



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL  
METRO CUADRADO DEL ÁREA DE PICKING TRADICIONAL  
DE PRODUCTOS SECOS PARA EL CENTRO DE  
DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE RETAIL  
SUPERMERCADISTA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
INDUSTRIAL**

**PAOLO SILVIO SERRANO PIZARRO**

**PROFESOR GUÍA:  
RICARDO SAN MARTÍN ZURITA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
PATRICIO CONCA KEHL  
JAIME ZÚÑIGA CASTRO**

**SANTIAGO DE CHILE  
2021**

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL INDUSTRIAL  
POR: PAOLO SERRANO PIZARRO  
FECHA: 18/01/2021  
PROF.GUÍA: RICARDO SAN MARTÍN

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL METRO CUADRADO  
DEL ÁREA DE PICKING TRADICIONAL DE PRODUCTOS SECOS PARA EL  
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE RETAIL  
SUPERMERCADISTA**

El presente caso de estudio busca entregar un análisis de factibilidad en la implementación de variables modificables que permitan densificar un mayor número de productos en el sector de picking tradicional de productos secos, de la empresa de retail supermercadista SMU, bajo la restricción espacial que se presenta actualmente en el centro de distribución más importante de la compañía.

Así, bajo la mirada de la unidad logística y de operaciones de la empresa, surge la necesidad de concentrar un mayor número de ubicaciones de picking y reserva en los racks existentes, debido al alto nivel de utilización de las ubicaciones, el cual asciende al 85%, y, además, debido a que la compañía busca aumentar la cantidad de proveedores centralizados, para así tener mayor control respecto al abastecimiento de sus locales de venta.

Dicho esto, se tiene que el objetivo general del proyecto es “entregar una propuesta de optimización del uso del metro cuadrado del área de picking de productos secos del CD lo Aguirre a través de metodologías de rediseño de procesos medidos por simulación”.

Para lograr llevar a cabo este objetivo es que se consideran 3 variables, cuya modificación, e interacción entre sí, dará como resultado las propuestas iniciales a considerar, las cuales posteriormente serán evaluadas económicamente, a partir de la proyección de la estrategia de centralización a recomendar a la compañía.

Al implementar los escenarios de simulación se logra obtener condiciones favorables para la implementación del modelo recomendado, pues permite la liberación de 1.176 ubicaciones de picking tradicional, lo que a su vez se transforma en una proyección futura de 1.472 nuevos productos centralizados al 2023. Además, se sienta un precedente respecto a la posibilidad de comenzar a discutir una nueva tarifa de centralización, dado el alto nivel de rentabilidad presente en los indicadores financieros, con una TIR de **472%**, un índice de rentabilidad de 27,67 (sobre la inversión a realizar) y un VAN que asciende a **\$709.154.948**.

Finalmente, además de los beneficios ya mencionados, la implementación del modelo recomendado trae consigo un posible aumento en la venta de productos gracias al abastecimiento continuo y el aumento de innstock en tienda.

## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a Camila, quien con su amor, compañía, dedicación y sabiduría me motiva a siempre entregar lo mejor de mí, gracias por aguantar mis mañas, saber cuándo necesito un abrazo, entregarme siempre una sonrisa y tu apoyo cuando más la necesito. Tu compañía ha sacado lo mejor de mí año tras año.

Me gustaría también agradecer a mi familia, quienes hacen de lo cotidiano algo único.

A mis padres por la entrega incondicional hacia mí y mis hermanos, por ser mis grandes ejemplos y apoyarme en todas mis decisiones.

A mis hermanos por entregarme siempre una vía de escape, hacerme reír, jugar y enseñarme siempre a ser un mejor hermano y una mejor persona.

También me gustaría agradecer a mis amigos de siempre, a Renata, Javiera, Felipe, Leone, Cristóbal y Enzo, por todas las alegrías, buenos momentos y apoyo recibido en estos años, quiero que sepan que han sido un pilar fundamental para mí todos estos años.

A mis amigos de la universidad, quienes desde mechón estuvieron conmigo e hicieron de mi paso por la universidad algo inolvidable.

A SMU por permitirme desarrollar mi trabajo de título a partir de una problemática real y relevante.

Por último, agradecer a todas aquellas personas que a lo largo de mi vida han hecho de mí la persona que soy.

Gracias.

# TABLA DE CONTENIDO

I.	ANTECEDENTES GENERALES.....	1
I.I.	ORGANIZACIÓN.....	1
I.II.	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN.....	2
II.	JUSTIFICACIÓN.....	4
II.I.	CENTRALIZACIÓN.....	4
II.II.	PROBLEMA Y OPORTUNIDAD.....	5
II.III.	PROPUESTA DE VALOR.....	6
III.	OBJETIVOS.....	8
III.I.	GENERAL.....	8
III.II.	ESPECÍFICOS.....	8
IV.	METODOLOGÍA.....	9
V.	MARCO CONCEPTUAL.....	11
VI.	ALCANCES.....	16
VII.	RESULTADOS ESPERADOS.....	17
VIII.	SITUACIÓN ACTUAL.....	18
VIII.I.	PROCESO DE PICKING TRADICIONAL.....	18
VIII.II.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	20
VIII.III.	ANÁLISIS PRELIMINAR.....	23
IX.	DESARROLLO DE SOLUCIÓN PROPUESTA.....	28
IX.I.	JUSTIFICACIÓN DE SIMULACIÓN.....	28
IX.II.	DATOS Y ESCENARIOS A MODELAR.....	29
IX.III.	VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PRELIMINAR COMPARADO CON DATOS ACTUALES DEL PROCESO.....	34
IX.IV.	EVALUACIÓN PREVIA MODELOS DE SIMULACIÓN.....	35
IX.V.	IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN.....	40
IX.VI.	DISCUSIÓN COSTO ALTERNATIVO LOGÍSTICO.....	60
X.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN A SMU.....	63
XI.	CONCLUSIONES.....	68
XII.	BIBLIOGRAFÍA.....	72
XIII.	ANEXO.....	74
XIII.I.	DETALLE DE LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN.....	74
XIII.II.	TABLAS.....	87
XIII.III.	FIGURAS.....	124

# I. ANTECEDENTES GENERALES

## I.I. ORGANIZACIÓN

La organización en la que se llevará a cabo el proceso de trabajo de título es SMU S.A., empresa inmersa en el mercado del retail supermercadista. SMU opera en el mercado nacional con un total de 513 tiendas repartidas en las 16 regiones del país, las cuales se distribuyen entre sus cuatro formatos de negocio, los cuales son:

- Supermercados: Bajo el nombre de Unimarc, la empresa cuenta con una red de supermercados minoristas con un total de 292 tiendas, la cual representa el canal de ventas más importante para SMU (aproximadamente el 69,1% de los ingresos del 2019). Bajo este formato, SMU alcanza el tercer lugar en el mercado de supermercados minoristas en Chile.
- Mayoristas: La compañía opera en el segmento mayorista a través de 2 cadenas: Mayorista 10 y Alvi. Este segmento representó el segundo canal de ventas más importante para la empresa en 2019 (aproximadamente 25,7% de los ingresos). Además, cuenta con un total de 99 tiendas. Si bien ambas cadenas están enfocadas en ofrecer productos a precios bajos, Mayorista 10 tiene como clientes objetivo los clientes finales de grupos socioeconómicos C3 y D. Por su parte, Alvi se enfoca principalmente en la venta a clientes comerciantes (dueños de almacenes, botillerías, restaurantes, casinos, etc.). SMU es considerada como el líder del formato de supermercados mayoristas en el país.
- Tiendas de conveniencia: OK Market es una cadena de tiendas que representó el 2,3% de los ingresos de la compañía en 2019. Este formato se define como tienda “al paso”, facilitando la compra gracias a su velocidad de atención, ubicaciones de alto tránsito, cercano a hogares o lugares de trabajo y con amplios horarios de atención. Cuenta con un total de 122 locales, otorgando el liderazgo del mercado en este formato.
- Ventas por internet: Telemercado es el formato de ventas por internet de la empresa, el cual representó el 0,4% de los ingresos totales en 2019. Orientado a los grupos socioeconómicos más altos, ofrece marcas reconocidas a precios competitivos. El negocio consiste en que el cliente realiza sus pedidos a través de su página web o call center, y luego los productos son despachados a su domicilio desde un centro de distribución.

Además, bajo las marcas Mayorsa y Maxiahorro, la empresa cuenta con presencia en Perú gracias a sus 24 salas de venta, las cuales operan tanto en Lima como en otras provincias del país. Tal y como sucede con los formatos Alvi y Mayorista 10 en Chile, estos locales atienden a una mezcla de clientes comerciantes y consumidores finales.

Tal y como se evidencia con la información previamente descrita, una de las principales características con las que cuenta SMU, a diferencia de su competencia, es su presencia a lo largo del país, pues es la única empresa de retail supermercadista con presencia en todas las regiones, lo cual (junto con sus unidades multiformato) le han permitido alcanzar un total de más de 10 millones de clientes (solamente en Chile), durante el año 2019.

## **I.II. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN**

La empresa cuenta actualmente con un total de 11 centros de distribución a lo largo del país, siendo el de Antofagasta el ubicado más al norte y Puerto Montt al sur. Estos se encargan de abastecer, en gran parte de los casos, a solo una unidad de negocio de las mencionadas previamente. En particular, el presente informe se centrará en el análisis del centro de distribución más importante de SMU, llamado centro de distribución lo Aguirre, ubicado en la comuna de Pudahuel. Dadas las dimensiones del centro es que se encarga de abastecer tanto las líneas de Unimarc como de Mayorista 10, junto con el despacho de productos y el abastecimiento a los demás centros de distribución con los que cuenta la empresa. El centro de distribución lo Aguirre (CD lo Aguirre) cuenta con una superficie total superior a los 70.000 metros cuadrados, los cuales se dividen en 2 principales canales de productos, refrigerados y secos.

Ahora bien, dadas las características del trabajo a desarrollar, las cuales se explicitarán posteriormente en el presente informe, es que el análisis en detalle del CD lo Aguirre se centrará exclusivamente en el canal de productos secos.

El canal previamente mencionado se puede dividir en 4 principales sectores (tal y como se aprecia en la figura 1 de la sección III del anexo), estos son el sector de flujo continuo, donde el sórter se encarga de mover cerca de 20.000 cajas de productos de alta rotación al día. Además, es posible encontrar 42 pasillos de picking tradicional, considerando un total de ubicaciones de picking de productos que supera los 5.500 (una ubicación se reconoce como un pallet completo de un producto en particular, en el primer nivel del rack) y un total de ubicaciones de reserva que supera las 35.000. Finalmente, se encuentra el búnker de productos explosivos, tóxicos o inflamables, y el pasillo de picking unitario, donde se encuentran aquellos productos con una baja rotación y cuyas características físicas (ya sea tamaño, peso, unidades por pallet, etc.) no les permiten estar ubicados en los pasillos de picking tradicional. También, ubicado al norte del sector de productos secos se encuentra la loza de recepción de productos, y a su vez, al sur del sector

se encuentra la loza de despacho, en ambos casos se cuenta con un total de 70 andenes.

El canal de productos secos cuenta principalmente con familias de productos denominadas “de gran consumo”, estas son:

- Líquidos.
- Desayuno y dulces.
- Alimentos básicos.
- Mascotas.
- Lavado y mantención.
- Perfumería.
- Pan envasado.
- Subproductos de panadería.
- Non food.

## II. JUSTIFICACIÓN

### II.I. CENTRALIZACIÓN

El área logística de SMU trabaja dentro de la compañía emulando lo que sería una unidad de negocio o un formato más (tal y como los expuestos previamente), esto quiere decir que la unidad logística se conforma como una unidad independiente, cuyo trabajo es prestar servicios logísticos a la compañía y a sus proveedores.

Dentro de los principales servicios ofrecidos a proveedores se encuentran los siguientes<sup>1</sup>:

- **Front haul:** Consiste en prestar servicios de traslado de productos cuando un camión en particular va de camino hacia el lugar en el que debe recoger los productos para realizar la entrega para la que fue contratado.
- **Back haul:** Consiste en prestar servicios de traslado de productos cuando un camión en particular emprende su viaje de regreso desde el punto en el que realizó la entrega para la que fue contratado.
- **Centralización:** Consiste en prestar servicios logísticos a un cliente que no tienen la capacidad de abastecer por su cuenta los locales de venta de SMU con sus productos. Estos servicios van desde recepción y reserva en centros de distribución hasta despacho y entrega directa a locales de venta.

Por otro lado, el área logística de la empresa tiene como uno de sus objetivos estratégicos el centralizar la mayor cantidad de productos comprados a sus proveedores y comercializados por sus locales, es decir, ser la empresa la encargada de trasladar los productos directamente hacia sus tiendas a lo largo del país. Tal y como se mencionó previamente, si un proveedor no se encuentra centralizado entonces él es el encargado de entregar los productos en cada uno de los locales en los que se comercialice, cuando sea solicitado por parte de SMU. En cambio, si un producto se encuentra centralizado, entonces una vez que se realice la compra a un proveedor, este tiene como objetivo entregar todos sus productos al centro de distribución, y es el área logística la encargada de distribuirlos en su red de locales.

El proceso de centralización trae consigo beneficios para la empresa como lo son el mantener mejor abastecido a sus locales, sin dependencia de terceros, además

---

<sup>1</sup> Definiciones obtenidas directamente desde el área logística de SMU.



del cobro por centralización a sus proveedores, el cual se explicará con mayor nivel de detalle posteriormente.

## II.II. PROBLEMA Y OPORTUNIDAD

Actualmente SMU destina cerca de 40.000 [m<sup>2</sup>] de su centro de distribución más importante al sector de productos secos, esto debido a que, según declaraciones internas de la compañía, es el canal de venta más rentable para la empresa.

Bajo esta mirada se analiza el sector de picking tradicional para productos secos y su distribución del espacio (layout), tal y como se aprecia en la figura 1.

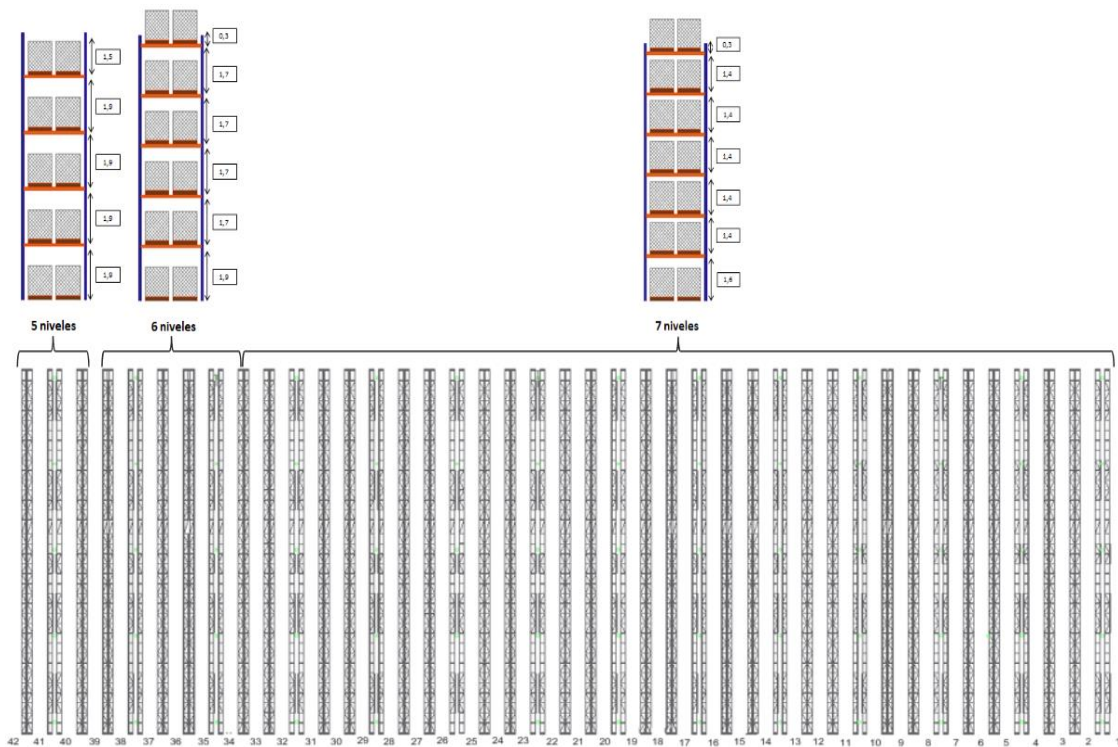


Figura 1: Layout centro de distribución Lo Aguirre

Aquí se puede apreciar que el sector de picking cuenta con 42 pasillos en total y tiene una distribución de rack dependiendo el pasillo, donde del pasillo 1 al 34 se utilizan racks de 7 niveles, del 35 al 39 de 6 niveles y el resto utiliza racks de 5 niveles, el formato y altura de los niveles de los racks se puede apreciar con mayor claridad en el anexo (figura 2).

De la información anterior es posible analizar que aquellas estanterías que mejor utilizan el espacio son las de 7 niveles, ya que su mayor número de niveles permite que exista menos espacio sin utilizar entre los distintos pallets (todos los racks tienen igual altura y los pallets tienen una altura máxima de 120 [cm], por lo que solo varía cantidad de niveles y altura de cada nivel). Ahora bien, una vez entendida la distribución de estanterías dentro del centro de distribución, es importante destacar

que todas aquellas ubicaciones que son utilizadas para el proceso de picking tradicional, es decir que participan del proceso, son las ubicadas en el primer nivel de cada uno de estos racks (los niveles superiores son reservas).

A día de hoy, el área de picking de productos secos cuenta con 5.518 ubicaciones distintas, destinadas a todas las líneas de productos centralizadas que compran a sus proveedores y que abastecen a los distintos formatos de negocio, de las cuales se tiene una utilización promedio del 85% durante el año 2019 (figura 3 del anexo). Es aquí donde se presenta la oportunidad de generar un proyecto que permita optimizar la rentabilidad del metro cuadrado para la zona de picking, pues, dada la alta utilización de las ubicaciones, no es posible aumentar considerablemente el número de productos ni proveedores que son centralizados en la operación.

Además, dado el plan estratégico de expansión diseñado por la empresa para los años 2021-2023, el cual contempla la apertura de al menos 30 nuevos locales en Chile sin trastienda (es decir, con la menor cantidad de inventario posible en el local y con un proceso de reabastecimiento constante directo a góndolas por parte de los centros de distribución), es que dado el potencial aumento en la demanda de productos adquiridos, junto con la necesidad de incorporar nuevos proveedores que permitan solventar el nuevo nivel de demanda, es que se plantea la posibilidad de densificar los espacios utilizados en la zona de picking, con el objetivo de generar nuevos lugares en la zona, destinados a nuevos proveedores (o a antiguos proveedores con un mayor nivel de flujo en sus productos).

Así, la oportunidad identificada consiste entregar una propuesta que permita aumentar en número de ubicaciones de picking, y por consiguiente de reserva, en base a la disminución de la configuración actual de pallets y los niveles de racks existentes en el sector de picking tradicional. Para esto, es necesario además identificar, en base a la rotación diaria y otros estimadores, el listado de productos candidatos a ser optimizados.

## **II.III. PROPUESTA DE VALOR**

Actualmente, para aquellos proveedores que decide centralizar sus productos, existe un cobro que se justifica como un costo alternativo logístico de dejar los productos en el centro de distribución de SMU, y sea la empresa la encargada de distribuirlos a través de su red logística, haciéndolos llegar a sus distintos locales cualquiera sea el formato. Esta tasa de ingreso para la unidad logística de SMU es de 3,63% del valor de transferencia mensual del producto.

Ahora bien, se tiene que en promedio un producto en el canal de picking tradicional transfiere al mes 6.600.000 \$CLP, es decir, manteniendo la misma tasa que el año 2019, por cada nueva ubicación que se pueda crear será posible centralizar un producto que aportará al EBITDA del área logística de la empresa 66.743\$CLP descontando gastos (directos e indirectos), tal y como se aprecia en la siguiente imagen:

EERR	CD Lo Aguirre Seco 2019	
Transferencias	6.600.000	
Brecha Invisible	- 14.343	-0,22%
Brecha Visible	- 3.310	-0,05%
<b>Total Brechas</b>	<b>- 17.653</b>	<b>-0,27%</b>
Rebate	239.288	3,63%
Otros Ingresos	629	0,01%
<b>Total Ingresos</b>	<b>222.265</b>	<b>3,37%</b>
Remuneraciones	- 57.080	-0,86%
Mantención	- 12.095	-0,18%
Mantención TI	- 350	-0,01%
Servicios	- 24.442	-0,37%
Varios	- 13.941	-0,21%
Materiales	- 4.131	-0,06%
<b>Total Gastos Directos</b>	<b>- 112.039</b>	<b>-1,71%</b>
Fletes	- 411	-0,01%
Servicios Externos	- 59	0,00%
Arriendo Equipos	- 1.979	-0,03%
Arriendo Inmuebles	- 38.446	-0,58%
Seguros	- 2.588	-0,04%
<b>Total Gastos Indirectos</b>	<b>- 43.482</b>	<b>-0,55%</b>
<b>Total Gastos</b>	<b>- 155.522</b>	<b>-2,27%</b>
<b>EBITDA LOGÍSTICA</b>	<b>66.743</b>	<b>1,58%</b>

Mes

Figura 2: Aporte a Ebitda de área logística centralización de 1 proveedor

Por lo tanto, al aumentar, por ejemplo, en un 15% las ubicaciones disponibles actualmente, se podría llegar a percibir un ingreso neto total de 55.263.204\$CLP mensuales.

Lo anterior es solo una parte de la ganancia real que permitiría esta optimización, dado que el real objetivo es aumentar la disponibilidad de productos en la tienda (aumento del instock) y de esta manera aumentar la probabilidad de satisfacer la demanda de sus clientes, esto dado que los números históricos de la compañía indican que por cada 4 puntos porcentuales que aumente el instock, la venta aumenta en 1 punto porcentual. Sin embargo, dado que no se conocen los futuros productos a centralizar, no es posible estimar la ganancia real (logística más tienda) que podría llegar a tener la compañía.

Ahora bien, desde el punto de vista físico de la operación, se plantea realizar un mejoramiento de la utilización de los espacios disponibles en los racks del sector de picking tradicional, en particular, a través de la inclusión de un segundo nivel de picking de productos, a partir del cual se permitirá reducir el espacio inutilizado en los niveles inferiores de los racks con menor cantidad de niveles.

Lo anterior se traduce en reducir la cantidad de “aire” presente en los racks de productos, a través de una mejora que sea capaz de incluir un mayor número de pallets de productos (pero con una menor altura del nuevo pallet incluido), permitiendo así asignar un mayor número de ubicaciones de picking y de reserva al mismo espacio físico existente actualmente, generando así una mejora en la utilización del metro cuadrado asignado, de manera vertical, a cada rack, gracias a la inclusión de un mayor número de pallets de productos por posición.

### **III. OBJETIVOS**

#### **III.I. GENERAL**

*Entregar una propuesta de optimización del uso del metro cuadrado del área de picking de productos secos del CD lo Aguirre a través de metodologías de rediseño de procesos medidos por simulación.*

#### **III.II. ESPECÍFICOS**

- 1. Generar un método de asignación de productos a densificar, basado en el nivel de rotación de los productos en el centro de distribución, y en el tamaño y estructura del paletizado, que permita mantener el nivel de productividad actual en el centro de distribución medido en cajas por hora hombre.*
- 2. Realizar una simulación del proceso de picking tradicional de productos secos, utilizando herramientas computacionales e incluyendo todos los parámetros a optimizar, con el objetivo de analizar los posibles resultados y contrastarlos con la situación actual en la que se encuentra el proceso de picking tradicional.*
- 3. Generar una propuesta para la estrategia de centralización de proveedores, que considere los próximos 3 años de operación, a partir de las ubicaciones liberadas en el proceso de densificación de productos.*
- 4. Entregar un análisis de costos de la propuesta con el objetivo de identificar montos de inversión y comenzar a discutir una nueva tarifa de rebate (costo alternativo logístico por centralización de productos a proveedores).*

## IV. METODOLOGÍA

Analizando la problemática en la que se trabajará, se encuentra la necesidad de definir una metodología capaz de entender en su totalidad la situación actual en al que se encuentra el proceso, junto con su historia y tendencias (AS IS), para luego ser capaz de formular una propuesta de mejora y permitir comparar los posibles resultados en este nuevo escenario (TO BE). Para llevar a cabo lo anterior se plantea trabajar desde la mirada del rediseño de procesos, planteando las siguientes etapas:

- **Levantamiento de información y análisis de la situación actual:** Se procede a solicitar y analizar la información relativa al centro de distribución, desde su funcionamiento operacional, hasta los niveles de rotación de productos, entre otros.

