de pallet.

- Tiempo productivo de despacho: 1,08 min/pallet

Comprende los tiempos de zorro dentro del camión.

D.1.2. Tiempo diario estimado de uso del equipo

A partir de los valores anteriores y convirtiendo minutos a horas, se obtienen los siguientes resultados diarios:

- Tiempo encendido asociado al armado: 3,33 h/día
- Tiempo productivo asociado al armado: 0,58 h/día
- Tiempo encendido asociado al despacho: 1,35 h/día
- Tiempo productivo asociado al despacho: 0,85 h/día

Adicionalmente, se consideró un tiempo ocioso promedio equivalente al 15 % de una jornada de 8 horas, representativo de pausas y tiempos no asignables a tareas directas, lo que equivale a 1,04 h/día.

D.1.3. Resultado diario consolidado

Integrando las distintas componentes, el uso diario estimado del equipo eléctrico resulta:

- Tiempo total encendido por día: 5,72 h/día
- Tiempo total productivo por día: 1,43 h/día

Esto implica que aproximadamente el 24 % del tiempo diario de uso del equipo corresponde a trabajo productivo efectivo, mientras que el resto se distribuye entre tiempos no productivos y ociosos propios de la operatoria normal del depósito.

D.2. Autoelevador eléctrico principal

Dado que este equipo no dispone de horómetro y se encuentra en uso continuo durante casi toda la jornada, se adoptó como base una jornada efectiva promedio, estimada en aproximadamente 8 horas diarias, considerando la extensión habitual de la jornada mediante horas extra y el descuento del tiempo de almuerzo.

Sobre esta jornada efectiva se aplicó un relevamiento por intervalos, registrando periódicamente, el estado del equipo y clasificándolo como en uso productivo (U), encendido sin uso productivo (E) o apagado (A). El muestreo se realizó mediante observaciones cada 30 minutos, obteniéndose un total de 45 observaciones, equivalentes a 22,5 horas observadas.

Los registros obtenidos arrojaron 34 observaciones en uso productivo, 8 con el equipo encendido ocioso y 3 con el equipo apagado, lo que permitió estimar un tiempo productivo (TP) de 1.020 min (34×30 min) y un tiempo encendido de 1.260 min ($TP + 8 \times 30$) dentro del período observado. De esta relación se obtuvo una tasa de productividad (TP/TE) del orden del 81–83%.

A partir de esta productividad y las horas de jornada efectiva, se estimaron los valores diarios de operación del equipo, resultando un TE \approx 7,36 h/día y un TP \approx 6,11 h/día.

D.3. Autoelevador eléctrico secundario

Se relevó mediante medición directa a partir del horómetro del tablero del equipo. Se tomó una lectura inicial junto con la fecha y hora de muestreo y se efectuaron lecturas sucesivas durante un período aproximado de dos semanas y media, equivalente a un estimado de 114 horas de jornada observada. A partir de la diferencia entre lecturas se

estimó un tiempo total acumulado de funcionamiento del equipo de 51 horas durante el período analizado.

En base a estos valores, se obtiene una tasa aproximada de uso del 44,9 %, lo que equivale a un uso promedio del orden de 3,6 horas diarias de equipo encendido sobre una jornada típica de 8 horas, considerando pausas y extensión horaria promedio.

Durante las observaciones se constató que el equipo se utiliza principalmente para tareas de traslado y apoyo directo a las operaciones del depósito, con períodos acotados de encendido sin movimiento. No obstante, no se cuantifica en esta instancia la proporción de tiempo productivo, dado que su estimación precisa se aborda mediante otros cálculos presentados en el informe.

D.4. Autoelevador Caterpillar amarillo

Para este equipo no se dispuso de horómetro ni de condiciones que permitan un seguimiento continuo de su operación. Es por esto que se analizaron los ciclos representativos, identificando las tareas más frecuentes realizadas por el equipo: traslado de pallets desde el final de línea hacia la salida de la empresa y recepción de pallets desde dicha salida hacia el depósito.

A partir del relevamiento de tiempos de estos recorridos, se obtuvieron los siguientes valores promedio por ciclo: traslado con carga 0,0269 h, retorno sin carga 0,0209 h, recepción 0,0165 h y almacenamiento 0,0177 h.

Considerando un volumen promedio de 44,4 pallets diarios en un período comprendido desde el 16/11/2025 a 22/12/2025, y dado que las tareas de recepción y almacenamiento no son realizadas predominantemente por este equipo, se adoptó como criterio que aproximadamente el 50% de dichos movimientos son ejecutados por el mismo.

El tiempo encendido diario se estimó considerando que el equipo permanece encendido durante la mayor parte del tiempo en que se ejecutan estas operaciones, con períodos de encendido ocioso acotados. En base a lo observado en campo y a la comparación con otros equipos de operación similar, se adoptó una tasa de uso del orden del 85%, consistente con una operación intensiva pero no continua.

Se obtuvo un tiempo productivo aproximado de 2,9 h/día y un tiempo de encendido estimado de 3,4 h/día.

Anexo E: Determinación de la dotación teórica necesaria

Para el cálculo de la dotación teórica se utilizaron las principales actividades del depósito.

Tabla 13. Cálculo de horas hombre del depósito.

Actividad	Driver (pallets/h)	Volumen (pallets/día)	Nº operarios	Consumo diario (HH)

Picking	6,12	21,82	2	7,13
Pallets cerrados	22,61	28,06	1	1,24
Reposición picking	17,62	11,34	1	0,64
Envoltura total	27,52	47,05	1	1,71
Recepción (traslado)	13,64	44,42	1	3,26
Recepción (control)	13,48	44,42	1	0,71
Despacho	33,81	42,82	2	2,53
			Total HH diarias	17,22
-	-	-	Operarios teóricos mínimos	2,15

Nota: Los valores de driver utilizados corresponden a tasas de trabajo obtenidas a partir de los relevamientos y análisis desarrollados en el informe. El valor de picking se obtuvo de la sección 3.3. El correspondiente a pallets cerrados surge de la sumatoria de tiempos definida en la sección 2.3.2.2. El valor de reposición por picking corresponde al tiempo promedio por reposición determinado en la sección 2.3.2.1. El valor de envoltura se calculó a partir del tiempo promedio de envoltura manual y del giro de la máquina, según la sección 2.3.3. El valor de traslado en recepción corresponde al tiempo promedio total determinado en la sección 2.3.1. El valor de control se estimó a partir del recorrido realizado y del tiempo de control por pallet, obtenidos mediante una medición puntual. Dado el bajo peso relativo de esta actividad en el total de horas-hombre diarias, su incidencia sobre los resultados globales es reducida. Finalmente, el valor de despacho se obtuvo mediante medición directa del tiempo global de despacho, para capturar el comportamiento real del proceso, incluyendo tiempos productivos y pausas habituales.

Los valores de volumen utilizados corresponden a datos obtenidos del análisis de registros y de los relevamientos. El valor de picking se obtuvo del Anexo D. El correspondiente a pallets cerrados surge de la sumatoria de los pallets cerrados del registro de pedidos durante los 122 días analizados. El valor de reposición por picking corresponde al tiempo promedio por reposición determinado en la sección 3.1.2. El valor de envoltura es resultado de la sumatoria del volumen de picking y de un 55% de pallets de recepción que presentan envoltura deficiente. El valor de traslado en recepción fue obtenido de un registro de remitos

de transferencia. Finalmente, el valor de despacho se obtuvo a partir del registro de pedidos históricos.

Todos los valores fueron convertidos a horas por pallet.

La dotación teórica obtenida, considerando únicamente las tareas directas incluidas en el cálculo, resulta del orden de 2,15 ≈ 3 operarios mínimos.

Anexo F: Determinación de tiempos normalizados y tiempos estándar

A partir de los tiempos observados obtenidos mediante el cronometraje, se determinaron los tiempos normalizados y tiempos estándar conforme a la metodología del estudio de tiempos.

Para cada elemento de trabajo se realizaron múltiples observaciones independientes. A cada medición se le aplicó un factor de calificación del ritmo (rating), obteniéndose así un conjunto de tiempos normalizados individuales.

Los tiempos normalizados fueron posteriormente promediados para cada elemento, con el fin de obtener un tiempo normal representativo, reduciendo el efecto de la variabilidad propia de la operación.

Finalmente, sobre el tiempo normal promedio se aplicaron los suplementos definidos para la tarea, obteniéndose el tiempo estándar correspondiente. El detalle de los factores aplicados y de los cálculos realizados se presenta en las tablas incluidas en este anexo.

Anexo G: Cálculo de los tiempos de zorro y reposición en picking

En este anexo se detalla el procedimiento utilizado para estimar los tiempos asociados al desplazamiento con zorra y a la reposición de productos en el área de picking.

G.1. Tiempo de zorro

Para cada producto ubicado en el área de picking se dispone de dos datos básicos: la distancia física a los demás productos del sector y la cantidad de veces que dichos productos aparecen conjuntamente en los pedidos del período analizado.