En esta etapa se procede a identificar la problemática, junto con las posibles causas que conllevan a la presencia de ésta, a partir del levantamiento de información general del proceso, tanto a nivel de documentación como con la realización de visitas al centro de distribución. Se agenda un total de 3 visitas al CD lo Aguirre, con el objetivo de comprender el proceso de picking en su totalidad, junto con identificar en terreno las causas y consecuencias de la problemática desarrollada. Además, se planifica una reunión semanal con el equipo de proyectos logísticos, con el objetivo de exponer análisis preliminar y tener retroalimentación de los hallazgos obtenidos en esta etapa.

- **Clasificación de la información y revisión bibliográfica:** En esta etapa se identifican los principales hallazgos y se clasifican según su relevancia, se procede a estudiar modelos o realidades ya existentes relacionado a la formulación de *layouts*, tipos de estanterías o racks, formas de agrupación de productos, nueva asignación en pasillos, etc.

Para llevar a cabo esta clasificación se definen, en conjunto con el equipo de trabajo, las variables más relevantes a considerar para la construcción de una solución, según la importancia que se presenta a partir del análisis preliminar realizado, identificando las principales causas de la problemática y su incidencia en el problema, junto con la inclusión de variables de interés para la compañía, a partir del resultado mínimo esperado por parte de SMU.

Así entonces, se procede a aplicar clasificaciones para las variables de interés, como por ejemplo análisis de rotación según criterios ABC, para identificar niveles de rotación promedio, mínimos aceptables, días de trabajo

en zona de picking por pallet de producto y futuros criterios de decisión, los cuales permitirán identificar que fracción del total de productos podrá reunir las condiciones necesarias para disminuir el tamaño de su paletizado.

- **Formulación de propuesta de mejora:** Se comienzan a generar propuestas capaces de abordar las causas del problema en base a hallazgos y revisión bibliográfica, se identifican las variables modificables a considerar en el proceso de simulación y se generan los modelos propuestos a evaluar, a partir de la interacción entre estas variables modificables.

En este apartado se propone, inicialmente, como método de trabajo el realizar una simulación de la situación actual del proceso a través de herramientas computacionales. En particular se utiliza el software de simulación *Arena*, buscando generar un modelo capaz de presentar representar la operación actual, obteniendo resultados que sean cercanos a la realidad.

Una vez obtenidos estos resultados se generarán modelos de simulación, también en *Arena*, considerando las combinaciones factibles de las variables modificables identificadas en los pasos anteriores. Así, se presentan resultados generales de la nueva operación para cada uno de los modelos implementados, incluyendo la productividad de la operación y los niveles de utilización de recursos presentes en la operación.

- **Evaluación, mejoras y selección:** Luego, a partir de la simulación de los modelos, se procede a generar instancias y métodos de validación de las propuestas diseñadas, a modo de determinar el beneficio potencial del trabajo realizado, para cada modelo propuesto. Posteriormente, se busca iterar sobre la implementación, en búsqueda de mejores resultados en los modelos, culminando con la identificación de la propuesta con mejores resultados, a partir del análisis de su implementación y su evaluación económica, gracias al estudio de la rentabilidad de sus flujos futuros.

Como método de evaluación se propone realizar una evaluación financiera de los proyectos, considerando una proyección de los flujos futuros para cada uno de los modelos factibles simulados, para posteriormente obtener indicadores de evaluación financiera, tales como VAN, TIR e IR, permitiendo comparar los resultados obtenidos para cada modelo, en búsqueda de la mejor opción a recomendar.

## V. MARCO CONCEPTUAL

Con el objetivo de resumir y exponer los aspectos teóricos necesarios para comprender y analizar el problema se presentan los siguientes conceptos como marco conceptual, distribuidos según la etapa en la que se aplicarán, basado en la metodología seleccionada (apartado número 5):

1. Dadas las características del trabajo a desarrollar, se definen en primera instancia aspectos generales atinentes al trabajo a realizar y el funcionamiento de un centro de distribución en general.
  - **Centro de distribución[2]:** Es una gran construcción realizada con el propósito de almacenar productos. Dentro de sus procesos principales se encuentran:
    1. Proceso de recepción de productos: incluye todas aquellas actividades que permiten recibir los productos desde los distintos proveedores hasta almacenarlos en alguna ubicación.
    2. Proceso de Preparación de pedidos: consiste en la recolección de los distintos pedidos y las revisiones sobre estos antes de ser enviados a los clientes finales.
    3. Proceso de entrega de pedidos: Consiste en trasladar los productos desde el centro de distribución a los clientes finales.
    4. Proceso de control de inventarios: Consiste en realizar revisiones periódicas a los distintos productos con el fin de evitar pérdidas de estos y que los sistemas informáticos puedan estar alineados con las cantidades y físicas y evitar quiebres.
  - **Picking[3]:** Es el proceso mediante el cual se procede a la preparación de los pedidos en una cadena de distribución, es decir, el hecho físico de ir a una estantería o zona concreta dentro del área de almacenaje para recoger las mercancías requeridas por un determinado pedido.

En particular, en lo que respecta al trabajo que se desarrollará para este caso, el tipo de picking a analizar es el picking sobre pallets, es decir, donde se preparan los pedidos en niveles altos o bajos, pero siempre **sobre estanterías para pallets**. Este tipo de *picking* es adecuado cuando en cada pallet hay una sola referencia (producto), y lo usual es realizarlo en niveles bajos con productos de alta rotación. Los pallets que se vacían han de reponerse con los que se alojan en la zona de reserva **para evitar las esperas de reposición**.

- **Sistemas de almacenamiento[4]:** Son aquellos en los cuales las mercancías o unidades de carga se colocan sobre estanterías (racks), para optimizar el espacio (superficie/altura). A su vez, Las **estanterías** son estructuras independientes del edificio que se fijan al suelo o al techo y sobre ellas se depositan las mercancías. Son medios estáticos cuya altura y separación, entre ellas, estará determinada por la altura del local y las características de los medios de elevación.

El principal sistema de almacenamiento a analizar es el convencional, es decir, el sistema de gestión de almacenes por excelencia para el acceso unitario a las mercancías paletizadas. Se caracteriza por la combinación de pallets y artículos individuales del inventario del almacén, pudiéndose destinar los estantes más altos para los elementos paletizados y los más bajos para la preparación del picking.

- **Rotación de inventario[5]:** Indicador que expresa el número de veces que se han renovado las existencias de un producto durante un período de tiempo determinado. Matemáticamente podría definirse de la siguiente manera:

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Unidades vendidas durante el período}}{\text{Cantidad de unidades almacenadas durante el período}}$$

2. Posteriormente se procederá a analizar la situación actual en la que se encuentra el proceso de picking, y en particular, el inventario de productos a través de su rotación en el centro de distribución, lo que permitirá en un futuro definir qué productos serán candidatos a optimizar el tamaño de su pallet o camada. Para llevar a cabo lo anterior es necesario definir los siguientes criterios:

- **Principio 80/20 de Pareto[6]:** Principio que especifica una relación desigual entre entradas y salidas. En particular el principio de Pareto establece que el 80% de las consecuencias derivan a partir del 20% de las causas, lo cual establece una relación (o distribución) típica aplicable a diversos fenómenos. Para el desarrollo de este trabajo en particular, la utilización de este principio dará pie a la clasificación de productos según el método ABC para la gestión de inventarios.
- **Método ABC de clasificación[7]:** Método que permite organizar la distribución de mercancías dentro de un centro de distribución (o almacén) a partir de su relevancia para la empresa (en este caso rotación). Basado en el principio de Pareto se considera que el 20%



de los artículos con mayor rotación generan el 80% de los movimientos de mercancía. Se clasifican en 3 niveles: A, ocupa el 20% con mayor rotación; B, considera el siguiente 30% de productos con mayor rotación; C, considera el último 50% con menor rotación.

- **Productividad[8]: La productividad es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, tierra, etc.) durante un periodo determinado.** El objetivo de la productividad es medir la eficiencia de producción por cada factor o recurso utilizado, entendiendo por eficiencia el hecho de obtener el mejor o máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. Es decir, cuantos menos recursos sean necesarios para producir una misma cantidad, mayor será la productividad y, por tanto, mayor será la eficiencia. En este caso en particular, la principal forma de medir la productividad del proceso en el cual se trabajará será a partir de la relación [Cajas/HoraHombre], el cual será el principal indicador a analizar.

3. Una vez realizado el análisis previo de la situación actual se procederá a definir qué aspectos serán optimizados y cómo se llevará a cabo esta optimización. Con el objetivo de medir y cuantificar los resultados de esta propuesta contrastándola con la situación actual es que se procederá a implementar herramientas de **simulación[9]**, técnica computacional poderosa con una amplia colección de métodos y aplicaciones, que permite imitar el comportamiento de sistemas reales a partir de la utilización de un software.

Para llevar a cabo un proceso de simulación es necesario construir un modelo con el objetivo de estudiar el sistema a analizar y realizar pruebas que permitan obtener resultados que respondan a preguntas tales como ¿qué pasaría en el sistema si realizo los siguientes cambios? (entendiendo un sistema como un proceso concreto existente dentro de una empresa). Existen diferentes formas de clasificar modelos de simulación, pero lo más utilizado es analizar un modelo bajo las siguientes dimensiones:

- **Modelos estáticos y dinámicos:** Un modelo estático es aquel que no toma en cuenta, al menos explícitamente, la variable del tiempo. Por su parte un modelo dinámico considera cambios de tiempo, es decir, son una representación de la conducta dinámica de un sistema (la mayoría de los modelos operacionales son dinámicos).

- **Modelos continuos y discretos:** En un modelo continuo el estado del sistema puede cambiar continuamente a través del tiempo. Por otro lado, un modelo discreto los cambios ocurren solamente en instancias de tiempos diferentes. Es posible considerar un modelo que tenga cambios tanto discretos como continuos.
- **Modelos determinísticos y estocásticos:** Aquellos modelos que no consideran entradas aleatorias en su sistema son denominados determinísticos. En cambio, un modelo estocástico opera con entradas aleatorias al sistema. En este caso también es posible contar con ambos componentes.

Finalmente, se procede a explicar las **etapas[10]** consideradas para el proyecto de simulación, tal y como se muestra a continuación:

- a) **Definición del sistema:** Etapa que pretende ilustrar de la manera más completa posible el sistema en el cual se va a trabajar, entendiendo su funcionamiento, elementos y relaciones. Además, se debe plantear el objetivo de la simulación y definir las variables de interés (decisión: Aquellas que describen el estado del sistema; Respuesta: Aquellas cuyo valor se trata de predecir a través del modelo; Exógenas: Afectan el comportamiento del sistema, pero no son afectadas por el sistema).
- b) **Plan del proyecto:** Se debe diseñar un plan que contenga los programas a utilizar en el desarrollo de la simulación y los resultados esperados.
- c) **Recolección de datos:** Consiste en la obtención de los datos referentes a las variables definidas en la primera etapa.
- d) **Análisis de entrada:** En esta etapa se realiza un análisis previo de los datos recolectados con el fin de comprender su comportamiento estadístico con el objetivo de asegurar que los parámetros funcionan de manera correcta de acuerdo con el comportamiento original del sistema.
- e) **Construcción del modelo:** Se debe elaborar el modelo del sistema lo más cercano a la realidad posible, utilizando la sintaxis propia de la herramienta de software que se está utilizando.
- f) **Validación:** Se busca realizar pruebas experimentales para asegurar que el modelo es una representación fidedigna o semejante al modelo real. Lo anterior debe ser validado por la opinión de expertos en el sistema analizado.

- g) **Experimentación:** Se busca evaluar diversos comportamientos o escenarios del sistema, realizando un análisis de sensibilidad con el objetivo de identificar aquellos que presentan el mejor resultado respecto al objetivo planteado inicialmente.
  
- h) **Interpretación de resultados:** Se deben aclarar los resultados obtenidos teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el proceso, los resultados de la experimentación. Además, se debe llevar a cabo la toma de decisiones y las conclusiones y recomendaciones del proceso, dejando claro a los interesados qué es relevante para tener en cuenta en el proceso.

## VI. ALCANCES

Con respecto a los alcances del trabajo, estos quedan definidos de la siguiente manera:

- La propuesta de optimización del uso del metro cuadrado se realizará solo en la zona de picking de productos secos, sin incidir en ningún caso en las ubicaciones de la zona de productos refrigerados ni congelados.
- El análisis y las estimaciones realizadas solo serán llevadas a cabo utilizando la información y la distribución espacial presente en el centro de distribución Lo Aguirre.
- El proyecto no incidirá en la actual clasificación de familias de productos existente en la empresa ni en el actual ordenamiento (o posicionamiento) de los productos distribuidos en los pasillos de la zona de picking tradicional, principalmente debido a que estas labores son analizadas de manera continua por parte del área de operaciones, presentando resultados que mantienen conforme a la empresa. Además, la posibilidad de implementar ubicaciones dinámicas en la zona de picking no es factible, debido a que el sistema con el que se trabaja no permite esta implementación y actualmente no se considera la posibilidad de migrar hacia un nuevo sistema.
- Si bien la creación de nuevas ubicaciones de picking y de reserva de productos, junto con la posible modificación del paletizado trae consigo efectos notables en las áreas de recepción y despacho de productos, el trabajo realizado no forma parte de las decisiones realizadas en este ámbito.
- Se entregará una propuesta de los principales productos candidatos a ser optimizados, sin embargo, la decisión final deberá ser tomada en base a la capacidad negociadora del área comercial con sus proveedores, es decir, cabe la posibilidad de que un producto candidato a ser optimizado no pueda disminuir su tamaño debido a las condiciones impuestas por un proveedor.

## VII. RESULTADOS ESPERADOS

Este trabajo tiene como resultado esperado realizar una propuesta de optimización del uso del metro cuadrado en las ubicaciones disponibles en el sector de picking tradicional, demostrando que no existe disminución en la eficiencia del proceso de picking ni en la reposición de los productos desde sus zonas de reserva, al implementar una densificación que permita generar nuevas ubicaciones a partir del espacio limitado ya existente.

Además, se considera implementar un análisis por medio de tecnología que permita a los trabajadores a cargo tomar decisiones a partir de diferentes escenarios.

Para lograr llevar a cabo estos resultados es que se considera fundamental el análisis a través de herramientas de simulación, que permitan contrastar el escenario actual con respecto a la propuesta llevada a cabo en este trabajo.

Una vez llevada a cabo la implementación de esta propuesta, se espera que la cantidad de ubicaciones existentes en la zona de picking tradicional de productos secos permita la incorporación de nuevos proveedores y aumentar el flujo de los productos de proveedores ya existentes.

Para lograr los resultados esperados al final del trabajo, se definen las siguientes etapas de desarrollo del trabajo:

1. Identificación de productos candidatos a optimización en base a criterios de rotación y de proyección de cantidad de días de trabajo por pallet de productos.
2. Sugerir candidatos a optimización en base a la definición de algún criterio de optimización (disminución del tamaño del pallet, cambio de tipos de rack, habilitación de nuevos pisos de picking, etc.).
3. Modelamiento del proceso con nuevo criterio de ubicación, buscando la forma de que la productividad se mantenga, al menos, en los niveles actuales (cajas por hora hombre) y que la rentabilidad del espacio presenta un aumento significativo (cajas por metro cuadrado).
4. Entrega de un análisis de costos potenciales de la implementación del proyecto, junto con una propuesta de estrategia, en el mediano plazo, respecto a la proyección en las centralizaciones futuras, acorde al mejoramiento en la rentabilidad del espacio conseguido.

## VIII. SITUACIÓN ACTUAL

### VIII.I. PROCESO DE PICKING TRADICIONAL

A continuación, se procede a exponer las principales labores llevadas a cabo en el proceso de picking tradicional para el canal de productos secos del CD lo Aguirre:

- **Generación de entrega de salida:** Al crear una entrega de salida se inician las actividades denominadas como “de expedición”, como serían por ejemplo la programación de transporte, el picking y el despacho a tienda. Lo anterior permite generar la orden de transporte de picking (OT), la cual es una instrucción de movimiento de mercadería que genera el sistema y que el usuario (trabajador encargado de realizar la labor de picking) debe ejecutar; entre otros datos, indica ubicación de origen y destino, materiales y cantidades.
- **Asignar usuario a cola de picking o grúas:** Una vez generada la OT, el supervisor se encarga de asignar al usuario a la cola correspondiente para su proceso, el cual debe estar conectado al sistema mediante radio frecuencia. Si el usuario se encarga de realizar la labor de picking, entonces se procede a asignar la unidad de manipulación (en este caso transpaleta) y el número de OT a trabajar (todo lo anterior de manera automatizada por el sistema).
- **Impresión de etiqueta de OT:** Para comenzar con el proceso de picking, el usuario deberá proceder a imprimir la etiqueta de la OT. El sistema generará la impresión de la etiqueta de OT, etiqueta en la cual aparecen el número de tienda, el tipo de OT, el código de barra de la unidad de manipulación, entre otros.
- **Picking:** Una vez realizada la impresión de etiqueta, el sistema le indicará al trabajador (en la pantalla del terminal de radio frecuencia) a la primera ubicación a la que deberá dirigirse, donde se le solicitará realizar el escaneo del código de barras de la ubicación, el código de barras del producto y el código de la unidad de manipulación. El sistema indica al trabajador la cantidad a “pickear” de cada ubicación, donde en caso de no existir diferencias entre lo solicitado y lo existente se procede a confirmar y avanzar a la siguiente ubicación, hasta completar el pedido.
- **Final del pedido:** Una vez completado el pedido presente en la OT, se despliega una pantalla en el terminal de radio frecuencia, donde se debe

escanear la ubicación de destino del pallet, además se debe re escanear la unidad de manipulación con el objetivo de comprobar que la OT iniciada es la misma que la finalizada, y finalmente escanear o digitar el código de barras del pallet.

- **Situaciones extraordinarias:**

- **Picking con diferencias:** Cuando se ingresa una cantidad inferior a la cantidad solicitada por el sistema, este solicita confirmar el motivo de la diferencia, pudiendo ser: 1) Debido a diferencias de stock, es decir, la cantidad existente en la ubicación no cubre la cantidad indicada para el picking (al seleccionar esta opción el sistema envía la diferencia a una ubicación dinámica del número de la OT). 2) Debido a la presencia de artículos dañados, los cuales no pueden ser enviados a los locales. Al seleccionar esta opción se genera automáticamente una orden de transporte la cual muestra en pantalla, la cantidad indicada como diferencia hacia el almacén de mermas, la cual caerá a la cola de guero general para que este realice la extracción.
- **Extracción de pallet completo:** Consiste en trasladar mercadería en pallet completo desde ubicaciones de reserva a una ubicación de destino. Este proceso es realizado por trabajadores encargados de manipular las grúas, donde el sistema le indicará la ubicación hacia donde debe dirigirse. Una vez arribado a la ubicación indicada por el sistema, escanea el código de barra perteneciente a la ubicación y luego el artículo de la ubicación. Finalmente se imprime la etiqueta OT y se sitúa en la ubicación de destino.
- **Reposición de stock a ubicación de picking:** Las reposiciones se realizan mediante una OT generada por falta de stock o cuando se cumple el stock mínimo en la ubicación de picking. Estas OT se generan de forma automática en el sistema o de forma manual según la necesidad de la operación. Estas OT caerán en la cola de grúas. Una vez arribado a la ubicación indicada por el sistema, escanea el código de barra perteneciente a la ubicación y luego el artículo de la ubicación. Al confirmar la OT en la ubicación destino, el stock quedará disponible para la generación de OT para el picking.
- **Reprocesamiento:** Proceso que consiste en procesar nuevamente aquellos saldos que quedaron pendientes en OT anteriores, generando nuevas OT para los locales. Lo anterior se realiza por parte del supervisor una vez que las ubicaciones sean reabastecidas

- **Traslado de merma:** Dentro de las funciones del operador de grúa, además de la extracción de pallets completos y reposiciones, está el traslado de mercadería defectuosa a la zona de mermas. Cuando se confirma una OT con el motivo “Artículo Dañado”, el sistema crea una OT que cae a la cola de grúas (con mayor prioridad que reposición). Una vez en la ubicación y luego de escanearla, el sistema indica que es un “PROCESO MERMA” para indicarle al operador que la mercadería a retirar es defectuosa y evitar que traslade mercadería en buen estado a la zona de merma. Luego de escanear la información, la cantidad debe ser confirmada. Finalmente, el operador debe escanear la ubicación de destino, lo que a su vez confirmará la OT que se está procesando.

## VIII.II. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Al momento de iniciar el presente trabajo, en el centro de distribución lo Aguirre de SMU, se cuenta con una configuración general de pallet de productos (ya sea en ubicaciones de picking como de reserva, para el canal de picking de productos secos) que alcanza una altura máxima de 120 [cm] (considerando 105 [cm] de carga y 15 [cm] de madera), y un pesaje que no puede superar 1 tonelada. Lo anterior significa que, si por algún motivo la configuración del pallet que entrega un proveedor supera alguno de estos criterios, entonces el armado deberá presentar una reconfiguración, disminuyendo el número total de camadas por pallet, de manera tal que permita ser aprobado según los estándares recién mencionados.

Además, tal y como se mencionó en apartados previos, el canal de productos secos cuenta con 3 configuraciones de rack a lo largo de sus 42 pasillos. Estos racks presentan la misma altura, en su estructura global, sin importar la cantidad de niveles que presente, y, además, una configuración fija en sus separaciones, lo que no permite modificar la altura de sus niveles. Tal y como se muestra en la segunda figura del anexo, los pallets de 7 niveles presentan una altura de 160 [cm] en el nivel inferior, 140 [cm] en los niveles 2 al 6 y finalmente el último nivel presenta una estructura de 30 [cm]. Sin embargo, al finalizar la estructura del rack no se presenta un límite superior o “techo”, lo que permite ubicar un pallet de productos sin problemas. Por su parte, los racks de 6 niveles presentan un nivel inferior que alcanza los 190 [cm], luego los niveles 2 al 5 alcanzan una altura de 170 [cm], y para terminar, el nivel superior también cuenta con 30 [cm], con la posibilidad de ubicar un pallet debido a la ausencia de un límite superior. Finalmente, para el tercer tipo de rack presente en la operación, el rack de 5 niveles cuenta con un nivel inferior de 190 [cm], manteniéndose esta configuración hasta el cuarto nivel, así, para este caso en particular, el único nivel que varía en su configuración es el superior, el cual alcanza una altura de 150 [cm].



Ahora bien, si se analiza la cantidad de ubicaciones presentes, según el tipo de rack es posible identificar que cerca del 80% de las ubicaciones son para racks de 7 niveles, el 12% para racks de 6 niveles, y el restante 8% para racks de 5 niveles. Lo anterior, en términos de ubicaciones de picking entrega los siguientes resultados:

Rack	Ubicaciones	Porcentaje
7 niveles	4509	80%
6 niveles	606	12%
5 niveles	403	8%

**Tabla 1: Racks presentes en CD lo Aguirre**

La presente tabla muestra que aproximadamente el 20% de las ubicaciones existentes hoy en día podrían presentar una mejor utilización del espacio que les es asignado, pues si se considera que el pallet presenta una altura máxima de 120 [cm] y además se considera un “delta” de espacio de seguridad óptimo, entre el pallet y el nivel superior, de entre 10 y 20 [cm] (particularmente para maniobrar y manipular los pallets con maquinaria), entonces solo aquellos racks que presentan 7 niveles presentarían una utilización del espacio designado que se acerque a las condiciones óptimas y, para los demás casos, se presenta la posibilidad de reconfigurar sus niveles, buscando así una mejor utilización del espacio, a partir de la inclusión de un mayor número de productos (con un menor tamaño en su paletizado) en el espacio disponible existente hoy en día.

Si bien el camino lógico del proyecto indica la posibilidad de modificar solo aquellos racks que presenten una distribución de niveles inferior a 7, debido a la subutilización del espacio que presentan, no se descarta, a priori, la posibilidad de intervenir también aquellos racks que presentan una configuración de 7 niveles, si la cantidad de productos candidatos a densificar supera la cantidad de ubicaciones disponibles al intervenir solo los racks de 5 y 6 niveles.

Por otra parte, actualmente la zona de picking tradicional de productos secos presenta 4 áreas de picking distribuidas según su agrupación de familias, con el objetivo de realizar una labor de picking más ordenada, evitando combinaciones de productos no deseadas en un mismo pallet. Las áreas de picking (desde aquí llamadas ArP) son las siguientes:

- ArP 10: Comprende los pasillos 16 al 36 y en ellos se encuentra todos aquellos productos catalogados como abarrotes, en ellos se concentra la mayor cantidad de órdenes de transporte procesadas dentro del canal de productos secos (alcanzando cerca del 48% de las ordenes de transporte).
- ArP 11: Comprende los pasillos 1 al 15, aquí es posible encontrar aquellas familias de productos que reciben la catalogación de productos de limpieza. En esta área se procesa la segunda mayor cantidad de órdenes de transporte (superando el 33% de las ordenes de transporte).

- ArP 12: Comprende los pasillos 37 al 42, encontrándose aquí las familias de productos que no son ni abarrotes ni productos de limpieza, recibiendo el nombre de Non Food.
- Arp103: Dentro del grupo de abarrotes se encuentra un subsector de productos que se procesa de manera individual y separada del resto de alimentos, estos productos son los líquidos, los cuales pueden ser encontrados en ubicaciones específicas entre los pasillos 17 al 22.

Junto a lo anteriormente expuesto, hoy en día para el proceso de picking tradicional se cuenta con una dotación activa de 105 trabajadores ejerciendo labores de picking y 45 trabajadores ejerciendo labores de manejo de grúas. Estos trabajadores se distribuyen en 3 turnos diarios, trabajando 6 días a la semana (de lunes a sábado). Generalmente, si se considera el día completo de trabajo, la dotación activa de trabajadores para estas labores se acerca al 90-95% de utilización, es decir, si se considera la cantidad de *pickeros* trabajando en los 3 turnos, el número de trabajadores se acerca a 30 por turno (dando un total de 90 trabajadores diarios en promedio).

Finalmente, es necesario identificar la métrica que hoy en día es utilizada en el proceso de picking tradicional para evaluar el nivel de productividad diario que se presenta en el proceso. Para llevar a cabo esta medición se analiza la cantidad de cajas efectivamente *pickeadas* durante los 3 turnos del día, dividiendo este valor por la dotación que llevó a cabo el proceso de picking, es decir:

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Cantidad de cajas pickeadas}}{\textit{Dotación}}$$

En lo que va del año 2020 este indicador presenta un valor promedio de 560, considerando un promedio anual de transferencia en la operación superior a las 50.000 cajas diarias y una dotación cercana a los 90 trabajadores. Luego, se tiene que el mínimo valor aceptable para este indicador dentro del proceso es de 500, considerando una transferencia de 45.000 cajas al día, transferidas por los mismos 90 trabajadores. Así entonces, bajo este valor, se considera un nivel de productividad crítica.

Por otro lado, el valor meta, a partir del cual se considera un nivel de productividad óptimo, es a partir de 580 en el valor del indicador, es decir, una transferencia promedio de 52.200 cajas para los mismos 90 trabajadores, valor dado a partir de una transferencia promedio de aproximadamente 90 cajas por hora de trabajo efectivo para los trabajadores de picking.

### **VIII.III. ANÁLISIS PRELIMINAR**

Actualmente (según la catalogación de productos realizada el 31 de julio del 2020) en el sector de picking tradicional existen 4.700 productos centralizados, cuyos datos (paletizado, rotación, tamaño de caja, entre otros) serán estudiados para llevar a cabo el análisis preliminar de estos productos.

El número anterior indica que actualmente la utilización de las ubicaciones de picking tradicional para el canal de productos secos del CD lo Aguirre alcanza el 85% (recordando que se presenta un total de 5.518 ubicaciones de picking).

Este análisis preliminar nace con el objetivo de identificar candidatos a ser optimizados, a partir de los cambios en su comportamiento dentro del proceso, gracias a la modificación de ciertos aspectos que componen su estructura de pallet.

Así entonces, la idea es someter a los productos a una disminución en el tamaño máximo de su estructura de pallet, buscando identificar aquellos productos cuyo comportamiento no se vea afectado de sobremanera, permitiendo así el normal funcionamiento del proceso, bajo esta nueva configuración.

Además, para permitir una estimación real de la rotación de productos presentes hoy en el centro de distribución, es que se utiliza la data de transferencia diaria unitaria de cada producto con existencia en el canal de productos secos del CD lo Aguirre, durante el año 2019, y hasta septiembre del 2020.

Para comenzar, se realizó una clasificación de productos según su rotación a partir del criterio ABC, basado en la ley de Pareto, la cual postula que el 20% de las causas produce el 80% de las consecuencias, lo que llevado a la problemática actual indica que el 20% de los productos con mayor rotación serían catalogados como productos de alta rotación, el siguiente 30% será catalogado como producto de rotación media y el restante 50% es catalogado como producto de baja rotación.

Esta clasificación permite identificar cual es el umbral a partir del cual, según datos empíricos, los productos son catalogados como de baja rotación en el proceso, lo que indica que a partir de este nivel podrían llegar a ser candidatos a reducir el tamaño de su pallet.

Para obtener el estimador de rotación diaria en base a los datos ya mencionados, inicialmente, se tuvieron en consideración 2 categorías de productos: Primero, aquellos que presentan rotación continua durante todo el horizonte de tiempo analizado, y segundo, aquellos que presentan rotación con una variación considerable dentro de este mismo periodo (estacionales).

Para el primero de los casos se utilizó como estimador la media de la transferencia diaria, debido a que la desviación presentada no era considerablemente alta, por lo

que el promedio entrega una representación fidedigna de la rotación durante todo el período analizado, tal y como se puede apreciar en la figura 4 del anexo.

Por otro lado, para el caso estacional, dada la alta variabilidad en su comportamiento (figura 5 del anexo), es que se decide utilizar la mediana como estimador, para así no sobre estimar los efectos de las subidas puntuales de demanda de los productos, buscando entregar una estimación de lo que es realmente el comportamiento de los productos a lo largo de todo el horizonte temporal analizado.

Junto a lo anterior, para poder comprender el comportamiento de los productos en la zona de picking tradicional, y en particular en las ubicaciones de picking de productos, es que se trabajará con la variable **días de trabajo**, la cual hace alusión a la duración, en días, de **un pallet** de un producto en particular en **una ubicación** de picking. Dicho esto, tal y como se aprecia en la figura 6 del anexo, para el 50% más rotador de los productos se tiene que su pallet, según la data analizada, tiene una duración de entre 0 y 10 días de trabajo en una ubicación de picking, lo que indica que el valor límite que separa un producto de ser catalogado como de alta o baja rotación, en días de trabajo, para un pallet en una ubicación de picking, es de aproximadamente 10 días.

Dado el cálculo anterior, de aquí en más se considerará como criterio de baja rotación aquel producto cuyo pallet supere los 10 días de trabajo en su ubicación de picking.

Una vez definido lo anterior se procedió a emular la creación de pallets de 60 [cm], es decir, la mitad del tamaño máximo actual. Lo anterior se realiza con el objetivo de estudiar y proyectar el comportamiento de los productos, buscando definir una configuración y estructura de paletizado menor a la que actualmente existe (entendiendo que existen productos cuya caja es superior a los 45 [cm] de altura, lo que sumado a los 15 cm del pallet de madera hace imposible simular esta condición, por lo que son descartados de este análisis).

Al realizar lo anterior se obtiene como resultado que aproximadamente el 48% de los productos son candidatos a trabajar bajo esta nueva configuración, pues, al implementar esta configuración de paletizado inferior a los 60 [cm], estos productos presentan una duración en su ubicación de picking, medido en días de trabajo, que les permite seguir siendo catalogados como productos de media o baja rotación, es decir, su disminución en el tamaño del paletizado no afectaría el proceso de picking, ya sea con reposiciones continuas o con quiebres constantes de stock.

Lo anterior permite considerar la posibilidad de optimizar el tamaño de los pallets de ciertos productos, permitiendo así concentrar un mayor número de productos en lo que hoy es considerado como una ubicación, asignada a solo un producto en particular.

### **VIII.III.I. Iteración del análisis a partir de nuevas variables.**

Posterior al análisis inicial, respecto a los datos de rotación diaria de los productos para los años 2019 y 2020, surgen nuevos escenarios, principalmente motivados debido al cambio en la planificación estratégica que SMU buscará implementar en el mediano plazo, el cual postula la idea de abrir 30 nuevos locales sin trastienda, es decir, con la menor cantidad de inventario de productos posible dentro del local, y con un abastecimiento continuo por parte de los centros de distribución.

Lo anterior trae consigo la necesidad de aumentar al máximo posible la centralización de proveedores, para poder satisfacer esta nueva demanda continua. Junto con lo anterior, es necesario trabajar con un lead time que permita este abastecimiento continuo desde los centros de distribución, evitando así los quiebres de stock en tiendas.

Bajo esta mirada es que surge un nuevo escenario (el cual no descarta el primero, sino que se agrega una segunda posibilidad), el cual consiste en la eliminación del sector de flujo continuo del CD lo Aguirre (es decir, el sórter), buscando implementar nuevos racks en la zona. Esta idea nace a partir del escenario que se presenta actualmente en el sector de flujo continuo, pues el sórter de productos presenta un lead time de entre 3 y 4 días, lo que no permitiría implementar este abastecimiento constante de productos, desde el CD lo Aguirre, hacia las nuevas tiendas.

Lo anterior significa un aumento, de por sí, de 1.387 ubicaciones de picking tradicional, pues, considerando que por lo general cada pasillo presenta un total de 146 ubicaciones de picking, bajo el escenario de eliminación del sórter, podrían construirse 9,5 pasillos con nuevos racks (todos con 7 niveles de altura), abarcando así todo el espacio disponible en el centro de distribución.

Sin embargo, dada la eliminación del sórter, todo producto que actualmente es considerado como flujo continuo pasaría a formar parte de lo que actualmente es picking tradicional, es decir, pasarían a centralizarse con inventario. Lo anterior significa que el número de productos a analizar, bajo este nuevo escenario físico dentro del centro de distribución, aumentaría en 5.070 nuevos SKU's, pasando de 4.700 a 9.770 productos.

Por otra parte, al analizar más en detalle la rotación diaria de productos para los años 2019 y 2020 (hasta septiembre) es posible identificar un comportamiento fuertemente fluctuante de la rotación de productos dentro del CD, principalmente motivado por la gran cantidad de promociones que se ofrecen en los distintos puntos de venta que ofrece la compañía. Dicho lo anterior, se identifica que el primer estimador de la rotación diaria (aplicado en el apartado anterior) no es capaz de capturar estos efectos fluctuantes, principalmente debido a que abarca un horizonte temporal demasiado amplio.

Motivado por las razones expuestas en el párrafo anterior, es que se plantean nuevos estimadores de rotación diaria, que permitan estimar de mejor manera el comportamiento de la demanda diaria de productos. Así entonces, se plantean 2 nuevas opciones de estimación:

- 1) Promedio diario de la estación del año peak de rotación.
- 2) Promedio diario del mes peak de rotación.

Así, el nuevo análisis planteado sigue la misma metodología utilizada anteriormente, pero esta vez considerando 2 escenarios posibles, el primero considera un total de 4.700 productos, repartidos en los 42 pasillos existentes actualmente. Por otro lado, el segundo escenario plantea la existencia de un total de 9.770 productos distintos (productos del actual picking tradicional más productos de flujo continuo).

Luego se procede a implementar los 3 estimadores para el valor promedio de la rotación diaria (los 2 previamente mencionados y el utilizado en el apartado anterior).

Considerando la configuración emulada de medio pallet, tal y como se realizó previamente, e incluyendo el criterio de alta rotación fijado en 10 días de trabajo para un pallet en su ubicación de picking, se tiene que los resultados obtenidos para estos nuevos escenarios indican lo siguiente:

1. Caso 1: 4.700 productos analizados, considerando solo picking tradicional:

- Primer estimador de rotación: Promedio (mediana) diario de todo el horizonte temporal: **2.118 productos** candidatos a ser trabajados en medio pallet (45%).
- Segundo estimador de rotación: Promedio diario estación del año peak de transferencia: **1.176 productos** candidatos a ser trabajados en medio pallet (25%).
- Tercer estimador de rotación: Promedio diario mes peak de transferencia: **821 productos** candidatos a ser trabajados en medio pallet (17,5%).

2. Caso 2: 9.770 productos analizados, considerando eliminación del sórter:

- Primer estimador de rotación: Promedio (mediana) diario de todo el horizonte temporal: **5.576 productos** candidatos a ser trabajados en medio pallet (57%).
- Segundo estimador de rotación: Promedio diario estación del año peak de transferencia: **3.514 productos** candidatos a ser trabajados en medio pallet (35,9%).
- Tercer estimador de rotación: Promedio diario mes peak de transferencia: **2.561 productos** candidatos a ser trabajados en medio pallet (26,2%).

Siendo estos productos los candidatos finales a ser optimizados, según la combinación de variables que se escoja.

## IX. DESARROLLO DE SOLUCIÓN PROPUESTA

### IX.I. JUSTIFICACIÓN DE SIMULACIÓN

Tal y como se menciona en los objetivos específicos del presente proyecto, se plantea la implementación de modelos de simulación para poder medir el impacto que generarán, en el proceso actual, las nuevas opciones de configuración a proponer en diversos sectores del proceso (los cuales se explicarán en detalle en el siguiente apartado).

La razón por la cual se decide implementar este tipo de modelos se justifica en base a 3 puntos principales, estos son:

- **Trabajar bajo escenarios de incertidumbre:** Esto debido a que la simulación de escenarios planteada considera la aleatoriedad de ciertos procesos (particularmente en la llegada de órdenes de transporte, en la cantidad de productos por orden de transporte y en la cantidad de cajas a *pickear* por producto) con el objetivo de caracterizar de manera realista el escenario que actualmente se presenta, lo cual presenta un mayor nivel de dificultad (y un mayor tiempo de implementación) a la hora de ser implementado en otro tipo de modelos.
- **Medición y seguimiento:** En un proceso de simulación existe la posibilidad de, una vez implementado el modelo, realizar seguimiento a cualquier entidad que participe dentro del proceso (por ejemplo, utilización de trabajadores, tiempos de ocio, etc.). Lo anterior trae consigo la posibilidad de obtener un análisis más robusto del sistema completo, sin agregar mayor complejidad al modelo implementado.
- **Análisis a través del tiempo:** Dada la necesidad de implementar un análisis económico a través de un tiempo definido, es que la opción de implementar un modelo simulado permite tomar en consideración el comportamiento del sistema y entender de mejor manera como afectan de los cambios implementados (por ejemplo, en la generación de órdenes de transporte o en la inclusión de nuevos proveedores) a través del tiempo.

Una vez expuesto lo anterior, se tiene que, al implementar diferentes modelos de simulación considerando un set de variables modificables entre los modelos, la idea es analizar como estas variables afectan en la productividad diaria del proceso de picking tradicional a través del tiempo (recordando productividad medida como  $\frac{\text{Cantidad de cajas}}{\text{Dotación}}$ ), para posteriormente incluir esta variación de la producción en la



evaluación económica que se llevará a cabo para cada una de las opciones a implementar, con el objetivo de recomendar la mejor opción viable para SMU.

Esta variación en la productividad, dadas las características de las variables a implementar, se espera impacte negativamente, es decir, que la producción disminuya, en búsqueda de obtener una mayor rentabilidad gracias a la generación de nuevas ubicaciones de picking, lo que genera un aumento en la centralización de proveedores. Para incorporar esta variación en la productividad en la posterior evaluación de proyectos a implementar, se plantea asumir esta diferencia de productividad como un costo asociado a la implementación del proyecto, de manera que se calculará cuántas horas hombre (HH) extra debería pagar para mantener el nivel de productividad según los estándares actuales. De esta manera se complementarán la evaluación de proyecto para las diferentes propuestas con los modelos de simulación a implementar.

## **IX.II. DATOS Y ESCENARIOS A MODELAR**

### **IX.II.I. Proceso de obtención y validación de los datos del proceso a modelar.**

Para poder llevar a cabo el proceso de simulación es necesario contar con la información detallada de los tiempos de ejecución de cada uno de los procesos realizados en la operación, descrita en apartados anteriores. Sin embargo, previo a la realización de este proyecto en particular, estos datos nunca han sido necesitados en ningún ámbito ni área de la empresa, lo que significa que nunca fueron recolectados y no existe una data histórica detallada de estos procesos.

Al llevar a cabo reuniones con las áreas de *supply chain* y *operaciones* de la compañía, se planteó esta inquietud y se buscó la forma de solucionar este problema, logrando extraer (en un plazo aproximado de 3 semanas) los tiempos de ejecución de cada etapa del proceso, a partir de la data general registrada por parte del sistema para cada orden de transporte completada para el sector de picking tradicional. De esta manera, fue posible levantar la data histórica de los últimos dos años de procesamiento de productos, en el sector de picking, para los siguientes procesos en particular:

- **Llegada de ordenes de transporte de picking al sistema:** En promedio, las llegadas se presentan entre 1 minuto y 1 minuto con 15 segundos.
- **Tiempo de ejecución desde la entrega de la orden de transporte al trabajador (*pickero*) hasta la llegada a la ubicación de picking del primer producto:** En promedio, el tiempo de desplazamiento del *pickero*, desde la asignación de su unidad de transporte (transpaleta) hasta su llegada a la primera ubicación de picking es de 2 minutos.

- **Tiempo de picking de una caja de productos:** En promedio, para los casos de ArP 10, 11 y 12 el tiempo de picking por caja es de 12 a 15 segundos, pero para el caso de la ArP 103 el tiempo promedio es de 20 segundos, principalmente debido al mayor peso que estas presentan.
- **Tiempo de traslado entre ubicaciones de picking de una misma orden:** En promedio el tiempo de traslado entre ubicaciones de picking es de 30 segundos.
- **Tiempo de traslado desde la última ubicación hasta la zona de entrega del pallet armado:** En promedio el tiempo de traslado del pallet armado a la zona de entrega es de 1 minuto con 30 segundos.

Además de la data histórica referente a los tiempos de ejecución del proceso, se cuenta con la descripción detallada de cada orden de transporte procesada, incluyendo la cantidad de productos a *pickear* (es decir, la cantidad de ubicaciones que debe visitar el trabajador al ejecutar su labor de picking) y la cantidad de cajas requeridas por producto en particular (es decir, cuantas cajas deberán ser tomadas desde cada una de las ubicaciones visitadas), para el mismo horizonte temporal recién mencionado. Lo anterior permite obtener una visión general y descriptiva del comportamiento de las ordenes de transporte, lo cual facilita el posterior modelamiento basando el comportamiento según supuestos obtenidos del comportamiento empírico de las órdenes.

Junto con la información recién expuesta, recabada a partir de los datos entregados por la ejecución de la operación presente en el sector de picking tradicional de productos secos, surge la necesidad de identificar cómo varían los tiempos de ejecución del proceso de picking, al ser implementado un segundo nivel, con ubicaciones de picking disponibles.

Para llevar a cabo lo anterior, se presenta la posibilidad de estudiar la operación de picking tradicional que se lleva a cabo en el centro de distribución de Coquimbo, de SMU, donde se encuentra implementado el picking en segundo nivel.

Así entonces, gracias al estudio implementado, a partir de la información entregada del último año de funcionamiento del proceso de picking en el CD de Coquimbo, se tiene que el tiempo estimado para el picking de una caja, por producto, asciende en promedio a un total de entre 45 segundos y 1 minuto. Dicho lo anterior, se considerará esta información al momento de implementar el proceso de simulación computacional de los distintos modelos propuestos, a partir de sus variables modificables (expuestas en el siguiente apartado).

Finalmente, para llevar a cabo el proceso de simulación de picking en su totalidad es necesario comprender el funcionamiento de 2 acciones en particular, las cuales son llevadas a cabo por las grúas del centro de distribución, estas son la reposición de productos a las ubicaciones de picking y la entrega de solicitudes de pallets completos a las tiendas desde las ubicaciones de reserva en los niveles superiores

de los racks. Para el primer caso se estima que el tiempo de reposición del proceso es de 1 minuto con 40 segundos (en promedio) para realizar la acción, sumado a 1 minuto de llegada al destino de reserva. Por su parte, la acción de traslado de pallet completo tiene una duración de aproximadamente 3 minutos y 20 segundos, pues considera 1 minuto con 20 segundos para llegar a la ubicación de reserva y 2 minutos para realizar la extracción junto con situar el pallet en la ubicación de destino.

Si bien estos procesos no son relevantes para la posterior recomendación a implementar y entregar a la compañía, si es necesario considerarlas en el proceso de simulación, principalmente debido a que son un complemento del proceso simulado, y para el caso de la reposición de pallets en particular, juega un rol fundamental a la hora de abastecer constantemente las ubicaciones de picking a partir de los pallets que se encuentran situados en los niveles superiores de los racks como reserva.

### **IX.II.II. Definición de las distintas variables modificables a considerar para conformar los distintos modelos de simulación.**

Para comenzar a llevar a cabo el proceso de modelamiento es necesario definir con claridad cuáles serán las variables modificables entre los distintos escenarios, con el objetivo de obtener la mejor información posible a partir de la implementación de las interacciones entre estas variables.

Primero que todo, en base al análisis preliminar de la rotación de productos presentado a las áreas pertinentes de la compañía (explicado en apartados anteriores), se define el trabajo, de aquí en más, a partir de 2 alturas máximas de pallet predefinidas, estas son 60 y 120 [cm], las cuales caracterizarán a aquellos productos de baja rotación y media-alta rotación respectivamente.

La razón detrás de esta fijación de altura máxima es la disminución de variabilidad al análisis, supuesto que la empresa busca disminuir al máximo actualmente en sus operaciones logísticas, en búsqueda de un mayor control de las situaciones y una disminución en los escenarios a analizar.

#### **1. Escenarios físicos a considerar: Cantidad de productos a incluir en el análisis**

Junto a lo anterior, se definen en primera instancia 2 escenarios físicos dentro del centro de distribución a considerar (los cuales ya fueron mencionados en la iteración realizada al análisis preliminar). El primero consiste en el escenario actual que se presenta, es decir, considerar el análisis aislado del sector de picking tradicional, con la cantidad limitada de racks (42 pasillos) presente hoy en día. En este caso, se

deberá trabajar a partir de la intervención de los racks existentes, sin la posibilidad de incorporar nuevos pasillos al sector.

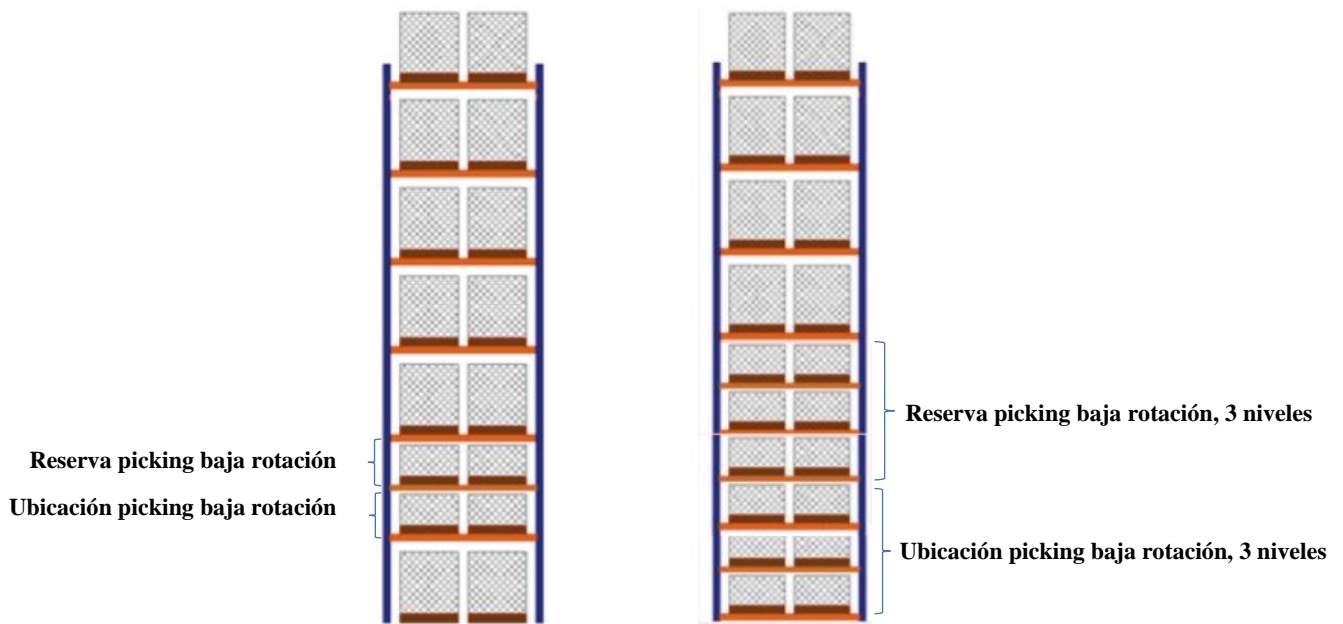
Luego, el segundo escenario físico a considerar incluye la eliminación del sórter de flujo continuo, en búsqueda de una mejor utilización del sector, en términos de abastecimiento continuo desde los centros de distribución hacia las tiendas (tal y como se explica previamente, el sórter presenta un alto lead time en comparación a lo que se podría lograr llevando todos los productos a inventario). La idea de este escenario es, una vez eliminado el sórter, incluir nuevos pasillos de racks (en total 9,5), con el objetivo de aumentar considerablemente la cantidad de ubicaciones para el picking tradicional y la cantidad de productos a inventariar (todo producto de flujo continuo pasa a ser picking tradicional).