A partir de estos datos, para cada par de productos se calcula una distancia “acumulada”, multiplicando la distancia física entre ambos productos por la cantidad de veces que aparecen juntos en los pedidos. De este modo, las distancias que se recorren con mayor frecuencia tienen mayor peso en el cálculo. El cálculo puede expresarse de la siguiente forma, donde X e Y son productos distintos:

$$\text{Distancia ponderada} = \text{Distancia entre } X \text{ e } Y \times \text{Veces que } X \text{ e } Y \text{ salen juntos}$$

Después, para el producto X:

Distancia acumulada de X = (Suma de todas las distancias ponderadas) ÷ (Suma de todas las veces que salen juntos)

Este cálculo se realiza individualmente para cada producto del área de picking, obteniéndose una distancia por producto. Posteriormente, estas se promedian para obtener el promedio recorrido del área completa:

Distancia promedio del área = Promedio de las distancias promedio de todos los productos

Finalmente, la distancia promedio resultante se convierte en tiempo utilizando una velocidad promedio de desplazamiento con zorra, obteniéndose el tiempo medio asociado al movimiento interno durante el armado de pedidos.

Tiempo de zorro = Distancia promedio del área ÷ Velocidad promedio de la zorra

G.2. Tiempo de reposición en el área de picking

El cálculo del tiempo de reposición se basa en el consumo efectivo de cajas durante el período y en la capacidad de cada producto en términos de cajas por pallet.

Para cada producto se calcula la cantidad de reposiciones necesarias como la relación entre las cajas consumidas y las cajas que conforman un pallet completo:

Reposiciones del producto = Cajas consumidas en el período ÷ Cajas por pallet

Este valor representa la cantidad de pallets completos que se agotan y deben ser repuestos durante el período analizado. La suma de las reposiciones de todos los productos permite obtener la cantidad total de reposiciones realizadas en el área de picking.

El tiempo total dedicado a la reposición se obtiene multiplicando la cantidad total de reposiciones por un tiempo promedio por reposición, relevado en planta:

Tiempo total de reposición = Reposiciones totales × Tiempo promedio por reposición

Para expresar este resultado en forma comparable y unitaria, el tiempo total de reposición se divide por la cantidad total de cajas armadas en el período:

Tiempo de reposición por caja = Tiempo total de reposición ÷ Cajas totales armadas

Anexo H: Técnicas de apilado observadas

En el cuerpo del informe se describió la técnica de apilado más frecuente observada durante el armado de pedidos con picking, por ser la que representa el modo habitual de trabajo y la base sobre la cual se desarrolló el estudio de tiempos.

En adición a dicha técnica, durante el relevamiento de campo se identificaron otras maneras de apilado que aparecen de manera ocasional o puntual, en función de las condiciones operativas y de la disponibilidad de personal. Las técnicas se describen de manera sintética y se clasifican según su frecuencia de aparición.

Técnica muy frecuente: esta se realiza con tres operarios. Dos extraen cajas del pallet de origen y las colocan directamente sobre el pallet en armado, el tercer operario las acomoda a medida que avanza el apilado.

Técnica frecuente: corresponde a un esquema de trabajo con dos operarios. Ambos extraen cajas del pallet de origen y las colocan directamente sobre el pallet en armado, acomodándolas a medida que avanza el apilado.

Técnica ocasional: consiste en un pasamanos con tres operarios. Se utiliza cuando existen obstáculos que impiden aproximar el pallet en armado al pallet de origen. En este caso, un primer operario extrae la caja del pallet de origen y la transfiere a un segundo operario ubicado en una posición intermedia, quien a su vez la pasa a un tercer operario encargado de colocarla en el pallet en armado.

Técnica rara: se trata de un pasamanos de dos operarios. Un operario extrae las cajas del pallet de origen y las transfiere directamente a un segundo operario, quien realiza el apilado sobre el pallet en armado. Esta modalidad se presenta en situaciones puntuales y no constituye el modo habitual de trabajo.

Técnica muy rara: consiste en el apilado realizado por un único operario. Esta situación se observa únicamente de forma transitoria, cuando uno de los dos operarios habituales debe ausentarse momentáneamente del puesto para realizar otra tarea, como reposición de pallets, atención de requerimientos operativos o pausas breves.

Anexo digital

Como complemento del presente informe, se dispone de un anexo digital que contiene el detalle de los relevamientos realizados, tablas de tiempos observados, factores de calificación, holguras aplicadas, tiempos normalizados, tiempos estándar y material de soporte correspondiente a la propuesta de adquisición de racks.