## **2. Estimadores de rotación: Cantidad de ubicaciones de baja rotación a generar.**

En segundo lugar, a partir del análisis de estimación de rotación diaria realizado, es que se presentan 3 escenarios de productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, estos son los ya mencionados **Primer estimador de rotación: Promedio (mediana) diario de todo el horizonte temporal; Segundo estimador de rotación: Promedio diario estación del año peak; Tercer estimador de rotación: Promedio diario mes peak** de transferencia, los cuales entregarán la cantidad aproximada de nuevas ubicaciones que se deberán generar a partir de la modificación de los racks existentes (en el caso del primer escenario físico considerado) o incluyendo la compra de nuevos racks (en el segundo caso físico a considerar).

## **3. Tipo de rack a implementar.**

Finalmente, una última variable modificable a considerar consiste en la intervención a realizar para los racks de productos, para lo cual, en conjunto con las áreas de supply chain y operaciones, se diseñan 2 tipos de rack factibles para implementar en la operación que se presenta actualmente. El primero de ellos (de aquí en adelante denominado rack tipo 1), apreciado en la izquierda de la imagen que se presenta a continuación, no presenta modificaciones en el nivel inferior de picking, es decir, se mantienen las ubicaciones de picking de pallet completo en el nivel inferior del rack, y se interviene solo el segundo nivel del rack generando una ubicación doble de productos de baja rotación. La idea es que la parte inferior del segundo nivel sea la ubicación de picking de productos de baja rotación, y la parte superior del segundo nivel sea la reserva de estas ubicaciones de picking.



**Figura 3: Variable tipos de rack**

Por su parte, el segundo tipo de rack (de aquí en adelante denominado rack tipo 2) presenta una intervención mayor en el rack, puesto que se analiza la idea de generar 4 ubicaciones de picking de productos de baja rotación donde actualmente se presentan 2 ubicaciones de picking de productos a pallet completo, es decir, en el nivel inferior, luego en el segundo nivel existiría una mixtura en sus funciones, donde la parte inferior del nivel constaría con el último nivel de picking de productos de baja rotación, y sobre esto (es decir, en la mitad superior del segundo nivel y todo el tercer nivel) se encontrarían ubicaciones de reserva para los productos que se encuentran en las ubicaciones de picking inmediatamente inferiores a ellas.

La elección de estos tipos de rack nace a partir de la necesidad de utilizar de mejor manera el espacio vertical asignado a cada rack, a partir de la posibilidad de implementar un picking en el segundo nivel, permitiendo ubicar una mayor cantidad de productos elegibles, para el proceso de picking, en el mismo espacio físico que se presenta actualmente para solo 1 producto. Dicho lo anterior, se tiene que la restricción impuesta por el sindicato de trabajadores indica que no es posible realizar labores de picking más allá de la mitad inferior del segundo nivel de altura de los racks de productos, por lo tanto, las estructuras recientemente presentadas cumplen tanto con la posibilidad de utilizar de mejor manera el metro cuadrado asignado por rack, como la restricción de seguridad del sindicato de trabajadores.

En relación a lo anteriormente expuesto, es necesario aclarar que, con el objetivo de estandarizar los pasillos de productos, se considerará la modificación de pasillos completos (o solo la cara norte/sur cuando sea correspondiente) y no se implementará la modificación de los racks solamente hasta cumplir con el número necesario de ubicaciones de medio pallet, es decir, no se dejará una cara de pasillo con la mitad de sus racks modificados y la otra mitad no modificada. Esto

principalmente con el objetivo de estandarizar los pasillos, entregándoles orden y una presentación más formal.

Finalmente, es necesario aclarar que, dado que no se conoce con certeza el comportamiento de los nuevos productos que se centralizan, respecto a sus niveles y fluctuaciones en la rotación diaria, es que todo producto que a futuro sea centralizado deberá utilizar alguna de las ubicaciones disponibles para productos de alta rotación, es decir, cuya ubicación sea para estructuras de pallet de máximo 120 [cm].

De esta manera se presentan todas las variables modificables en los modelos de simulación que se desean implementar, con el objetivo de analizar la opción más rentable para los intereses de la compañía a través de la interacción cruzada entre todas las variables modificables. Lo anterior deberá ser analizado tanto de manera económica como en términos de productividad que se presente en el flujo de productos llevado a cabo en la operación.

### **IX.III. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PRELIMINAR COMPARADO CON DATOS ACTUALES DEL PROCESO**

Para comenzar con el proceso de simulación, en primera instancia surge la necesidad de implementar el modelo bajo las condiciones actuales con las que se está trabajando en el proceso de picking tradicional, con el objetivo de comparar el funcionamiento del modelo en contraste con el resultado y las estadísticas actuales del proceso, la explicación en detalle del modelo a partir del software de simulación *Arena* es encontrada en el primer apartado del anexo.

Tal y como se mencionó en apartados anteriores, los datos obtenidos para realizar el proceso de simulación (particularmente tiempos y distribuciones) consideran los últimos dos años de funcionamiento del proceso en el centro de distribución lo Aguirre. Así entonces, se plantea la posibilidad de implementar el proceso de simulación considerando un total de 90 trabajadores de picking por día, distribuidos en 3 turnos (es decir, se trabaja las 24 horas del día) considerando una extensión en el tiempo efectivo de trabajo, por turno, que fluctúa entre las 5 horas con 45 minutos y las 6 horas con 30 minutos, tal y como se pudo verificar a partir de la información recabada.

Además, se considera un total de 15 gueros por turno, dedicados al proceso de preparado en el sector de picking tradicional, los cuales tienen como labores principales la reposición de las ubicaciones de picking desde las reservas y el traslado de pedidos de pallet completos, también desde la reserva, pero directamente hasta la loza de despacho. Los turnos de trabajo efectivo cumplen los mismos supuestos que los realizados por los trabajadores encargados de realizar el picking de productos.

Así entonces, el resultado obtenido a partir de la simulación computacional implementada, considerando un mes de trabajo completo (26 días de trabajo efectivo, de lunes a sábado) entrega los siguientes resultados promedio:

Promedio cajas transferidas por día	Indicador de productividad	Utilización instantánea promedio <i>pickeros</i>
49.995	$\frac{49.995 \text{ cajas}}{90 \text{ trabajadores}} = 555,5$	74%

Tabla 2: Resultados simulación de la situación actual

Luego, el resultado obtenido indica un movimiento de entre 48.000 y 53.000 cajas diario, a partir de la generación de entre 1.100 y 1.200 órdenes de transporte de picking al día.

Además, se presenta un indicador de productividad que asciende a 555,5 puntos, lo cual se acerca de manera considerable al indicador de productividad con el que se cuenta actualmente como promedio anual del proceso de picking para el canal de productos secos (560 puntos).

Finalmente, se presenta una utilización instantánea promedio del recurso “pickeros” (representando a los trabajadores que ejercen las labores de picking) que asciende al 74% del total de trabajadores. Sin embargo, se indica que durante varios días se alcanza una utilización que llega a ser del 100% del recurso, particularmente luego de recesos importantes como el break de colación (por lo general de 1 hora).

Dado lo anterior, y una vez presentados los resultados al equipo de trabajo, se aprueba la implementación del modelo de testeo de la situación actual y se procede a simular los nuevos modelos, incluyendo las variables modificables a considerar.

## **IX.IV. EVALUACIÓN PREVIA MODELOS DE SIMULACIÓN**

### **IX.IV.I. FACTIBILIDAD DE MODELOS DE SIMULACIÓN AL CRUZAR LAS VARIABLES MODIFICABLES**

Una vez aprobado el proceso de simulación de la situación actual, se valida la posibilidad de evaluar los distintos escenarios considerados, a partir de la simulación de su implementación en el software *Arena*. Dicho esto, se procede a identificar previamente las combinaciones factibles para cada una de las variables modificables dentro de estos escenarios de simulación, siendo la restricción limitante principal a considerar la cantidad de ubicaciones que se presentan actualmente en el centro de distribución, y los productos que pasarán a ocupar estas ubicaciones. Este análisis en particular debe ser implementado solo para aquellos productos que, a partir de la estimación de rotación diaria, no son candidatos a

presentar una configuración de 60 cm en su pallet, puesto que, para los productos que presentarán esta disminución en paletizado, se están generando sus nuevas ubicaciones a partir del presente análisis, por lo que no existe actualmente un número limitado de éstas.

De esta manera, es necesario comprender también que la implementación del rack tipo 2 (6 ubicaciones de picking de productos de baja rotación y 6 ubicaciones de reserva de baja rotación), genera la pérdida de 2 ubicaciones de picking a pallet completo por rack, generando a cambio, 4 nuevas ubicaciones de picking para productos de medio pallet (lo que sumado a las 2 ubicaciones en el segundo nivel generan las 6 ubicaciones totales), es decir, la cantidad de ubicaciones disponibles para productos de pallet completo disminuye a medida que el número de productos optimizados va en aumento.

Así entonces, la cantidad de ubicaciones disponible y requeridas para productos cuyo pallet presentaría una altura máxima de 120 cm se presenta en la siguiente tabla, donde se busca emular lo que sería un árbol de decisión a partir de las variables incluidas en el análisis:

Variable 1	Variable 2	Variable 3	Ubicaciones necesarias	Ubicaciones disponibles	Factibilidad
Escenario físico actual (42 pasillos de picking tradicional, 5.518 ubicaciones de picking, 4.700 productos a analizar)	Estimador de rotación: Media (mediana) de todo el horizonte temporal	Rack tipo 1	2582	5518	Factible
		Rack tipo 2	2582	4715	Factible
	Estimador de rotación: Media estación del año peak de rotación	Rack tipo 1	3524	5518	Factible
		Rack tipo 2	3524	5007	Factible
	Estimador de rotación: Media mes peak de rotación	Rack tipo 1	3879	5518	Factible
		Rack tipo 2	3879	5153	Factible
Nuevo escenario físico (52 pasillos de picking tradicional, 6.905 ubicaciones de picking, 9770 productos a analizar)	Estimador de rotación: Media (mediana) de todo el horizonte temporal	Rack tipo 1	4195	6905	Factible
		Rack tipo 2	4195	4861	Factible
	Estimador de rotación: Media estación del año peak de rotación	Rack tipo 1	6257	6905	Factible
		Rack tipo 2	6257	5518	No factible
	Estimador de rotación: Media mes peak de rotación	Rack tipo 1	7210	6905	No factible
		Rack tipo 2	7210	5883	No factible

Tabla 3: Árbol de factibilidad de modelos a partir de variables modificables



Una vez enseñado lo anterior, se tiene que, gracias a este análisis, previo a la implementación de los escenarios en el software de simulación, se logra descartar de manera anticipada 3 casos cuya combinación de variables modificables no permite un escenario factible en su implementación bajo las restricciones espaciales que se presentan en el centro de distribución lo Aguirre.

### **IX.IV.II. ESTRATEGIAS DE PROYECCIÓN DE CENTRALIZACIÓN**

Dadas las condiciones actuales de utilización y, sobre todo, la baja cantidad de ubicaciones disponibles en el sector de picking tradicional, es que la proyección de nuevas centralizaciones para los años 2021 al 2023 se llevó a cabo de manera conservadora, por parte de la compañía, alcanzando un total de 131 nuevos productos en el año 2021, 78 productos para el año 2022 y 85 productos para el año 2023, lo que entregaría un total de 4.994 ubicaciones utilizadas, es decir, una utilización del 91% de las ubicaciones de picking.

Sin embargo, dado el nuevo enfoque estratégico en el que se está trabajando al interior de la compañía, existe un alto interés en cambiar la estrategia de centralización de proveedores, pasando de esta proyección conservadora a una proyección “agresiva”, en donde se buscaría alcanzar un 85% de centralización, para el total de productos comercializados, dentro del canal de productos secos (en el año 2020 se alcanza aproximadamente un 58% de centralización con respecto a los productos comercializados en este canal), tal y como se muestra en el siguiente gráfico.

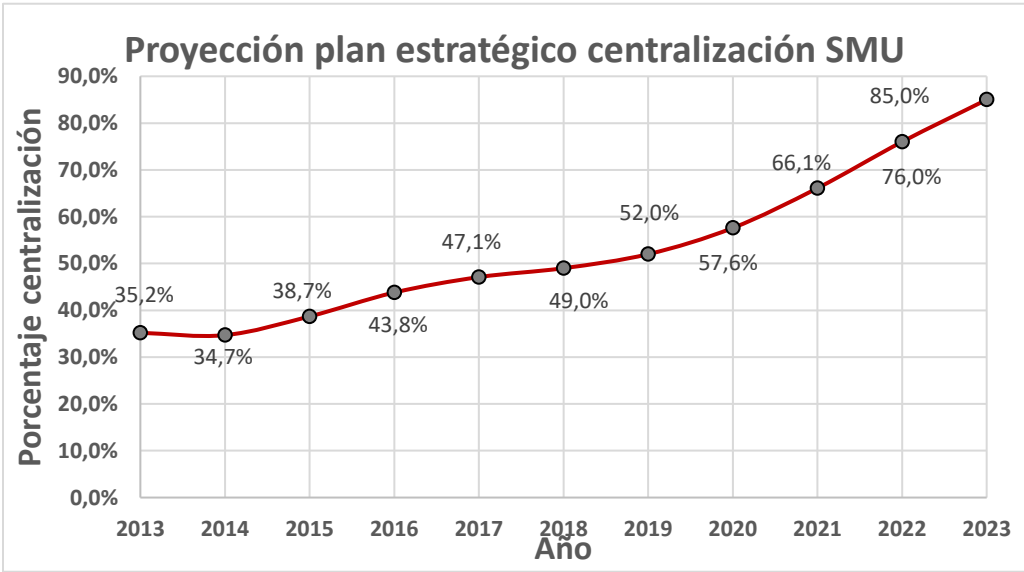


Figura 4: Proyección de centralizaciones deseado, futuro plan estratégico de SMU

Lo anterior significa que la proyección máxima levantada a partir del plan estratégico sugiere la incorporación de 694 productos para el año 2021, 808 productos para el año 2022 y finalmente 734 productos para el año 2023, alcanzando un total 2.236 nuevas centralizaciones proyectadas como meta máxima (e ideal), en un plazo de 3 años. Es importante destacar que este porcentaje (85%) no puede ser aumentado, a priori, debido a que los proveedores que se encuentran fuera de esta proyección de centralización presentan una red logística sólida que no permite a SMU ofrecer una tarifa de centralización que compita frente a sus costos logísticos actuales.

Sin embargo, una vez expuesto lo anterior, y bajo el supuesto de que no se considera factible el arriendo de un nuevo centro de distribución que permita suplir la falta de ubicaciones para soportar este crecimiento en los productos centralizados, es que se proceden a realizar nuevas proyecciones en la centralización futura de los años 2021, 2022 y 2023, las cuales buscan acompañar, y adaptarse de manera más realista, a los distintos escenarios de densificación presentes en el análisis (a simular en los siguientes apartados).

Dado lo anterior, se procede a aplicar distintas metodologías de proyección, que permiten estimar el comportamiento futuro de las centralizaciones a partir de las observaciones que se presentan desde el año 2013, la idea es identificar aquellos modelos que presentan un menor error cuadrático medio, a partir del pronóstico de los últimos años observables (2018, 2019 y 2020) y en base a esto proyectar los siguientes años.

Luego de implementar una serie de modelos, que van desde las medias móviles simples, dobles y ponderadas, hasta modelos más complejos como el suavizamiento exponencial simple, doble y el método de Winters, se tiene que aquellas proyecciones que estimaron de mejor manera los años observables son los siguientes:

<b>Método</b>	<b>RMSE</b>	<b>Centralizaciones 2021</b>	<b>Centralizaciones 2022</b>	<b>Centralizaciones 2023</b>
Regresión lineal	10.515,9	161 productos	270 productos	270 productos
Medias móviles doble	11.228,4	332 productos	456 productos	456 productos
Proyección actual	-	131 productos	78 productos	85 productos
Plan estratégico	-	694 productos	808 productos	734 productos

**Tabla 4: Modelos de proyección de centralizaciones 2021 al 2023**

De esta manera, se presentan 4 estimaciones para la proyección de la estrategia de centralización para los años 2021 al 2023 por parte de SMU para el canal de venta de productos secos, los cuales son la proyección actual, la regresión lineal, la proyección a partir de medias móviles doble y, por último, la proyección más alta a partir del plan estratégico.

Finalmente, junto a las distintas estrategias de proyección de las centralizaciones futuras, se procede a aleatorizar la distribución para los nuevos productos centralizados a lo largo del año, para los años 2021 al 2023, estandarizando de esta manera qué porcentaje del total anual de productos centralizados será efectivamente centralizado cada mes del año.

La idea detrás de esta aleatorización es seguir el comportamiento aleatorio que presentan las centralizaciones actualmente, a lo largo del año, dentro de SMU, pero estandarizando esta distribución para todos los casos que serán posteriormente simulados, permitiendo así evaluar todos los escenarios de simulación en base a las mismas condiciones, facilitando así su comparación.

Así entonces, todo modelo de simulación presentará esta distribución aleatoria para la centralización anual de sus productos, sin importar el modelo que se implementa ni la proyección de centralización utilizada.

Para llevar a cabo lo anterior se sigue, como restricción principal, que en el primer trimestre se suele alcanzar un mínimo del 30% y un máximo del 60% de las centralizaciones proyectadas al año, y para el resto del año el comportamiento suele ser totalmente aleatorio. Dicho esto, los porcentajes del total anual de productos centralizados, caracterizado de manera mensual, para los años 2021 al 2023, son los siguientes:

<b>Porcentaje de centralización respecto al total anual de centralizaciones</b>													
<b>Año</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
<b>2021</b>	3%	9%	18%	10%	15%	15%	0%	3%	0%	0%	15%	14%	<b>100%</b>
<b>2022</b>	15%	15%	0%	10%	0%	10%	0%	0%	12%	18%	0%	20%	<b>100%</b>
<b>2023</b>	60%	0%	0%	11%	8%	0%	3%	0%	11%	7%	0%	0%	<b>100%</b>

**Tabla 5: Porcentaje de distribución mensual de centralizaciones a lo largo del año**

## IX.V. IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN

Así entonces, el presente apartado tiene como objetivo enseñar la metodología general utilizada para llevar a cabo la implementación de los distintos escenarios de simulación, utilizando el software computacional *Arena*.

De esta manera, se plantea entregar una mirada general del paso a paso implementado para llegar al resultado final de la evaluación de los distintos modelos generados, a partir de su comportamiento frente a la simulación computacional implementada y, posteriormente, la evaluación de los modelos a partir de la proyección de sus flujos futuros de ingresos y costos, generados a partir de las estrategias de centralización adoptadas por cada uno de los escenarios presentados.

Dicho lo anterior, se presentan 9 casos de simulación, los cuales presentan las siguientes diferencias, a partir de la adopción de cada una de las variables modificables que se implementan en cada caso:

<b>Casos</b>	<b>Escenario físico (productos totales)</b>	<b>Estimador de rotación</b>	<b>Tipo de rack</b>
Caso 1	Actual (4.700 sku's)	Primer estimador	Tipo 1
Caso 2	Actual (4.700 sku's)	Segundo estimador	Tipo 1
Caso 3	Actual (4.700 sku's)	Tercer estimador	Tipo 1
Caso 4	Actual (4.700 sku's)	Primer estimador	Tipo 2
Caso 5	Actual (4.700 sku's)	Segundo estimador	Tipo 2
Caso 6	Actual (4.700 sku's)	Tercer estimador	Tipo 2
Caso 7	Nuevo (9.770 sku's)	Primer estimador	Tipo 1
Caso 8	Nuevo (9.770 sku's)	Segundo estimador	Tipo 1
Caso 9	Nuevo (9.770 sku's)	Primer estimador	Tipo 2

**Tabla 6: Modelos de simulación propuestos con sus variables modificables**

Luego, se procede a detallar la metodología implementada para llegar a los resultados finales, propios de cada modelo de simulación implementado.

Para comenzar con la metodología se define la cantidad de productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, en base al análisis aplicado según el estimador de rotación implementado para cada caso. Lo anterior es requerido para identificar la cantidad mínima de pasillos necesarios a intervenir en cada una de las áreas de picking correspondiente. Así, tal y como se detalla en el análisis preliminar de los datos, la cantidad de productos que presentan las condiciones necesarias para ser trabajados bajo una configuración de paletizado que no supere los 60 [cm] (por caso evaluado) son las siguientes:

<b>Caso</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Productos candidatos</b>	2.118	1.176	821	2.118	1.176	821	5.576	3.514	5.576

**Tabla 7: Productos candidatos a disminuir el tamaño de su estructura de paletizado, por modelo**

Al analizar los productos candidatos a ser trabajados a medio pallet, para cada uno de los casos, es posible identificar que aproximadamente el 50% corresponde a productos catalogados dentro del área de picking 10, es decir, caen en la categoría de “abarrotes”, luego el 33% corresponden a productos de limpieza, es decir, pertenecen al área de picking 11 y sólo el 17% de los productos corresponden a “Non food”, agrupados en el área de picking 12. Estos porcentajes se estandarizan para cualquier caso de simulación, principalmente para evitar complejizar en demasía el detalle de los modelos, esto debido a que los porcentajes son bastante similares sin importar el estimador de rotación diaria utilizado (existen pequeñas variaciones de entre 1 y 2 puntos porcentuales).

Una vez identificados los candidatos a optimización para cada uno de los casos, se procede a identificar la cantidad de pasillos necesarios a ser intervenidos para cada modelo, recordando que existen variaciones importantes en la cantidad de pasillos a intervenir en caso de que se considere el rack tipo 1 o el tipo 2.

El rack tipo 1 considera una implementación de 146 ubicaciones de picking para productos de baja rotación por pasillo intervenido, esto pues se generan 2 ubicaciones de baja rotación en cada uno de los segundos niveles, pertenecientes a cada rack, dejando disponible en el primer nivel la ubicación de productos de alta rotación. En cambio, el caso del rack tipo 2 es diferente, pues considera la implementación de 438 ubicaciones de picking para productos de baja rotación por pasillo intervenido, esto pues, al eliminar el nivel inferior de picking de productos de alta rotación, considera la generación de 6 ubicaciones de picking por rack, donde antes solo había 2 ubicaciones de alta rotación.

Así, la cantidad de pasillos intervenidos para cada uno de los casos de simulación es la siguiente:

<b>Caso</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Pasillos intervenidos</b>	15,5	9	6,5	5,5	3,5	2,5	39	25	13,5
<b>Ubicaciones generadas</b>	2.263	1.314	949	2.409	1.533	1.095	5.694	3.650	5.913

**Tabla 8: Pasillos intervenidos y ubicaciones generadas por modelo de simulación**

El detalle de la cantidad de pasillos y ubicaciones generados para cada área de picking en particular se encuentra en el apartado 3 de la sección II del anexo.

Así entonces, una vez calculado lo anterior se procede a implementar el proceso de simulación computacional para cada uno de los distintos modelos recientemente expuestos, considerando un horizonte temporal de 1 mes de trabajo (26 días de trabajo efectivo) y turnos cuya duración efectiva de trabajo oscila entre las 5 horas con 45 minutos y las 6 horas con 30 minutos. Estas simulaciones arrojaron los siguientes resultados promedio:

<b>Casos</b>	<b>Promedio cajas transferidas por día</b>	<b>Pérdida de transferencia diaria</b>	<b>Utilización instantánea promedio pickeros</b>
Caso 1	46.076	7,8%	80,7%
Caso 2	48.534	2,9%	78,8%
Caso 3	49.282	1,4%	76,3%
Caso 4	46.581	6,8%	79,5%
Caso 5	48.877	2,2%	78,5%
Caso 6	49.732	0,5%	75,8%
Caso 7	64.750	6,2%	89,8%
Caso 8	65.383	5,2%	86,6%
Caso 9	64.998	5,8%	88%

**Tabla 9: Resultados de simulación por modelo**

Los detalles de implementación de este nuevo proceso se detallan en la sección I del anexo, apartados 2 a 4.

La pérdida de transferencia diaria enseñada, para cada uno de los casos, hace alusión a la diferencia porcentual de cajas transferidas promedio, por día, con respecto al resultado obtenido en la simulación de la situación actual (la cual asciende a 49.995 cajas por día en promedio), para los 6 primeros casos de simulación, los cuales consideran el escenario físico actual.

En cambio, para los 3 últimos casos de simulación, dado que consideran un total de productos que incluye el sector de picking tradicional y el sector de flujo continuo, su valor meta, sobre el cual se calcula la pérdida de transferencia, se obtiene a partir de la suma del resultado de la transferencia promedio de la simulación de la situación actual (49.995 cajas), con el dato empírico de la transferencia de cajas promedio al día, del último año de operación del sórter de flujo continuo, valor que asciende a las 19.000 cajas transferidas por día. Luego, el valor meta sobre el cual se calcula la pérdida de transferencia diaria para los últimos 3 casos alcanza las 68.995 cajas al día.

Una vez obtenidos estos resultados, se plantea la necesidad de cuantificar económicamente lo que significaría suplir esta disminución en la transferencia diaria de cajas, buscando llegar al mismo valor promedio obtenido en la simulación de la situación actual, es decir, un total de 49.995 cajas por día para los 6 primeros casos y de 68.995 cajas para los 3 últimos casos.

Para implementar lo anterior, es importante mencionar que el análisis se lleva a cabo bajo una situación estándar, que considera un turno con un tiempo efectivo de 6 horas con 30 minutos de trabajo y que la cantidad de cajas, promedio, transportadas por parte de un trabajador de picking es de 85 cajas por hora<sup>2</sup>.

Dicho esto, se plantea el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} & \textit{Valor meta de cajas transferidas} - \textit{Promedio cajas transferidas en simulación} \\ & = \textit{Delta pérdida cajas por día} \end{aligned}$$

Así, una vez obtenido el delta de pérdida, es posible obtener la cantidad de horas hombre extra necesarias para suplir esta pérdida de transferencia de cajas por día, de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \textit{Cantidad HH extra} &= \frac{\textit{Delta pérdida cajas por día}}{\textit{Cantidad de cajas por hora trabajador picking promedio}} \\ &= \frac{\textit{Delta pérdida cajas por día [cajas]}}{85 \left[ \frac{\textit{cajas}}{\textit{Hr}} \right]} \end{aligned}$$

Para, posteriormente, obtener la cantidad de trabajadores al día que se necesitarían para poder suplir esta pérdida de productividad, dividiendo la cantidad de HH extra sobre la extensión de un turno de trabajo estándar (fijado en 6,5 horas de trabajo efectivo) y redondeado hacia el entero superior más próximo:

---

<sup>2</sup> Promedio obtenido directamente de análisis de productividad SMU y corroborado a partir de la simulación de la situación actual, gracias a la división del total de cajas por la dotación multiplicada por el horario efectivo de trabajo (redondeado hacia el entero menor).

$$\text{Cantidad trabajadores extra} = \left\lceil \frac{\text{Cantidad HH extra}}{\text{Turno promedio trabajador}} \right\rceil$$

Para así, finalmente, buscar cuantificar económicamente esta pérdida en la transferencia diaria que sufrirá la operación de picking de productos secos al implementar este caso de evaluación, considerando un sueldo promedio de \$700.000 para un operador polifuncional en el sector de picking tradicional de productos secos, obteniendo los siguientes resultados, para cada uno de los casos de estudio analizados:

<b>Casos</b>	<b>Delta de pérdida [cajas]</b>	<b>Cantidad HH extra</b>	<b>Cantidad trabajadores extra</b>	<b>Costo mensual</b>
Caso 1	3.919	45,88	8	\$5.600.000
Caso 2	1.461	17,19	3	\$ 2.100.000
Caso 3	713	8,39	2	\$ 1.400.000
Caso 4	3.414	40,16	7	\$4.900.000
Caso 5	1.118	13,15	3	\$2.100.000
Caso 6	263	3,09	1	\$700.000
Caso 7	4.245	49,94	8	\$5.600.000
Caso 8	3.612	42,49	7	\$4.900.000
Caso 9	3.997	47,02	8	\$5.600.000

**Tabla 10: Cuantificación económica pérdida de transferencia de cajas por día**

Respecto a los trabajadores encargados de manejar las grúas dentro del proceso, se tiene que su utilización instantánea promedio, sin importar el caso simulado, presenta un valor inferior al 50%, por lo que se asume que no es necesario incurrir en costos asociados a la contratación de más *grueros* ni maquinaria.

Luego, junto a este aumento en la cantidad de personal, se presenta la necesidad de operar una nueva unidad de transporte, como lo son los transpaletas eléctricos con elevador de hombres, necesarias para realizar el proceso de picking en altura. Actualmente se cuenta con un total de 46 unidades de transporte para el proceso de picking tradicional, sin incluir ningún transpaleta con elevador. Sin embargo, estas unidades de transporte no son propiedad de la compañía, sino que son arrendadas a una empresa externa. Dicho lo anterior, el cambio de una unidad de transporte normal a uno eléctrico con alzador de hombre significa un aumento en el costo de arriendo de aproximadamente 2,2 UF mensuales, lo cual llevado a pesos chilenos (asignando un valor de UF aproximado de \$29.087, fijado el día 14 de



diciembre del 2020) significa un aumento de \$63.991 por transpaleta, es decir, un aumento en el costo mensual de \$2.943.604, monto transversalmente asignado a cada uno de los casos a implementar, sin importar sus variables modificables.

Una vez estimados los costos anteriores, los cuales deben ser aplicables de manera inmediata una vez implementado el escenario que se está analizando, se procede a implementar una evaluación económica de los proyectos, a partir de la rentabilidad de sus flujos futuros, gracias a los ingresos que se generarán en base a las nuevas centralizaciones, para los años 2021 al 2023 (todo esto a partir de las estrategias de proyección de centralizaciones, mencionadas en apartados previos).

Para llevar a cabo lo anterior, es necesario identificar, en primera instancia, los montos de inversión para cada uno de los modelos a implementar. Dicho esto, se tiene que para los primeros 6 modelos el monto de inversión solo considera la instalación de las vigas en las ubicaciones de picking, de manera de generar nuevos nichos para pallet que no superen los 60 [cm] de altura máxima.

Al realizar la cotización se tiene que el mejor precio del mercado, a partir de las ofertas de los proveedores que trabajan con SMU, es la ofrecida por Ingerack, ofreciendo un precio de \$20.230 por viga instalada en la ubicación. Dicho lo anterior, se tiene que la cantidad necesaria, para generar 2 ubicaciones de picking de productos y 2 ubicaciones de reserva, es de 2 vigas. Así entonces, el monto de inversión relativo al presente tópico asciende a la multiplicación de la cantidad de ubicaciones generadas, a partir del número total de pasillos intervenidos, por el monto asociado a la compra e instalación del material.

Para el caso de los modelos 7, 8 y 9, los montos de inversión deben incluir también (junto con las vigas para generar ubicaciones de productos de baja rotación) el costo de desarme del sórter, la compra de nuevos pasillos de rack y la inversión asociada a la indemnización producto del despido de los operadores del sector de flujo continuo, cuyas labores no serán trasladadas a la nueva operación de picking tradicional (junto con el pago del sueldo asociado al mes de notificación de su despido).

Para el desarme del sórter, se tiene una estimación aproximada a los \$15.000.000, calculado a partir de la cantidad de horas hombre necesarias para llevarlo a cabo (este valor estimado es realizado por parte del área de supply chain de la compañía).

Además, dados que se plantea la posibilidad de realizar la evaluación económica del proyecto considerando un plazo de 3 años, se decide implementar la depreciación acelerada, tanto de las vigas para generar ubicaciones de baja rotación como para los nuevos racks, considerando una vida útil de 6 años (y no los 20 años correspondientes, en condiciones normales, para este tipo de material).

Luego, tal y como se explica en apartados anteriores, la eliminación del sórter trae consigo la posibilidad de utilizar ese espacio físico para implementar un mayor número de pasillos de rack para la zona de picking tradicional, aumentando así considerablemente la cantidad de ubicaciones disponibles. En particular, la cantidad de pasillos que podrían utilizar el espacio físico que deja disponible la eliminación del sórter es de 9,5 pasillos, lo cual a su vez generaría de por sí un aumento de 1.387 ubicaciones nuevas disponibles en el primer nivel (actualmente utilizado para el picking de productos).

Así entonces, al realizar la cotización respectiva, a partir del listado de proveedores con los que SMU trabaja, se tiene que nuevamente la empresa que ofrece un mejor precio en la venta e implementación de estos racks es Ingerack, con un costo \$47.600 por ubicación generada, ya sea de picking o de reserva. Lo anterior significa que, dado que se plantea utilizar de la mejor manera posible el espacio vertical asignado, el precio por un rack de 7 niveles de altura (6 de reserva y el nivel inferior para picking) presenta un costo de \$333.200. Dicho esto, dado que se desea implementar un total de 1.387 ubicaciones nuevas, es que el monto total de inversión, respecto a la generación de nuevos pasillos de rack, asciende a \$468.148.400.

Por otro lado, dado que el flujo continuo presenta un trabajo que asemeja una línea continua de producción, es que se necesita de un número elevado de personal para realizar la labor de preparado de pallets, por lo que, al eliminar este proceso, gran parte de los operadores no serán considerados. De esta manera, las labores que se consideran como prescindibles para la nueva operación son las siguientes:

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad de trabajadores</b>
Etiquetador	7
Cargador	21
Paletizador	70
Preparador	9
Movilizador	7
Mermero	3
Buscador de cajas	3
<b>Total</b>	<b>120</b>

**Tabla 11: Detalle trabajadores despedidos según cargo**

Luego, el resto de los trabajadores de esta operación (grueros, administrativos y supervisores) son considerados como necesarios para la implementación del

presente escenario, por lo que no se incurriría en gastos extras de contratación para utilizar estos puestos de trabajo.

Ahora bien, para el pago de indemnización por despidos se tiene que la antigüedad promedio de los operadores del centro de distribución lo Aguirre es de 5 años, por lo que, considerando el mismo sueldo mencionado previamente para la contratación de trabajadores de picking, es decir, \$700.000, se tiene que el monto de inversión respecto al pago de indemnizaciones asciende a \$420.000.000. Además, el pago del sueldo del mes de aviso anticipado para hacer efectivo el despido, para estos 120 trabajadores, asciende a \$84.000.000. Una vez calculado lo anterior se tiene que la inversión total a pagar, en relación con este tópico, alcanza los \$504.000.000.

Dicho lo anterior, se tiene que los montos de inversión asociados a cada uno de los proyectos se pueden encontrar en el cuarto apartado de la sección II del anexo.

Una vez obtenido lo anterior, es necesario identificar la cantidad de ubicaciones para productos de alta rotación disponibles, esto pues, las nuevas centralizaciones siempre se deben incorporar en ubicaciones de alta rotación, debido a que no se maneja con certeza su comportamiento estacional, ni su nivel exacto de rotación dentro de un centro de distribución manejado por la misma compañía.

De este modo, se procede a calcular la cantidad de ubicaciones disponibles para nuevas centralizaciones de la siguiente forma: Primero es necesario identificar la cantidad de ubicaciones totales de primer nivel con las que se cuenta (5.518 para los casos 1 al 6 y 6.905 para los casos 7 al 9); Segundo, se procede a identificar si el rack implementado disminuye el número de ubicaciones de productos de alta rotación, y de ser así se identifica la cantidad disminuida (tal y como se menciona en apartados anteriores, el rack tipo 1 no disminuye la cantidad de ubicaciones de productos de alta rotación, pero el tipo 2 sí); Tercero, se identifica la cantidad de ubicaciones utilizadas por productos que no cumplen con las condiciones para disminuir el tamaño de su paletizado, generando así (a partir de la resta del total de ubicaciones con este valor) el total de ubicaciones disponibles para nuevas centralizaciones.

Al aplicar esta metodología para los casos de simulación se obtienen los siguientes resultados:

<b>Caso</b>	<b>Ubicaciones totales en primer nivel</b>	<b>Ubicaciones perdidas por tipo de rack</b>	<b>Ubicaciones ocupadas productos alta rotación</b>	<b>Ubicaciones disponibles</b>
Caso 1	5.518	0	2.582	2.938
Caso 2	5.518	0	3.524	1.994
Caso 3	5.518	0	3.876	1.639
Caso 4	5.518	803	2.582	2.133

Caso 5	5.518	511	3.524	1.483
Caso 6	5.518	365	3.876	1.277
Caso 7	6.905	0	4.194	2.711
Caso 8	6.905	0	6.256	649
Caso 9	6.905	1.971	4.194	740

**Tabla 12: Ubicaciones disponibles para nuevas centralizaciones por modelo de simulación**

Luego, a partir de la cantidad de ubicaciones disponibles para nuevas centralizaciones, se procede a asignar la estrategia de centralización para cada modelo de simulación, a partir de las proyecciones realizadas en apartados anteriores. De este modo, la asignación de proyecciones de centralización es la siguiente, siguiendo como supuesto restrictivo que es necesario contar con aproximadamente un 5% de ubicaciones de holgura en el sector de picking tradicional, con el objetivo de tener ubicaciones de seguridad en caso de aumentos en la demanda, necesidad de ubicaciones para reserva o para traslado de pallets completos en general, al interior del centro de distribución:

1. Proyección actual: 294 centralización proyectadas al 2023.
  - Caso 8
  - Caso 9
2. Proyección a partir de regresión lineal: 731 centralizaciones proyectadas al 2023
  - Caso 6
3. Proyección a partir de medias móviles dobles: 1.244 centralizaciones proyectadas al 2023
  - Caso 2
  - Caso 3
  - Caso 4
  - Caso 5
4. Proyección a partir de la meta máxima fijada en el plan estratégico de SMU: 2.236 centralizaciones proyectadas al 2023
  - Caso 1
  - Caso 7

Al incorporar estas proyecciones a futuro, y cuantificarlas a partir de los porcentajes mensuales de centralización (expuestos en el apartado IX.IV.II., tabla 5), es posible identificar la cantidad mensual de productos centralizados, por proyección realizada, en el apartado 5 de la sección II del anexo. Lo anterior significa que, en las tablas

del anexo, es posible identificar cuantos productos nuevos centralizará, de manera mensual, cada uno de los modelos simulados, a partir de la proyección de centralización asociada.

Una vez se conoce la cantidad de productos que centralizará mensualmente cada modelo, es posible identificar la cantidad de cajas extra transferidas que se generarían a partir de estas nuevas centralizaciones, esto debido a que, en promedio, un producto del centro de distribución lo Aguirre transfiere un total de 10 cajas por día. Dicho esto, se presenta el supuesto de que todas estas centralizaciones generarán un aumento promedio de 10 cajas transferidas, por producto, al día. Lo anterior se traduce en que, si en un mes en particular se centralizan 100 productos, entonces la cantidad de cajas extra que deberán ser preparadas en el proceso de picking será de 1.000 cajas.

Luego, es necesario plantear el supuesto de que el plan de centralizaciones y operaciones será revisado de manera trimestral (corroborado con el equipo encargado de centralización), con el objetivo de entregar una revisión constante y periódica respecto a las nuevas condiciones y necesidades de personal que presenta la operación, luego de centralizar una gran cantidad de productos nuevos.

El supuesto anterior trae consigo la necesidad de aumentar de manera continua la cantidad de personal ejerciendo labores dentro del proceso de picking, ya sea reponiendo ubicaciones desde reserva como realizando el picking en general. Por lo tanto, es necesario realizar una revisión constante en las centralizaciones, para así poder estimar la cantidad de trabajadores necesarios para poder suplir estos aumentos en la transferencia diaria de productos.

Para llevar a cabo lo anterior se plantea un crecimiento lineal de la cantidad de trabajadores a partir del aumento en la transferencia diaria de cajas dentro del centro de distribución. Sin embargo, dado que la evaluación se realiza una vez finalizado cada trimestre, el cálculo de nuevos costos fijos relativo a los sueldos de trabajadores se aplicará de manera diferida, es decir, el costo extra generado por las centralizaciones del primer trimestre del 2021 será aplicado a partir del segundo trimestre del mismo año, y así sucesivamente.

Así entonces, para aplicar este cálculo trimestral respecto a la necesidad de horas hombre extra, y por tanto trabajadores extra en la operación, se utilizarán las mismas ecuaciones y supuestos implementados para cuantificar económicamente la pérdida de la transferencia diaria de cajas, debido a la implementación inmediata de las variables modificables para cada uno de los casos de simulación, es decir:

$$\text{Cantidad HH extra} = \frac{\text{Aumento de transferencia de cajas}}{\text{Cantidad de cajas por hora trabajador picking promedio}}$$

Y luego la siguiente:

$$\text{Cantidad trabajadores extra} = \frac{\text{Cantidad HH extra}}{\text{Turno promedio trabajador}}$$

Luego, el detalle con la cantidad de trabajadores extra contratados, y su costo asociado, durante los trimestres del 2021 al 2023, para cada uno de los modelos generados, se encuentra en el apartado 6 de la sección II del anexo.

Además, junto con el análisis de inclusión de nuevos trabajadores, es necesario agregar el costo de arriendo de nuevas unidades de transporte. Dado que actualmente se cuenta con un arriendo de 46 transpaletas, se busca ir en aumento este número de manera trimestral, según vaya en aumento la cantidad de trabajadores contratados para operarlas. El supuesto realizado para este caso en particular será tener siempre un margen de a lo menos 15 unidades de transporte por turno (tal y como sucede, en promedio, actualmente), permitiendo tener una holgura superior a los 45 trabajadores por día, separados en 3 turnos, en caso de aumentos excesivos en la demanda. El detalle de lo anterior, por modelo de simulación, también es posible de encontrar en el apartado 7 de la sección II del anexo.

Finalmente, es posible obtener el aumento de costos anual a partir del aumento en el costo de los sueldos, sumado al costo extra de arriendo de nuevas unidades de transporte. Además, es necesario agregar al cálculo el aumento en el costo obtenido al inicio del apartado, respecto a la contratación de personal debido a la pérdida de productividad y el arriendo de las nuevas unidades de transporte (es necesario anualizar estos costos y sumarlos para cada año de operación).

De esta manera, el costo total anual del proceso, para cada uno de los casos en estudio, es el siguiente:

<b>Caso</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Caso 1	\$163.476.098	\$305.116.503	\$488.783.331
Caso 2	\$91.619.106	\$174.837.236	\$291.251.219
Caso 3	\$83.219.106	\$165.171.951	\$281.585.934
Caso 4	\$130.280.244	\$214.763.658	\$331.177.641
Caso 5	\$91.619.106	\$174.837.236	\$291.251.219
Caso 6	\$61.788.537	\$117.680.244	\$191.233.089
Caso 7	\$ 163.476.098	\$ 305.116.503	\$ 488.783.331
Caso 8	\$114.314.960	\$156.771.951	\$196.698.374

Caso 9	\$123.980.244	\$166.437.236	\$206.363.658
--------	---------------	---------------	---------------

**Tabla 13: Resumen de costos anuales para cada modelo de simulación**

Por otro lado, al analizar los ingresos que generarían estas nuevas centralizaciones, se tiene que este análisis también debe ser llevado a partir de un horizonte temporal mensual, considerando así el ingreso de cada uno de los nuevos productos que pasarán a centralizarse en el centro de distribución. Junto a lo anterior, para los casos 7, 8 y 9, se presenta la posibilidad de incluir, en el apartado de ingresos, 2 tópicos adicionales, estos son el ahorro potencial generado a partir de los despidos llevados a cabo luego de la eliminación del sórter de flujo continuo, monto que asciende a \$84.000.000 mensuales, y, segundo, la posibilidad de vender el sórter de flujo continuo según su valor residual, obtenido directamente desde el sistema del centro de distribución, calculado a partir de la vida útil de sus componentes, monto que asciende a \$131.708.237, percibidos el primer año de operación (el detalle se encuentra en el apartado 8 de la sección II del anexo).

De esta manera, considerando el aporte de \$66.743, en promedio por producto centralizado, y un ahorro potencial promedio mensual de \$700.000 por trabajador despedido, se tiene que los ingresos proyectados hasta el 2023, por caso de simulación, son los siguientes:

<b>Caso</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Caso 1	\$316.094.848	\$895.157.116	\$1.672.846.552
Caso 2	\$152.574.498	\$458.390.924	\$922.121.288
Caso 3	\$152.574.498	\$458.390.924	\$922.121.288
Caso 4	\$152.574.498	\$458.390.924	\$922.121.288
Caso 5	\$152.574.498	\$458.390.924	\$922.121.288
Caso 6	\$74.151.473	\$243.745.436	\$517.725.451
Caso 7	\$1.455.803.085	\$1.903.157.116	\$2.680.846.552
Caso 8	\$1.200.771.339	\$1.147.292.641	\$1.229.319.788
Caso 9	\$1.200.771.339	\$1.147.292.641	\$1.229.319.788

**Tabla 14: Resumen de ingresos anuales para cada modelo de simulación**

Donde es posible apreciar que los ingresos percibidos por nuevas centralizaciones son iguales para aquellos modelos de simulación que presentan la misma asignación respecto a la proyección futura de centralización.

El detalle para la construcción de esta tabla resumen de ingresos se puede encontrar en el apartado 9 de la sección II del anexo.

Es importante destacar que el aumento en el costo logístico dado por la centralización de nuevos proveedores ya se encuentra descontado a partir de la tarifa cobrada como costo alternativo logístico por centralización de productos a los proveedores (tal y como se enseña en la sección II.III. del presente informe), luego el ingreso percibido por nuevas centralizaciones ya considera el descuento de estos costos.

Así entonces, gracias a las proyecciones realizadas, es posible implementar el análisis económico a partir de la proyección de los flujos futuros del presente proyecto, para cada modelo simulado, obteniendo así el flujo de caja de cada modelo simulado, cuyo detalle es encontrado en el apartado 10 de la sección II del anexo. Lo anterior se implementa con el objetivo de evaluar económicamente la factibilidad de implementación de cada uno de los modelos, a partir de la obtención de sus indicadores financieros.

Sin embargo, para aplicar estos indicadores financieros es necesario aplicar una tasa de descuento acorde a la naturaleza del proyecto. Es así como se obtiene, gracias al área financiera de SMU, la tasa de descuento para proyectos utilizada por la compañía, la cual es de un 12%.

Luego, una vez estimado el flujo de caja proyectado para cada uno de los casos en evaluación, se procede a calcular los siguientes indicadores, los cuales permitirán implementar una evaluación de los modelos, permitiendo contrastar las diferentes realidades proyectadas, buscando identificar el modelo óptimo a implementar:

- Valor actual neto de las proyecciones implementadas (VAN): Se implementa con el objetivo de identificar las posibles ganancias o pérdidas futuras, llevadas a su valor presente.
- Tasa interna de retorno (TIR): Se implementa como complemento a lo anterior, con el objetivo de realizar una comparación entre la rentabilidad de las propuestas realizadas a partir de sus flujos futuros.
- Índice de rentabilidad del proyecto (IR): Se decide implementar con el objetivo de medir el valor actual de los flujos futuros con respecto a la inversión inicial.
- Finalmente, un indicador que se considera relevante, para este análisis en particular, es el nivel de ocupación y la cantidad de ubicaciones disponibles



que quedarán posterior a esta proyección, pues la idea original siempre ha sido obtener una mayor capacidad, permitiendo también aumentar el número de centralizaciones existentes en el centro de distribución.

Dicho lo anterior, los resultados finales obtenidos para cada uno de los modelos son los siguientes:

<b>Caso</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>IR</b>	<b>Ubicaciones totales</b>	<b>Ubicaciones disponibles</b>	<b>Porcentaje de utilización</b>
Caso 1	\$1.033.548.912	409%	23,57	7.754	818	89,5%
Caso 2	\$ 518.295.380	341%	20,49	6.832	888	87%
Caso 3	\$538.375.185	452%	29,04	6.467	523	91,9%
Caso 4	\$437.241.607	184%	9,97	7.124	1.181	83,4%
Caso 5	\$515.920.580	306%	17,63	6.540	596	90,8%
Caso 6	\$239.193.110	205%	11,79	6.248	847	86,4%
Caso 7	\$1.877.359.643	88%	2,71	12.599	593	95,3%
Caso 8	\$824.025.288	54%	1,78	10.555	491	95,3%
Caso 9	\$766.246.364	50%	1,69	10.847	783	92,7%

**Tabla 15: Resumen resultados de evaluación de modelos simulados**

Finalizando así la implementación, y posterior evaluación de los modelos de simulación propuestos.

### **IX.V.I. Limitaciones de los modelos de simulación**

Para asegurar la factibilidad de los resultados obtenidos en la implementación de los distintos modelos de simulación, es necesario considerar que los supuestos realizados, a partir de los procesos que están fuera del alcance del presente trabajo, se comporten bajo lo esperado. Esto es:

- Primero, que los proveedores de los productos que actualmente se encuentran centralizados en el centro de distribución lo Aguirre acepten la modificación en la estructura de paletizado en la que serán solicitados sus productos, es decir, que sean capaces de formar pallets de máximo 60 [cm] de altura.

- Es necesario también, que la compra a proveedores permita considerar la menor cantidad de quiebres de stock posibles dentro del proceso de picking, es decir, que exista al menos un pallet de reserva para las ubicaciones de picking, la mayor cantidad del tiempo posible.
- Se asume que los nuevos productos centralizados presentarán una proporción similar a la existente para los 4.700 productos actuales, presentes en el sector de picking tradicional, respecto al área de picking a la que pasarán a ser asignados una vez sean centralizados.
- Se considera que la cantidad de 85 cajas transferidas por hora por parte de los trabajadores es un promedio mínimo aceptable para la operación, sin embargo, se destaca la posibilidad de aumentar esta productividad a partir de incentivos por parte de la compañía.
- Se asume un correcto proceso de llegada (desde los proveedores) y despacho (hacia los locales en tienda) de productos, donde no existen mayores contratiempos en este apartado de la operación, a pesar del aumento en la transferencia diaria de productos.
- Dado el bajo nivel de utilización por parte de las grúas, para el proceso de picking tradicional, se asume que el aumento en la demanda de este recurso no significará una necesidad de contratar personal extra, ni arrendar más maquinaria que la existente actualmente en el centro de distribución.
- Debido a que no se busca un picking diferenciado entre ubicaciones de primer y segundo nivel, se asume que todas las unidades de transporte presentes en el proceso, desde la implementación, considerarán la inclusión de alza hombre.
- Finalmente se asume que, dado que la compañía se encuentra en búsqueda de cumplir con el mayor número de centralizaciones que sea posible, las proyecciones futuras de centralización de proveedores serán cumplidas en su totalidad en un plazo máximo de 3 años desde la implementación del modelo.

## **IX.V.II. Discusión de los resultados obtenidos**

Para comenzar, vale la pena destacar que los resultados obtenidos para cada uno de los casos de simulación presentan indicadores positivos, en el sentido de la factibilidad económica dada por la evaluación de la rentabilidad futura del proyecto, bajo los montos de inversión requeridos, es decir, todos los casos propuestos podrían llegar a ser factibles para la operación.

Lo anterior se presenta debido a que la inversión inicial para todos los modelos evaluados, y el aumento de costos asociado a la incorporación de nuevos productos al centro de distribución, no representan altos montos de dinero, principalmente gracias a que lo que se está evaluando es una modificación de una operación que ya se encuentra implementada y en funcionamiento, por lo que todos los montos de inversión, respecto a la conformación del proyecto, junto con el grueso de costos necesario para llevar a cabo la puesta en marcha de la operación, no son incluidos.

Dicho lo anterior se tiene que, en primer lugar, es posible apreciar que, por lo general, los casos de estudio que consideran la eliminación del sórter de flujo continuo (casos 7, 8 y 9) presentan valores elevados respecto al valor actual neto del proyecto, sin embargo, sus indicadores de rentabilidad (TIR e IR) se encuentran por debajo del promedio, considerando su comparación con el resto de los modelos de simulación a implementar. Esto se debe principalmente al monto de inversión más elevado que se considera para la implementación de estos casos de evaluación, gracias a la compra de nuevos racks de productos y el despido de trabajadores en la operación. Además, dado que gran parte de las ubicaciones generadas para productos de alta rotación, a partir de la densificación, es asignado a los productos de alta rotación provenientes del sector de flujo continuo, se tiene que, desde el punto de vista de operaciones y proyectos logísticos, no se considera como una opción del todo rentable, pues no existe un aumento en la cantidad de productos centralizados, y por tanto, un aumento en el ingreso a partir del cobro alternativo logístico otorgado por una nueva centralización (los productos de flujo continuo también pagan este costo alternativo logístico por lo que no existiría un cobro extra por cambiar el producto de sector), sino más bien, gran parte de los ingresos percibidos por estas alternativas vienen dados a partir del no pago de los sueldos percibidos por los operadores del sector de flujo continuo, siendo esta la razón del alto valor actual neto de los modelos.

Dicho lo anterior, se presentan 2 visiones respecto a los resultados obtenidos para los modelos 7, 8 y 9. Primero, es importante notar que al incluir un gran número de productos al sector de picking tradicional, desde una operación que ya se encuentra en funcionamiento y presenta sus ingresos por centralización, limita la posibilidad de incorporar nuevas centralizaciones y optimizar de la mejor manera posible el uso del metro cuadrado dentro del centro de distribución, pues prácticamente (para los casos 8 y 9) se está aplicando una inversión para transferir los mismos productos que se transferían, en el mismo metraje cuadrado.

Sin embargo, la segunda perspectiva a analizar es que, dado que desde el punto de vista operativo y logístico no se considera del todo rentable la posibilidad de eliminar el sórter de flujo continuo (respecto a los demás modelos), es necesario aplicar un análisis que considere variables fuera del mundo logístico y operativo, es decir, desde una mirada de compañía y no desde “proyectos logísticos”, pues el impacto en la venta y el aumento del stock en tienda gracias a un abastecimiento continuo, a partir del paso a inventario de los productos de flujo continuo, podría entregar los resultados que se buscan respecto a la rentabilidad del proyecto, desde una mirada más global.

Ahora bien, si consideramos el escenario físico actual del centro de distribución, se tiene que existen 3 modelos de simulación que presentan indicadores que destacan por sobre las demás opciones de manera conjunta, es decir, si se considera una comparación global entre todos los indicadores financieros, siendo estos los casos 1, 2, 3.

Luego, se tiene que para analizar en detalle los pros y contra de estos modelos de simulación es necesario considerar la composición de sus variables modificables, donde para el primer modelo se tiene que su estimación en la rotación se lleva a cabo a partir de la media (mediana) de todo el horizonte temporal analizado, lo que significa que presenta un análisis que no considera los picos de venta a lo largo del año, sino que entrega el valor promedio de la rotación. Lo anterior significa un análisis con un alto nivel de riesgo, sobre todo teniendo en consideración la alta estacionalidad presente en la demanda del retail supermercadista, pues, el estimador de rotación podría estar considerando como productos de baja rotación aquellos productos que presentan demandas estacionales con peaks de rotación altos, lo que a su vez generaría problemas en la operación, particularmente a la hora de reponer constantemente su ubicación de picking desde la reserva, debido a que la cantidad de productos presente en medio pallet es, lógicamente, menor que la cantidad de productos presente en un pallet completo, por lo que esta reposición constante de un número elevado de productos va en perjuicio directo de la productividad del centro de distribución. Además, no se estaría considerando la alta probabilidad de presentar quiebres de stock constantes dentro del centro de distribución, en sus periodos de alta demanda, debido a que para los productos de baja rotación el modelo considera solamente una ubicación de reserva.

Para el segundo modelo de simulación se tiene que, si bien presenta los indicadores de financieros más bajos, y una menor rentabilidad sobre la inversión, lo anterior podría deberse a que la estrategia de proyección en las centralizaciones no se adapta de la mejor manera a la cantidad de ubicaciones generadas con la densificación de productos a medio pallet. Así, si se considera el nivel de utilización disponible en el centro de distribución y la posibilidad de incorporar más centralizaciones, ya sea en los 3 años evaluados o a futuro, se tiene que el segundo modelo presenta oportunidad de mejora clara, pues presenta el mayor número de ubicaciones disponibles en relación a todos los modelos. Por esto, si se rediseña la proyección de centralizaciones de manera de ir en búsqueda de aumentar el nivel de utilización dentro del centro de distribución, entonces podría acercarse aún más

a la meta proyectada que se desea alcanzar a partir del plan estratégico de centralización, y además, presentar una mejora notable en las métricas de evaluación financiera del modelo.

Finalmente, se tiene que el modelo que presenta una mejor evaluación global, respecto a su factibilidad económica, es el modelo implementado en el caso 3, el cual presenta el segundo valor actual neto más alto (sin considerar los casos que consideran la eliminación del sector de flujo continuo) y una tasa interna de retorno que supera el 450%. Además, es el modelo que presenta un mayor retorno percibido respecto a la inversión realizada en la implementación del proyecto, pues presenta un índice de rentabilidad que supera por bastante a su más cercano perseguidor. Sin embargo, dado que su implementación considera el tercer estimador de rotación, se tiene que el modelo presenta una menor cantidad de productos densificados, bajo una estructura de pallet de máximo 60 [cm], lo que se aleja de las necesidades estratégicas actuales de la compañía, que van en búsqueda de aumentar considerablemente el número de productos centralizados bajo el escenario físico que se presenta actualmente (es decir, sin el gasto incurrido en la compra, o arriendo, de nuevas bodegas ni centros de distribución).

### **IX.V.II. Modificación al plan de centralización del segundo modelo de simulación**

Tal y como se menciona en el apartado anterior, dado el resultado positivo que se presenta en el segundo modelo de simulación, el cual, si bien tiene peores indicadores que los modelos 1 y 3, presenta un espacio de mejora considerable dado por su menor nivel de utilización de las ubicaciones de picking de productos.

Dicho esto, se presenta la posibilidad de idear una nueva estrategia de proyección de centralizaciones, que vaya en búsqueda de aumentar el número de productos centralizados para los años 2021 al 2023. Para luego, implementar la misma metodología de simulación, y posterior evaluación, del modelo, obteniendo así sus nuevos indicadores financieros.

Luego, se tiene que la metodología implementada en el apartado IX.V. no varía en sus resultados (para el caso 2) hasta la asignación en la proyección de nuevas centralizaciones. Así entonces, se procede a generar una nueva proyección que vaya en búsqueda de alcanzar niveles de utilización de las ubicaciones de picking cercanos al 90%.

Para llevar a cabo lo anterior, se propone que, para el primer año de operación, es decir 2021, se presente un número total de centralizaciones igual al presentado en el último año de la proyección implementada en el apartado IX.V. para el modelo número 2, ósea un total de 456 productos. Posteriormente, para los años 2022 y 2023 se plantea aplicar una variación porcentual que alcance el mismo valor que la

variación porcentual observable en la proyección máxima generada a partir del plan estratégico de SMU, es decir:

- Centralizaciones totales año 2021: 456 productos
- Variación porcentual centralizaciones plan estratégico máximo de SMU entre 2021 y 2022:

$$\frac{694 \text{ productos centralizados 2021}}{808 \text{ productos centralizado 2022}} = 116,5\%$$

- Centralizaciones totales año 2022:

$$456 * 1,165 = 532 \text{ productos}$$

- Variación porcentual centralizaciones plan estratégico máximo de SMU entre 2022 y 2023:

$$\frac{808 \text{ productos centralizados 2022}}{734 \text{ productos centralizados 2023}} = 90,9\%$$

- Centralizaciones totales año 2023:

$$532 * 0,909 = 484 \text{ productos}$$

Luego, se presenta el mismo procedimiento aplicado en la implementación de las simulaciones (apartado IX.V.) y se presentan los siguientes valores, respecto a su evaluación de flujo de caja e indicadores de evaluación (el resto de los cálculos aplicados, tales como como costos, ingresos o centralizaciones mensuales, se pueden encontrar en el apartado 11 de la sección II del anexo):

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 208.571.875	\$ 590.074.863	\$1.100.391.841
Costos		\$ -98.323.253	\$-184.423.253	\$ -300.784.391
Depreciación		\$ -4.430.370	\$ -4.430.370	\$ -4.430.370
Utilidad antes de impuesto		\$ 105.818.252	\$ 401.221.240	\$ 795.177.080
Impuesto		\$ -28.570.928	\$-108.329.735	\$ -214.697.812
Utilidad después de impuesto		\$ 77.247.324	\$ 292.891.505	\$ 580.479.269

Depreciación		\$ 4.430.370	\$ 4.430.370	\$ 4.430.370
Valor residual				
Inversiones	\$ -26.582.220			\$ 13.291.110
Flujo de caja	\$ -26.582.220	\$ 81.677.694	\$ 297.321.875	\$ 598.200.749
Flujo de caja acumulado	\$ -26.582.220	\$ 55.095.474	\$ 352.417.349	\$ 950.618.098

Tabla 16: Flujo de caja iteración del segundo modelo propuesto

Así entonces, los indicadores obtenidos, a partir del mejoramiento de la estrategia de centralización para el modelo 2 de simulación, son los siguientes:

- VAN:

$$VAN = -26.582.220 + \frac{81.677.694}{1,12} + \frac{297.321.875}{1,12^2} + \frac{598.200.749}{1,12^3}$$

$$VAN = \$709.154.948$$

- TIR:

$$TIR = 472\%$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$735.737.168}{\$26.582.220} = 27,67$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
5.518	1.314	6.832	6.172	660	90,3%

Tabla 17: Resumen utilización de ubicaciones en iteración de segundo modelo de simulación

Así, se confirma el supuesto planteado, donde al implementar una modificación en el plan de proyección de centralizaciones para el caso 2 de simulación, en búsqueda de alcanzar un mayor nivel de utilización de sus ubicaciones de picking, entonces existe una mejora notable en los indicadores de evaluación del proyecto, aumentando tanto el valor presente de los flujos futuros como la rentabilidad del proyecto.

Lo anterior significa que, a partir de los indicadores presentados, este modelo presenta una mejor proyección, en sus resultados futuros globales (considerando todos los indicadores financieros), con respecto a los modelos evaluados para los casos 1, 2 y 3.

## **IX.VI. DISCUSIÓN COSTO ALTERNATIVO LOGÍSTICO**

Dada la necesidad de buscar estrategias que faciliten la incorporación de proveedores al plan de centralización, nace la idea de disminuir el costo alternativo logístico, cobrado a los proveedores por el servicio de centralización, de manera de ofrecer un precio más atractivo que motive a los proveedores, que actualmente no están centralizados, a contratar el servicio logístico ofrecido por SMU.

Dicho lo anterior se tiene que, si bien el presente proyecto no tiene como objetivo el estudiar un reajuste en la tarifa cobrada a los proveedores, el estudio de factibilidad de la implementación de los distintos modelos de simulación permite identificar un rango factible que permita generar una rentabilidad positiva, o al menos no negativa, al llevar a cabo la inversión y posterior aumento en los costos de operación, dado que el principal ingreso percibido en el modelamiento es el aporte que se percibe por nuevo producto centralizado.

La idea es, a partir de la recomendación realizada respecto a los cambios a implementar en el sector de picking tradicional, plantear sobre la mesa la posibilidad de volver a analizar el porcentaje cobrado a los proveedores por centralizar sus productos, para así lograr generar (a futuro) una oferta que sea rentable para la compañía y, a su vez, capaz de atraer a un mayor número de proveedores

Así entonces, de los apartados anteriores se desprende que los 2 modelos que presentan mejores resultados son las simulaciones generadas a partir de los casos 2 (con la nueva proyección de centralizaciones) y 3. Dicho lo anterior se plantea identificar el umbral a partir del cual la implementación de los presentes proyectos presenta resultados negativos, a partir de la evaluación de sus indicadores financieros.

Para llevar a cabo lo anterior se plantea un análisis de sensibilidad, variando el ingreso percibido a partir de la centralización de un nuevo producto al centro de distribución, en búsqueda del ingreso mínimo que asegura la posibilidad de implementar el proyecto en cuestión.

Para comenzar se tiene que el análisis de sensibilidad aplicado al caso 2, con su nueva proyección de centralización, indica que el ingreso mínimo, por centralización, a partir del cual se asegura la factibilidad en la implementación asciende a \$24.017, obteniendo así los siguientes indicadores, a partir de una tasa de descuento del 12%:



- VAN:

$$VAN = -26.582.220 + \frac{(-19.485.624)}{1,12} + \frac{4.945.424}{1,12^2} + \frac{56.261.818}{1,12^3}$$

$$VAN = \$8.820$$

- TIR:

$$TIR = 12\%$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$26.590.633}{\$26.582.220} = 1,0003$$

Ahora bien, tal y como se menciona en el apartado II.III. (PROPUESTA DE VALOR) del presente informe, se tiene que el cobro por centralización asciende al 3,63% de la transferencia mensual de cada producto, cuyo promedio es de \$6.600.000, para luego descontar todos los gastos logísticos y finalmente presentar un ingreso total de \$66.743. Dicho esto, se tiene que para presentar un ingreso mínimo de \$23.526, que asegure la factibilidad en la implementación del tercer modelo simulado, entonces (suponiendo que los gastos logísticos se mantienen constantes) será necesario cobrar una tarifa promedio que asciende a **\$196.563** por producto centralizado, es decir, un cobro por centralización del 2,97% de la transferencia mensual de cada producto.

Así entonces, el intervalo sobre el cual la tarifa cobrada, como costo alternativo logístico por centralización, aseguraría (bajo todos los supuestos establecidos) la factibilidad en la implementación del tercer modelo de simulación es el siguiente:

$$[ \text{\$196.563 (2,97\%)} , \text{\$239.288 (3,63\%)} ]$$

Por su parte, los resultados obtenidos para la implementación del modelo 3 son los siguientes, a partir de un ingreso percibido por nueva centralización que asciende a \$24.237:

- VAN:

$$VAN = -19.198.270 + \frac{(-19.439.805)}{1,12} + \frac{1.803.990}{1,12^2} + \frac{49.351.951}{1,12^3}$$

$$VAN = \$10.636$$

- TIR:

$$TIR = 12\%$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{\text{Inversión inicial}} = \frac{\$19.208.906}{\$19.198.270} = 1,0005$$

Luego, se tiene que para presentar un ingreso mínimo de \$24.237, asegurando la factibilidad en la implementación del segundo modelo simulado (con su mejora en la proyección de centralización), entonces será necesario cobrar una tarifa promedio que de \$196.783 por producto centralizado, es decir, un cobro por centralización del 2,98% de la transferencia mensual de cada producto.

Así entonces, el intervalo sobre el cual la tarifa cobrada, como costo alternativo logístico por centralización, aseguraría (bajo todos los supuestos establecidos) la factibilidad en la implementación del segundo modelo de simulación es el siguiente:

$$[ \text{\$196.783 (2,98\%)} , \text{\$239.288 (3,63\%)} ]$$

De aquí en más, recordando que el presente trabajo se lleva a cabo bajo la mirada de la unidad logística y de operaciones de SMU, es necesario incluir al análisis variables globales a nivel de compañía como lo son, por ejemplo, el aumento en la venta bajo la posibilidad de abastecer sus locales comerciales con una mayor flexibilidad y puntualidad, el control total del inventario y la cantidad de productos abastecidos a cada local, etc., de manera de cuantificar la ganancia, a partir del aumento en la cantidad de productos centralizados, dado por la disminución en la tarifa cobrada por centralización.

## **X. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN A SMU**

Una vez identificados y discutidos los resultados presentados a partir de la implementación realizada, gracias a la utilización de herramientas de simulación computacional y proyecciones futuras en la centralización, es procede a elaborar una recomendación respecto a las variables a implementar en la operación, para el sector de picking tradicional del centro de distribución lo Aguirre, de SMU.

### **1. Consideraciones respecto al cumplimiento del futuro plan estratégico de centralización**

En primer lugar es necesario mencionar que, dado el alto nivel de riesgo que presenta el primer estimador de rotación (media o mediana de todo el horizonte temporal), por las razones ya mencionadas en apartados anteriores, y que los únicos modelos capaces de centralizar el 85% del total de productos existentes, en el canal de productos secos de la compañía, son los modelos 1 y 7 (los cuales utilizan este estimador de rotación), es que, desde la mirada de la unidad logística y de operaciones de la compañía, no se considera como una opción viable la posibilidad de alcanzar la meta presentada dentro del plan estratégico, sin adquirir (ya sea comprar o arrendar) una bodega o centro de distribución extra, capaz de entregar el espacio físico extra sin aumentar el riesgo en la operación.

### **2. Elección del modelo de simulación a implementar**

Luego, se tiene que, a partir del análisis preliminar gracias a la implementación de los distintos modelos con sus variables y proyecciones de centralización preliminares, si la compañía desea apostar a una implementación que asegure una alta rentabilidad de la inversión realizada, junto con la posibilidad de aumentar, aunque no considerablemente, la cantidad de ubicaciones existentes en el sector de picking tradicional, entonces se recomienda implementar las variables aplicadas en el modelo de simulación número 3, es decir, un estimador de rotación calculado como la media del mes peak de transferencia, lo que genera un listado de 821 productos que podrían ser trabajados bajo una estructura de paletizado de máximo 60 [cm] de altura. Además, se considera la implementación del rack tipo 1, el cual genera ubicaciones de picking para productos de baja rotación (y su respectiva reserva) en el segundo nivel de los racks de productos, aumentando el número de ubicaciones de picking en 949 unidades. Luego, se considera como estrategia de centralización la posibilidad de incorporar un total de 1.243 nuevos productos al finalizar el año 2023, cumpliendo así con el 56% de la meta fijada dentro del plan estratégico de SMU.

Ahora bien, si se desea aplicar un cambio en el plan de proyecciones de centralización a futuro, no considerando las proyecciones implementadas a partir de metodologías más clásicas (disminuyendo el error cuadrático medio), en búsqueda

de una meta que se acerque aún más a lo planteado en el plan estratégico futuro de centralización, a cambio de una mayor densificación de productos, una mejor utilización del metro cuadrado del sector de picking tradicional y la posibilidad de aumentar el número de productos centralizados a futuro, entonces la opción más viables, rentable y **la recomendada** en el presente análisis, será el segundo caso de optimización, junto con el nuevo escenario de proyección de demanda presentado en apartados anteriores.

### **3. Detalles del modelo a implementar**

El modelo de simulación recomendado a implementar se lleva a cabo a partir de la implementación del segundo estimador de rotación (promedio de la estación del año peak de transferencia), el cual indica que un total de 1.176 productos cumplen las condiciones para ser trabajados bajo la configuración de baja rotación. Además, también se implementa en rack tipo 1, aumentando el total de ubicaciones para picking de productos en 1.314 unidades. Luego, la proyección en la cantidad de productos centralizados al finalizar el año 2023 sería de 1.472 productos, cumpliendo así con el 66% de la meta fijada dentro del futuro plan estratégico de la compañía.

Con el propósito de obtener una mayor utilización del espacio asignado a los racks, es que se aconseja implementar las modificaciones en aquellos racks que presenten un menor número de niveles (5 y 6), para posteriormente considerar la implementación en los racks que utilizan de mejor manera el espacio verticalmente asignado (7 niveles).

Además, el modelo propuesto considera la inclusión de 33 trabajadores extra, separados en 3 turnos de manera diaria, lo que significa un aumento en el personal de picking de alrededor del 36,6% (en la simulación inicial se considera un total de 90 trabajadores). Lo anterior con el objetivo de cumplir todas las labores necesarias dentro del proceso de picking tradicional, las cuales presentan un aumento en su demanda debido al aumento promedio esperado de hasta 14.320 cajas por día, en los últimos meses del 2023.

### **4. Consideraciones respecto a labor de grúas dentro del proceso**

Con respecto a las maquinarias y los trabajadores encargados de manejar las grúas, para realizar labores de reposición y traslado de pallets completos solicitados por las tiendas, se tiene que dada su baja utilización entregada a partir del modelo de simulación de la situación actual se estima que no será necesaria la compra de nuevas grúas, ni contratar personal extra para realizar estas labores.

## 5. Consideraciones respecto a la productividad del proceso

Al aplicar el indicador de productividad expuesto anteriormente, y considerando los resultados finales proyectados a partir de la simulación del modelo recomendado, se tiene que, al finalizar el año 2023 se presentaría el siguiente resultado:

$$\textit{Productividad} = \frac{64.315 \textit{ cajas transferidas por día}}{125 \textit{ trabajadores de picking}} = 514,5$$

Así, el valor presente en el indicador de productividad presenta una disminución importante respecto al escenario simulado de la situación actual. Sin embargo, se tiene que esta disminución viene dada a partir del supuesto de linealidad en la inclusión de trabajadores extra, para sopesar el aumento de cajas transferidas por día. Así entonces, se entiende que este supuesto puede presentar mejores resultados a partir de la inclusión de nuevos trabajadores por turno, permitiendo que el crecimiento de cajas transferidas por día sea mayor que el presentado a partir del presente supuesto de linealidad, gracias a un crecimiento que supere el umbral recién presentado.

Por lo tanto, se recomienda considerar este valor de productividad como el mínimo aceptable a partir de la implementación del escenario recomendado, esperando que la cantidad de cajas transferidas por hora, por parte de los trabajadores de picking, supere las 85 (utilizadas como supuesto lineal en la metodología de implementación), permitiendo así generar un aumento en la transferencia diaria que supere este supuesto de linealidad, lo que traería consigo un aumento en el valor de indicador de productividad recién presentado.

## 6. Consideraciones no incluidas debido a restricciones impuestas

El presente trabajo comprende un análisis y recomendación del trabajo basado en la construcción conjunta de las soluciones al incluir las consideraciones de la compañía, a partir del trabajo con el área de proyectos logísticos de SMU. Dicho lo anterior, en el presente apartado se procede a entregar una visión crítica de las variables que fueron inicialmente consideradas, pero que no fueron aplicadas debido a restricciones de la compañía.

Primero, se identifica como propuesta inicial la posibilidad de modificar la estructura de almacenamiento dentro de los pasillos del sector de picking tradicional, es decir, los racks o estanterías. Aquí se considera como idea principal la posibilidad de

implementar un rack que sea capaz de modificar la altura máxima de sus niveles, con el objetivo de adaptar el centro de distribución a las necesidades y requerimientos que se presenten. Esta idea nace como solución rápida y sencilla para evitar el problema de espacio vacío que se presenta en los niveles de cada uno de los racks, permitiendo un alto nivel de adaptabilidad al centro de distribución, en particular para aquellos racks que podrían agregarse a la operación en caso de eliminar el sórter de flujo continuo. Las razones de su no consideración dentro de la propuesta final se encuentran en, primero, un alto costo de inversión en el caso de tener que cambiar todos los pasillos de racks del sector de picking tradicional, lo cual excedería considerablemente los presupuestos de la compañía en el mejoramiento de su operación, lo que en el corto/mediano plazo no es posible, debido a los sobrecostos que se han originado a partir de las medidas sanitarias necesarias a implementar, tanto en el centro de distribución, la operación de la compañía, como en las salas de venta.

Ahora bien, la implementación de un distinto tipo de rack para los nuevos pasillos de picking, en caso de considerar la eliminación del sector de flujo continuo, tampoco fue considerada una posibilidad factible, principalmente debido a la constante variabilidad que estos pasillos otorgarían a la operación, lo que sumado a un sistema de gestión de almacenes (WMS) rígido en su variabilidad, desde la compañía no se consideró como un escenario factible.

Dicho lo anterior se tiene que esta solución, bajo las restricciones y la mirada operacional mencionada anteriormente, no conversaba de buena manera con la operación actual del centro de distribución, sin embargo, dado que se demostró que no es del todo rentable la eliminación del sorter de flujo continuo y no es del todo factible considerar un plan de centralización que permita llegar al máximo estratégico buscado en el plan a definir para los próximos 3 años, entonces se recomienda evaluar la posibilidad de implementar este tipo de racks para futuras inversiones en bodegaje y nuevos centros de distribución, de manera de disminuir al máximo el espacio entre productos, mejorando así la utilización del metro cuadrado asignado.

En segundo lugar, se presentó la idea de trabajar con un picking multicanal en el sector de picking tradicional de productos secos, de manera de poder satisfacer la demanda exacta para cada tienda, a partir de un picking que considere la posibilidad de pickear, por ejemplo, productos en cajas, en empaques (los que vienen dentro de cada caja) y productos unitarios, lo cual permite un abastecimiento a tiendas eficiente en la conformación de los pedidos, entregando exactamente la cantidad necesaria a cada sala de venta. Sin embargo, esta idea tampoco puede ser realizada debido a que el actual sistema de gestión del centro de distribución no permite realizar picking multicanal para un mismo producto, sino que debe identificarse si el producto será pickeado de manera unitaria o en cajas. Lo anterior no permite llevar a cabo esta idea, pero se recomienda en el mediano/largo plazo el considerar un software que permita una mayor variabilidad de la operación, tanto en

las ubicaciones como en la conformación de los pedidos a través de la labor de picking a desarrollar dentro de la operación de picking tradicional de productos secos.

Dentro de los principales beneficios que lo anterior traería al proceso se encuentra la posibilidad de abastecer con la cantidad exacta a las salas, quienes no tendrán que utilizar espacio en trastienda para productos que no presentan una rotación suficientemente alta. Además, el armado del paletizado se realiza de manera más eficiente, permitiendo generar pallets de entrega con un llenado más eficiente, puesto que no se enviaría nunca productos por sobre lo estrictamente necesario a cada sala de venta.

## **XI. CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos a partir del análisis implementado, en este apartado se presentan las principales conclusiones, a partir de los objetivos definidos para el presente caso de estudio.

El presente caso de estudio analizado entrega como resultado la factibilidad de aplicar una optimización en el tamaño del paletizado de un total de 1.176 productos, que cumplen con las condiciones necesarias para su densificación, permitiendo así concentrar una mayor cantidad de ubicaciones de picking y reserva de productos en el mismo espacio asignado existente en el sector de picking tradicional de productos secos del centro de distribución lo Aguirre, de manera de aumentar la rentabilidad del metro cuadrado, a partir de la centralización de un total de 1.472 nuevos proveedores al 2023.

Se considera que la elección de implementación de modelos de simulación fue favorable para vislumbrar las diferencias existentes, entre cada caso de estudio, de manera clara, permitiendo comprender en su totalidad el proceso llevado a cabo, sus oportunidades de mejora y la proyección del impacto generado por los costos asociados a cada modelo.

Los resultados entregados por el modelo recomendado en el presente informe traen consigo proyecciones alentadoras para la unidad logística y operativa de SMU, puesto que consideran la posibilidad de alcanzar un 66% de la proyección máxima de centralizaciones deseada por la compañía, dados a partir de un escenario altamente rentable, sin la necesidad de invertir en nuevos arriendos de centros de distribución ni bodegas.

Dicho lo anterior, se aconseja la implementación de la propuesta realizada a la empresa debido a que se considera un bajo nivel de inversión (el cual asciende a \$26.582.220 clp), sobre el cual se podrían percibir un alto crecimiento en las utilidades, dado a partir de las nuevas centralizaciones. Lo anterior se justifica gracias a que el monto invertido en el nuevo modelo sería pagado el primer año de operación, gracias a una utilidad bruta superior a los 88 millones de pesos.

Además, se presenta un indicador de productividad con una alta oportunidad de mejora, a partir de la capacidad de la compañía de incentivar el aumento en la transferencia diaria por trabajador, pues, en este caso, se presenta un indicador aceptable, a partir de un supuesto de crecimiento lineal en la transferencia diaria dada por el aumento del número de trabajadores.

Junto a lo anteriormente expuesto, se tiene que el presente análisis trae consigo otros beneficios percibidos por las demás áreas de la compañía, como por ejemplo el crecimiento en las ventas dado por el aumento del instock en tienda, la disminución de quiebres de inventario en locales y la posibilidad de abastecer de



manera continua y sin limitaciones todos los puntos de venta de la compañía, sin depender de terceros. Lo anterior, si bien escapa del alcance del presente análisis, podría ser perfectamente llevado a cabo a partir del análisis de un nuevo caso de estudio, de manera de complementar el trabajo realizado y expuesto en el presente informe.

Respecto a los quiebres de stock percibidos en la operación del centro de distribución, y en particular en el sector de picking tradicional de productos secos, se tiene que el presente caso de estudio busca identificar aquellos productos que presenten, a partir de su información histórica en el horizonte de tiempo estudiado, las condiciones necesarias para trabajar al menos 20 días de picking efectivo con solo un medio pallet en posición de picking y un medio pallet en la reserva. Lo anterior aseguraría un mínimo de 3 semanas efectivas de trabajo sin la necesidad de reposición. Sin embargo, las solicitudes de reabastecimiento a proveedores suelen ser realizadas cada 2 semanas (actualmente este no es el caso para productos con baja rotación, los cuales suelen ser reabastecidos con una periodicidad de entre 3 semanas a 1 mes), por lo que no se presentarían mayores problemas en la operación, logrando la presencia de, al menos, un medio pallet de reserva cada 2 semanas de operación efectiva. Dicho lo anterior, se tiene que bajo esta disminución en el tamaño del paletizado no deberían existir aumentos considerables en lo que respecta a quiebres de stock, pues previamente se pedía de manera mensual, y ahora se solicitaría el reabastecimiento cada 2 semanas, según las necesidades que presente cada producto.

Dado el deseo de centralizar la mayor cantidad de productos nuevos al centro de distribución, a partir de las ubicaciones liberadas gracias a la densificación del modelo recomendado, se considera como factible la posibilidad de modificar levemente el porcentaje cobrado como costo alternativo logístico a los proveedores cuyos productos se encuentran centralizados, demostrando que la factibilidad del proyecto a implementar sigue siendo positiva hasta el cobro de un 2,97% de la transferencia promedio mensual por producto. La idea planteada anteriormente se fundamenta a partir de la necesidad de generar un plan de atracción y retención de proveedores respecto a la adquisición del servicio de centralización entregado por la unidad logística de SMU, pues al solicitar productos con un menor tamaño en el paletizado, entonces sus costos de despacho hasta los centros de distribución de la compañía se verán, probablemente, afectados de manera directa, por lo que es necesario generar un plan de acción que sea capaz de compensar económicamente este aumento en los costos percibidos por el proveedor.

Así entonces se levanta esta información a la compañía como carta a evaluar para ofrecer una tarifa más atractiva a los proveedores. De aquí en más es necesario implementar un análisis más detallado, que vaya en búsqueda de identificar la tarifa ideal tanto para sus proveedores como para los intereses de la compañía.

No obstante, dentro de las recomendaciones entregadas a la compañía se encuentra el presentar principal atención al proceso de abastecimiento a salas de venta de la compañía, por sobre la necesidad de centralización, es decir, los

esfuerzos de la compañía siempre deben enfocarse en aumentar, o al menos mantener, el surtido de productos presente en los locales, por lo que no se recomienda buscar una centralización “a toda costa”, permitiéndose la posibilidad de perder proveedores en caso de que decidan no sumarse a su estrategia de centralización, sino más bien ir en búsqueda de entregar una oferta capaz de seducir al proveedor a adquirir el servicio de centralización, sin ser una condición determinante para la compra de sus productos y la posterior venta en salas.

Además, es necesario recordar que una de las desventajas que presenta el estudio realizado es el error asociado a la aleatorización de los procesos dentro de la operación, junto con la relajación o simplificación otorgada por parte de algunos supuestos realizados.

También, dado el carácter cambiante e impredecible de la demanda de productos en el mercado del retail supermercadista, es necesario considerar por parte de la compañía una revisión periódica respecto a la rotación de productos, buscando identificar nuevos candidatos a disminuir el tamaño de su estructura de paletizado, o aquellos productos ya optimizados que estarían presentando alzas en su demanda de manera de ser necesario revertir esta densificación realizada. Dicho lo anterior, la recomendación es realizar un estudio de manera trimestral, en conjunto con la revisión en la estrategia de centralización y la inclusión de nuevos operadores en casos de aumento en el flujo de productos del centro de distribución, que vaya en búsqueda de identificar fluctuaciones en la demanda para productos de alta y baja rotación, con el objetivo de trabajar, en el sector de picking tradicional, con una altura del pallet de productos acorde a la demanda que se está percibiendo, permitido a partir del número de ubicaciones de seguridad (ubicaciones de picking no utilizadas) presente en el centro de distribución.

Así entonces, luego de cumplir con la proyección de centralizaciones, fijada para finales del 2023, se recomienda implementar un nuevo análisis de la rotación histórica de los productos para los 3 últimos años, de manera detallada, con el objetivo de identificar nuevos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, generando así nuevas ubicaciones de segundo nivel, permitiendo obtener, nuevamente, una mayor rentabilidad del metro cuadrado del CD lo Aguirre (es importante destacar que existe la posibilidad de incluir ubicaciones de baja rotación en todos los segundos niveles de los 42 pasillos de racks, por lo que es factible aplicar nuevamente este análisis, bajo el supuesto de que en el presente estudio solo se intervienen 9 pasillos).

Ligado a lo anterior, se sugiere analizar la posibilidad de incluir en la operación la compra de racks con tamaños de nicho móvil (lo cual fue descartado por la contraparte debido a que no se busca añadir variabilidad a la operación), de manera de adaptarse continuamente a los cambios en la demanda.

Además, se sugiere analizar en el mediano plazo la migración a un software de manejo del centro de distribución, capaz de asignar ubicaciones dinámicas a los productos (tampoco incluido en el presente análisis debido a la restricción

presupuestaria y la no intención de adquirir un nuevo software), con el objetivo de poder solventar de manera ágil las repentinas alzas en la demanda, generando, por ejemplo 2 ubicaciones de picking para un mismo producto, evitando así la reposición continua a la ubicación de picking desde la reserva.

Con respecto a las principales dificultades presentes en la realización de esta propuesta de mejora, se identifica, en primera instancia, la realización de un proyecto netamente operacional bajo el contexto de pandemia, donde se dificulta de sobremanera la posibilidad de visitar el centro de distribución y conocer en terreno la operación sobre la cual se trabaja. Lo anterior generó dificultades en el entendimiento y en la toma de decisiones a partir del análisis teórico de las variables a considerar, sin embargo, esto pudo ser solucionado a partir de un plan de visitas constante, considerando los protocolos de seguridad necesarios, gracias a la compañía constante de personal del equipo de proyectos logísticos, quienes se turnaron para asistir al centro de distribución, permitiendo así un plan de visitas constante a la operación.

Luego, otra de las mayores dificultades presentes en la realización del proyecto fue el acceso a los datos necesarios para realizar la simulación, pues al no considerarse un análisis de este estilo previamente, estos datos no fueron obtenidos de manera sencilla, sino que se realizó un trabajo de búsqueda, en conjunto con el equipo de supply chain, el cual concluyó con un análisis en detalle del proceso, en particular de la operación de los últimos 2 años, informe mediante el cual fue posible obtener los tiempos medios de operación.

Finalmente, a modo de conclusión personal, se destaca la aplicación del presente análisis como base para el estudio global de la compañía, que se encuentra en implementación, gracias a la asesoría de la consultora *Synqos*. Esto pues se realizó una presentación formal del caso de estudio a la compañía y a la empresa consultora, de manera que actualmente se está trabajando en una reestructuración del plan estratégico de la compañía, y en particular ligado a las futuras centralizaciones, tomando como base el presente estudio.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

[1]

- Sin autor. (última visita 15/05/2020). *Rediseño de procesos de negocio*. Recuperado de <http://fccea.unicauca.edu.co/old/redisenio.htm>
- Ríos Sebastián. (última visita 15/05/2020). *Clases Diseño de procesos de negocio DII, primavera 2019*.

[2] E. y. C. Departamento de Organización de Empresas, «Tema 7: ALMACENES,» de *Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos*.

[3] Control group. (última visita 15/05/2020). *¿Qué es el picking?*. Recuperado de <https://blog.controlgroup.es/tipos-de-picking/>

[4]

- Sin autor. (última visita 15/05/2020). *Sistemas de almacenamiento en logística: ¿Cuál elegir?*. Recuperado de <https://kanvel.com/sistemas-de-almacenamiento-logistica/>
- El blog ceupe (última visita 15/05/2020). *¿Qué son los sistemas de almacenaje?*. Recuperado de <https://www.ceupe.com/blog/que-son-los-sistemas-de-almacenaje.html>

[5] Sin autor. (última visita 25/07/2020). *Rotación de inventario*. Recuperado de <https://www.pricing.cl/conocimiento/rotacion-de-inventario/>

[6] La ley de Pareto o regla del 80/20 en la gestión empresarial. (última visita 19/06/2020). Recuperado de <https://cepymenews.es/la-ley-de-pareto-regla-80-20-gestion-empresarial/>

[7] El método ABC para la clasificación de inventarios. (última visita 19/06/2020). Recuperado de <https://www.mecalux.es/blog/metodo-abc-clasificacion-almacen>

[8] Sevilla Andrés. (última visita 15/05/2020). *Productividad*. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>

[9] *Simulation with Arena*, second edition. Autores W. David Kelton, Randall P. Sadowski, Deborah A. Sadowski. Editorial Mc Graw Hill, 2002.

[10] *Diseño general de las etapas de simulación de procesos con énfasis en el análisis de entrada*. Autores Oscar Herrera, Luis Becerra, 2014. (última visita 25/07/2020). Recuperado de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP152.pdf>

[11] A modo general, se utilizó como bibliografía y base los siguientes trabajos de título:

- Vargas Guzmán Pablo Ignacio. (2018). *PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS DE RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS DE MODA EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN RETAIL MEDIANTE SIMULACIÓN*
- Silva Merino Ricardo Andrés. (2013). *PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO OPERACIONAL DE UN OPERADOR LOGÍSTICO EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN.*

### XIII. ANEXO

#### XIII.I. DETALLE DE LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN

##### XIII.I.I. Modelo de simulación de la situación actual

El presente apartado tiene como finalidad describir el detalle del proceso simulado a partir de su implementación en el software de simulación computacional *Arena*.

Para comenzar con el proceso, se define en primera instancia el proceso de llegada de las ordenes de transporte a partir de una distribución exponencial, considerando un tiempo entre llegadas de ordenes de 1,3 minutos.

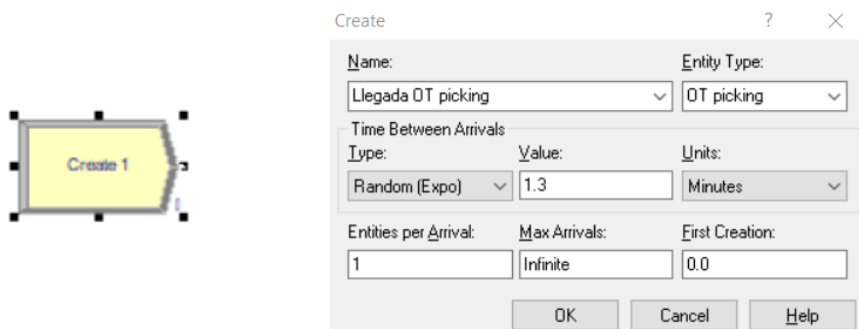


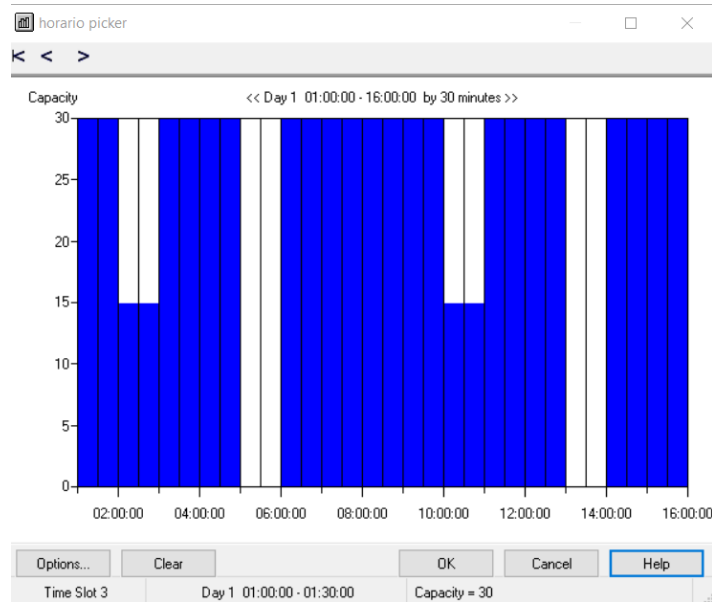
Figura 5: Módulo create, programa de simulación computacional *Arena*

Para aplicar lo anterior, es necesario crear un módulo de inicio en el programa, a partir de la entidad *create*, la cual considera la distribución a asignar y el tiempo entre llegadas recién mencionado.

Además, para inicializar el proceso de simulación, se definen las variables globales del proceso, las cuales no dependerán de la orden de transporte procesada, sino que presentarán el mismo valor para toda entidad que circule por el modelo. Estas variables son, en primer lugar, el *inventario*, presente en las ubicaciones de picking tradicional, las cuales se representan como una matriz donde cada columna representa la cara (norte o sur) de un pasillo y la fila representa la ubicación del producto dentro de esa cara del pasillo. A su vez, la segunda variable a considerar hace alusión a las ubicaciones de *reserva* que se presentan para cada uno de sus productos, también representado como una matriz, donde, dado que se asume la existencia de manera continua dentro del proceso, se identifica la reserva de un producto en particular en el mismo par ordenado que se presenta su ubicación en la variable de inventario (dado el supuesto planteado, no se modelan varios niveles de reserva por ubicación, sino que solo se modela una reserva que siempre maneja stock).

Junto con la definición de variables dentro del proceso de simulación, es necesario identificar los recursos que llevarán a cabo las labores dentro del proceso, los cuales

son *pickeros* y *grueros*, es decir, aquellos trabajadores que se encargan de realizar las labores de picking y los que se encargan de realizar el manejo de las grúas en la operación, respectivamente. Estos recursos presentan un horario de trabajo de entre 5 horas con 45 minutos y 6 horas con 30 minutos de trabajo efectivo, y el resto (para cumplir el turno de 8 horas) corresponde a descansos y horarios de colación.



**Figura 6: Distribución horaria turnos de trabajadores de picking y grúas**

Al implementar lo anterior en el programa de simulación es posible identificar que, tal y como se aprecia en la imagen anterior, en los horarios de colación no existe transferencia de cajas en el proceso, debido a que no se presentan los recursos (trabajadores) para llevar a cabo la operación, lo cual se visualiza como capacidad 0 del recurso en ese instante del día. En cambio, los casos en los que se considera la mitad de la capacidad total por turno (15 trabajadores) es debido a que este instante representa un break de descanso.

Luego, dado que la distribución de la información analizada (tanto la cantidad de ubicaciones a visitar por el *pickero* como la cantidad de cajas por producto a *pickear*) no suelen seguir un patrón fijo ni claro que permita asociarla a una distribución de probabilidad de manera acertada (figura 7 del presente anexo), se decide trabajar bajo el supuesto de distribuciones empíricas para, en primera instancia, aleatorizar la construcción de las órdenes de transporte, lo cual incluye el área de picking asignada, la cantidad de productos distintos a *pickear*, y finalmente la cantidad de cajas requeridas por cada producto.

Lo anterior significa que es necesario obtener la distribución de frecuencias real que presenta cada una de las variables que se considerará como aleatorias dentro del proceso (a partir de la información recabada de los 2 últimos años de operación), para posteriormente aleatorizar el proceso de asignación de estas variables a partir de estas frecuencias obtenidas, generando una así variable aleatoria discreta, cuya

probabilidad de asignación sea la frecuencia relativa porcentual de la variable observada.

Dicho lo anterior, se tiene que la distribución obtenida para la asignación de una orden de transporte a un área de picking en particular, bajo el análisis de la data en el horizonte de tiempo ya mencionado, es la siguiente:

- La probabilidad de que la OT sea asignada al ArP 10 es de 47%
- La probabilidad de que la OT sea asignada al ArP 11 es de 33%
- La probabilidad de que la OT sea asignada al ArP 12 es de 10,7%
- La probabilidad de que la OT sea asignada al ArP 103 es de 9,3%

Luego, para implementar lo anterior, en el programa de simulación, se utiliza un nodo de decisión, cuyas salidas serán la asignación (con su respectiva probabilidad) al área de picking correspondiente, tal y como se presenta en la siguiente figura, donde se asignan las 3 primeras probabilidades a sus áreas de picking correspondiente, y luego el programa asigna por defecto una salida extra, bajo un comando *e/se*, en el que se le asigna la probabilidad faltante para cumplir el 100%:

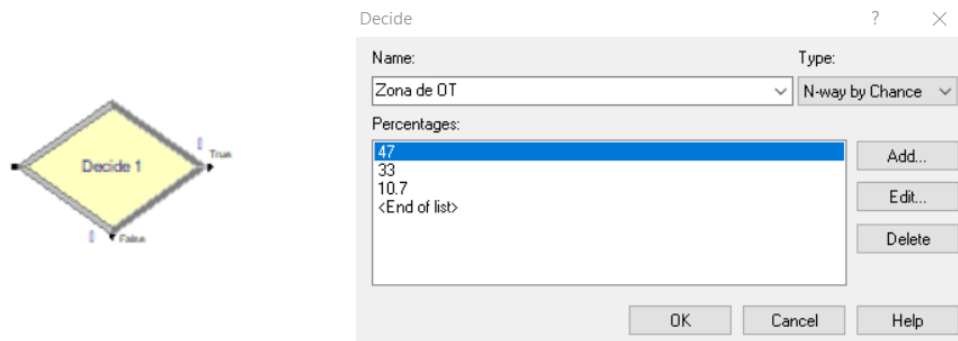


Figura 7: Módulo de decisión, programa de simulación computacional Arena

Posteriormente el proceso para cada una de las áreas de picking es prácticamente el mismo, solo presentando variaciones en los tiempos de ejecución de los procesos, ya mencionados en apartados anteriores, y en las distribuciones de probabilidad empíricas para la asignación aleatoria de productos por orden de transporte y de cajas a *pickear* por producto. Así entonces, para simplificar la explicación, se procederá a continuar detallando el proceso llevado a cabo en el área de picking número 10, entendiendo que las demás áreas de picking presentan un proceso homólogo.

El proceso continúa con la ya mencionada asignación de la cantidad de productos a *pickear* para cada orden de transporte, lo cual se realiza mediante otra variable aleatoria con distribución empírica, propia del comportamiento de cada área de picking. Con el objetivo de simplificar el modelo, se implementarán subgrupos agrupados en 5 unidades cada uno (es decir, el primer subgrupo representa la probabilidad de obtener de 1 a 5 productos asignados, el segundo subgrupo de



obtener 6 a 10 productos asignados, y así sucesivamente) y posteriormente, al interior de cada subgrupo existirá una nueva asignación aleatoria, en este caso uniforme, la cual entregará la asignación final de la cantidad de productos a *pickear*.

Lo anterior indica que, si se asigna que la OT presente entre 1 y 5 productos, estas probabilidades de ocurrencia, i.e. 1, 2, 3, 4 o 5, son equiprobables, lo cual, si bien no es del todo cierto, si es posible asegurar una tendencia a obtener frecuencias porcentuales de asignación similares, dentro de cada subgrupo (tal y como se aprecia en el apartado 12 de la sección II del presente anexo, donde para ejemplificar lo descrito se presenta la frecuencia porcentual de los 4 primeros subgrupos para una semana de operación en el área de picking 10).

Para implementar lo anterior, es necesario asignar este valor, generado aleatoriamente, a un atributo dentro del sistema, gracias al módulo *assign*, el cual será propio de la entidad generada al comenzar el proceso de picking, es decir, su valor no se presenta como una variable global del sistema, sino que será una variable local asignada a la orden de transporte que está siendo procesada.

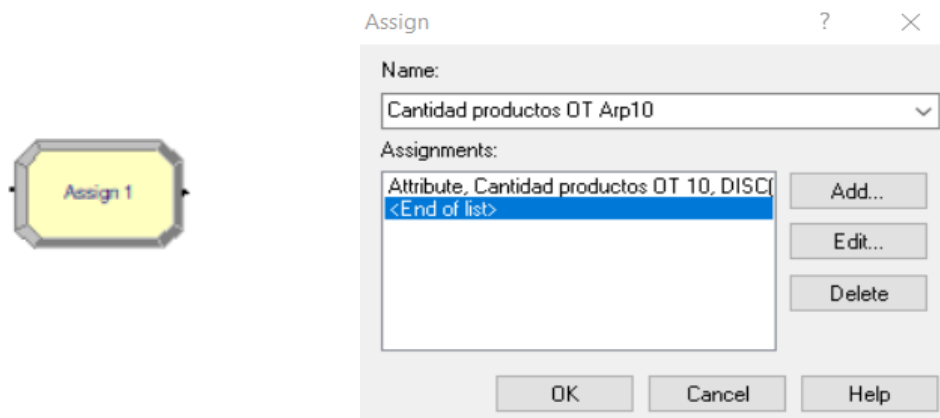


Figura 8: Módulo *assign*, programa de simulación computacional Arena

Una vez asignado el número de productos, se procede a asignar el trabajador que se encargará del proceso de picking, el pasillo y la ubicación exacta, dentro del pasillo, en la que se encontrará cada producto a *pickear* (por simplicidad del modelo, definidos como variables aleatorias uniformes entre las ubicaciones disponibles, con producto asignado, para cada área de picking), los cuales también son asignados como atributos propios de la orden de transporte procesada, a partir de la generación de un nuevo módulo *assing*.

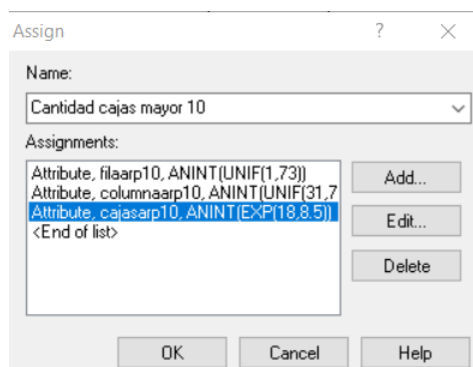
Junto a lo anterior, en el mismo módulo de asignación, se procede a asignar la cantidad de cajas a *pickear*, por producto, la cual presenta una asignación similar al número de productos por orden de transporte, es decir, una distribución empírica propia de cada área de picking, definida por subgrupos de cajas.

Los subgrupos generados para este caso disminuyen su tamaño con respecto a los generados en el proceso de asignación de la cantidad de productos por orden de

transporte, debido a que su comportamiento en la frecuencia porcentual presenta una mayor variación si se considera un subgrupo de tamaño 5. Dicho lo anterior, se define que los subgrupos asignados presentarán una variación de 3 unidades (es decir, el primer subgrupo representa la probabilidad de asignar entre 1 y 3 cajas, el segundo subgrupo la probabilidad de asignar entre 4 y 6 cajas y el tercer subgrupo la probabilidad de asignar entre 7 y 9 cajas).

Así entonces, siguiendo la metodología anterior, se tiene que, dentro de cada subgrupo, la cantidad de cajas asignadas finalmente es equiprobable, exceptuando el último subgrupo (>10 cajas) el cual representa una baja probabilidad de ocurrencia para todas las áreas de picking (siempre menor al 4%), pero presenta una desviación muy alta, debido a que considera un mayor número de opciones asignables. Dicho lo anterior, este subgrupo se modela a partir de la aproximación al entero más próximo de una variable aleatoria exponencial (debido a su carácter decreciente, el cual se asemeja a lo obtenido a partir de la función de densidad de una variable aleatoria exponencial, tal y como se aprecia en la figura 8 del presente anexo).

Para implementar lo anterior, se obtiene la media del subgrupo analizado, para cada área de picking (tal y como se presenta en el primer apartado de la sección II del anexo). Así, el módulo de asignación queda de la siguiente manera, considerando que el atributo *filaarp10* hace alusión al pasillo en el cual ejecutar la labor de picking, el atributo *columnaarp10* se refiere a la posición en la que se encuentra la ubicación del producto, dentro del pasillo, y finalmente el atributo *cajasarp10* indica la asignación aleatoria de la cantidad de cajas a *pickear* para el producto que está siendo procesado:



**Figura 9: Módulo de asignación para cantidad de cajas a pickear en área de picking 10**

Posteriormente, el trabajador ejecuta la labor de picking, cuya duración dependerá de la asignación en la cantidad de productos y la cantidad de cajas (por producto) a *pickear* hasta cumplir con la totalidad de la orden de transporte.

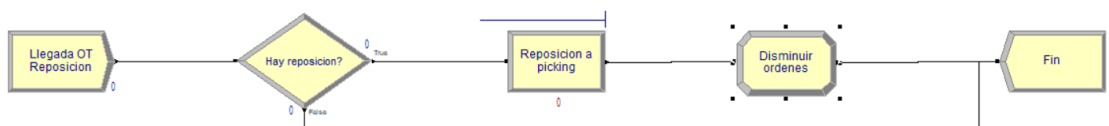
Una vez terminado el proceso de picking se procede a realizar la disminución del inventario, presente en la variable global *inventario*, y se verifica, a través de un nuevo nodo de decisión, si es necesario realizar la reposición del producto desde una ubicación de reserva. La condición de reposición actual considera que, si existen menos de 10 cajas en la ubicación de picking del producto, entonces esta ubicación es reabastecida, a partir de un módulo de asignación que suma la cantidad traída desde la reserva con la existente en la ubicación de picking. Además, este módulo de asignación indica al proceso de reabastecimiento que es necesario implementar una reposición, levantando una alerta que habilita la llegada de una orden de transporte a los trabajadores de las grúas, quienes realizan la reposición (lo cual se detalla más adelante).

Es importante destacar que existe un módulo de decisión que verifica que la cantidad de productos solicitados cuente con stock disponible en la ubicación de picking del producto asignado, donde si no se cumple la condición, entonces se *pickea* solamente la cantidad disponible hasta ese momento, y se procede al reabastecimiento de la ubicación desde su reserva.

Una vez que se procesen todos los productos a *pickear*, el proceso culmina con el trabajador de picking entregando el pallet en la loza de despacho, liberando así el recurso del trabajador, y dejándolo disponible para su uso en una nueva orden de transporte.

Luego, se procede a ejecutar el modelo en su totalidad, considerando como supuesto principal que el abastecimiento de los pallets desde las ubicaciones de reserva se ejecuta de manera óptima, es decir, siempre hay existencias de reserva para las ubicaciones de picking. Lo anterior se justifica debido a que actualmente el proceso de abastecimiento por parte de los proveedores no presenta quiebres recurrentes, por lo que al asumir este supuesto se simplifica la programación del modelo, que, al no sufrir quiebres de manera recurrente, no se aleja de la realidad.

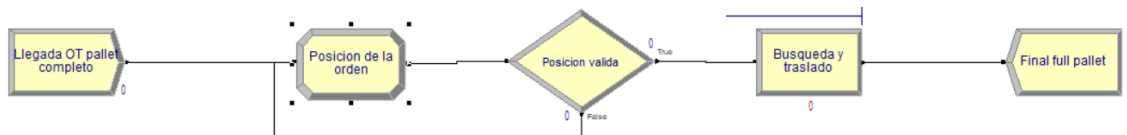
Dentro del modelo implementado ocurren 2 procesos, además del proceso principal, en simultaneo a las labores de picking. El primero es el proceso de reabastecimiento de productos desde la reserva, donde si un producto presenta un quiebre de stock en su ubicación o presenta una cantidad menor a 10 cajas en su pallet (criterio utilizado actualmente dentro del proceso empírico), entonces se reabastece la ubicación desde la zona de reservas, aumentando así el stock disponible para el picking.



**Figura 10: Proceso de reposición de ubicaciones de picking**

Así entonces, la implementación del proceso de reabastecimiento es el mostrado en la figura anterior, donde se inicia a partir de la llegada de una orden de reposición, para luego verificar si hay existencias en la reserva (que por defecto esta fijado en que si existen), posteriormente se realiza la reposición utilizando el recurso *grueros*, culminando el proceso al dar aviso que la ubicación ya fue repuesta con productos desde la reserva.

El segundo proceso es la utilización de grúas para mover pedidos de pallets completos desde la reserva, los cuales presentan un arribo de orden de transporte simulado a través de una variable aleatoria exponencial con tasa entre llegadas de 2 minutos con 30 segundos, para lo cual también se utiliza el recurso de grúas.



**Figura 11: Proceso de traslado de pallet completo a despacho desde ubicación de reserva**

Luego, tal y como se muestra en la figura anterior, se tiene que el proceso comienza con la llegada de la orden de transporte correspondiente, para luego buscar el producto solicitado en la reserva, verificando que hay existencias en la reserva gracias al módulo de decisión *Posición válida*, para finalmente ejecutar la búsqueda y el posterior traslado del pallet a su ubicación en la loza de despacho.

### **XIII.I.II. Diferencias implementadas en los modelos de simulación para los casos 1 al 3**

Para llevar a cabo la simulación de los primeros 3 modelos propuestos, es necesario agregar variables globales al sistema que hagan alusión a las ubicaciones de segundo nivel generadas, a partir de la cantidad de pasillos intervenidos, según el modelo que se desea implementar. Estas variables se denominan *inventario baja rotación* y *reserva baja rotación*.

Así, se tiene que el proceso modelado presenta bastantes similitudes entre los casos a implementar, y solo varían en la cantidad de ubicaciones en segundo nivel generadas y la proporción en la solicitud de picking para productos de baja rotación.

Esta diferencia en la proporción de solicitudes de picking de productos de baja rotación nace a partir del análisis empírico de las ordenes de transporte, donde se buscó identificar qué porcentaje promedio, de los productos *pickeados* en cada orden de transporte, corresponde a productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, a partir del modelo que se está estudiando.

Así entonces, el análisis realizado presenta la siguiente distribución.

- Para el primer estimador de rotación (caso de simulación 1), aproximadamente el 13% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.
- Para el segundo estimador de rotación (caso de simulación 2), aproximadamente el 7% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.
- Para el tercer estimador de rotación (caso de simulación 3), aproximadamente el 4% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.

Dicho lo anterior, se tiene que el proceso de simulación se implementa de la misma manera que en el apartado anterior para aquellos productos que son catalogados como de alta rotación, a partir del estimador de rotación utilizado en cada modelo.

Ahora bien, en caso de que el producto a *pickear*, seleccionado aleatoriamente, sea uno de baja rotación, entonces se presenta una nueva sección (presente en todas las áreas de picking) la que considera los tiempos de ejecución propios del picking en segundo nivel (obtenidos a partir del análisis del proceso de picking del centro de distribución de Coquimbo).

Así entonces, el proceso simulado considera un nuevo nodo de decisión (presente en todas las áreas de picking) a partir del cual se asigna con cierta probabilidad (87% en caso de que se esté trabajando en el primer modelo de simulación, 93% en el segundo y 96% en el tercero) que el siguiente producto a *pickear* se encuentra en ubicaciones de alta rotación, y por defecto, en caso de asignarse lo contrario, entonces el proceso es dirigido hacia esta nueva sección (también presente en todas las áreas de picking), donde se lleva a cabo el proceso de picking en altura.

Luego, se tiene que el proceso de picking en altura comienza con la asignación aleatoria del pasillo, la posición y la cantidad de cajas a *pickear* para el producto que está siendo procesado (las distribuciones de probabilidad de estas asignaciones son las mismas que las presentadas en el primer apartado de esta sección).

Posteriormente, se implementa el proceso de picking en altura, cuyo tiempo de ejecución depende de la cantidad de cajas que se necesiten *pickear*.

Finalmente, tal y como sucede para los casos de alta rotación, el proceso culmina con la disminución de la variable global *inventario baja rotación*, en la posición

asignada aleatoriamente, a partir de la cantidad de cajas *pickeadas*, para posteriormente consultar si es necesario implementar una reposición en la ubicación (en este caso la condición de reabastecimiento es presentar un mínimo de 7 cajas disponibles en la ubicación de picking).

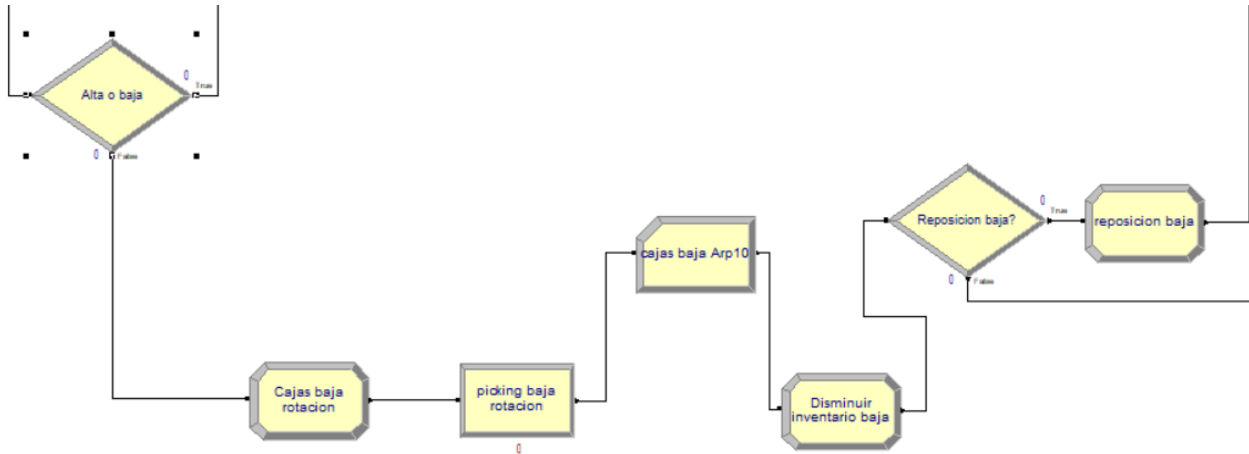


Figura 12: Proceso de picking de baja rotación, segundo nivel de altura, rack tipo 1

Al finalizar el proceso de picking del producto de baja rotación, se procede a verificar si existen más productos en la orden de transporte. En caso de no presentar más productos, se procede a finalizar la orden trasladando el pallet a su ubicación en la loza de despacho, y, en cambio, si existen más productos a *pickear* en la orden de transporte, se debe volver a consultar si su asignación aleatoria es hacia un producto de alta o baja rotación, repitiendo el ciclo del proceso hasta no presentar más productos a *pickear*.

### **XIII.I.III. Diferencias implementadas en los modelo de simulación para los casos 4 al 6**

Al recordar las principales diferencias entre los casos 1, 2 y 3 con respecto a los casos 4, 5 y 6 respectivamente, se tiene que la única variable modificada es el tipo de rack implementado, donde para los casos 4, 5 y 6 se utiliza el rack tipo 2, lo que representa un total de 3 ubicaciones de picking de productos de baja rotación (dos en el nivel inferior y una en el segundo nivel del rack) donde actualmente solo existe una ubicación de picking de alta rotación.

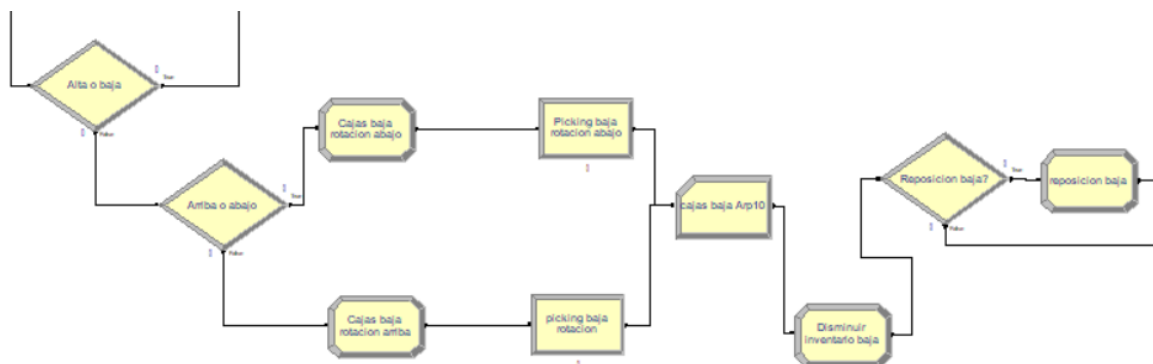
Dicho lo anterior se tiene que, para la implementación de estos modelos de simulación, también se generan las variables globales *inventario baja rotación* y *reserva baja rotación*, las cuales representan las nuevas ubicaciones de productos generadas a partir de la modificación del tipo de rack, en los pasillos intervenidos.

Además, dada la aplicación de los estimadores de rotación, se tiene que la proporción de solicitudes de picking de productos de baja rotación es la misma que en el análisis del apartado anterior, esto pues se consideran los mismos estimadores de rotación, los cuales generan los mismos productos candidatos a ser trabajados bajo una configuración de medio pallet. Estas proporciones son:

- Para el primer estimador de rotación (caso de simulación 4), aproximadamente el 13% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.
- Para el segundo estimador de rotación (caso de simulación 5), aproximadamente el 7% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.
- Para el tercer estimador de rotación (caso de simulación 6), aproximadamente el 4% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.

Así entonces, se tiene que la principal diferencia en la implementación de estos modelos de simulación, respecto a los presentados en el apartado anterior, se encuentra en la adición de un nuevo nodo de decisión, el cual se ubica por delante del nodo que asigna si el producto a *pickear* es de alta o baja rotación.

Luego, una vez que el producto es asignado al sector de baja rotación, entonces se procede a realizar una nueva asignación, donde se identifica si el producto a pickear se encuentra en el segundo nivel o en el primer nivel del rack, esto debido a que los tiempos de ejecución en el picking de productos varían dependiendo de la altura en la que se encuentre el pallet.



**Figura 13: Proceso de picking de baja rotación, primer y segundo nivel de altura, rack tipo 2**

Así, tal y como se enseña en la figura anterior, el proceso es exactamente el mismo sin importar la ubicación del picking, pues para el programa de simulación solo varían los tiempos de ejecución. Ahora bien, la probabilidad de que el producto asignado se encuentre en el nivel superior del rack es de un 33,3%, y a su vez, la probabilidad de que el producto se encuentre en alguno de los dos niveles inferiores de picking es de un 66,6%.

Una vez asignada la ubicación final de picking del producto, se procede a ejecutar el proceso de *pick*eo, donde, en caso de ser asignado a alguno de los dos niveles inferiores, entonces los tiempos de picking son los mismos que los utilizados para llevar a cabo la implementación de la simulación de la situación actual. Por el contrario, en caso de que se asigne una ubicación de picking en el segundo nivel del rack, entonces los tiempos de ejecución del proceso de picking, por caja, serán los utilizados para el caso expuesto en el apartado anterior, a partir de la información obtenida gracias al estudio de la operación del centro de distribución de Coquimbo.

Luego, el resto del proceso es exactamente el mismo que el analizado para los casos 1, 2 y 3 de simulación.

#### **XIII.I.IV. Diferencias implementadas en los modelo de simulación para los casos 7 al 9**

Ahora bien, para la implementación de los últimos 3 modelos de simulación se tiene que, a diferencia de los casos anteriores, estos modelos presentan la eliminación del sórter de flujo continuo y la posibilidad de incluir nuevos pasillos de racks a la operación, además de incluir 5.070 productos al análisis de rotación, provenientes desde flujo continuo.

Así entonces, el número de pasillos existente en las variables de inventario y reserva aumentan considerablemente, bajo la inclusión de 9,5 pasillos extra. Estos pasillos son asignados a las áreas de transporte bajo la misma proporción existente actualmente en la asignación de pasillos del sector de picking tradicional, la cual indica que aproximadamente el 50% de los pasillos pertenecen al área de picking 10, el 37% pertenecen al área de picking 11 y solo el 13% corresponde al área de picking 12. Dicho esto, la distribución en los nuevos pasillos es la siguiente:

- 5 pasillos serán asignados al área de picking 10, para productos catalogados como abarrotos.
- 3 pasillos serán asignados al área de picking 11, para productos catalogados como limpieza.



- 1,5 pasillos serán asignados al área de picking 12, para productos catalogados como Non food.

Luego, para los 4.700 productos provenientes desde picking tradicional, presentes en modelos anteriores, se tiene que su proceso se llevará a cabo de la misma manera en la que se implementó anteriormente, sin sufrir ningún tipo de cambio. Para aplicar lo anterior, es necesario identificar cuales son sus variables modificables, lo que indicará a partir de qué modelo basarse para implementar las simulaciones. Así, se tiene que:

- Modelo 7: Se utiliza el primer estimador de rotación y el rack tipo 1, por lo que para los 4.700 productos de picking tradicional se utiliza el modelo implementado para el caso 1 de simulación.
- Modelo 8: Se utiliza el segundo estimador de rotación y el rack tipo 1, por lo que para los 4.700 productos de picking tradicional se utiliza el modelo implementado para el caso 2 de simulación.
- Modelo 9: Se utiliza el primer estimador de rotación y el rack tipo 2, por lo que para los 4.700 productos de picking tradicional se utiliza el modelo implementado para el caso 4 de simulación.

Luego, para llevar a cabo la simulación del proceso de picking para los 5.070 productos nuevos, se implementa una nueva operación, con su propio módulo *create*, a partir del cual se presentan las llegadas de órdenes de transporte que, en condiciones normales, serían procesadas en el sórter.

Dicho lo anterior, se tiene que la distribución empírica de las variables que componen la orden de transporte presentan valores diferentes a los analizados anteriormente, principalmente enfocados en órdenes con un menor número de productos a *pickear*, pero con un mayor volumen promedio de cajas transferidas por productos.

Así, la distribución para la cantidad de productos asignados por orden de transporte no presenta subgrupos en su composición, sino que se tiene un mínimo de 1 producto y un máximo de 5 por orden de transporte, cuya probabilidad de ocurrencia (basado en el análisis observable de los últimos 2 años de operación) se define en el primer apartado de la sección II del presente anexo (tabla sórter).

Por su parte, la asignación aleatoria de la cantidad de cajas a *pickear* por producto presenta nuevamente un análisis por subgrupos, debido a que se presenta un mayor número de opciones asignables para este valor. Al analizar el subgrupo indicado para la asignación de la cantidad de cajas se tiene que, para este caso, se trabajará a partir de subgrupos de tamaño 5, debido a la similitud entre las probabilidades de ocurrencia dentro del subgrupo, tal y como se explicó en apartados anteriores. Luego la distribución de probabilidad empírica en la asignación de la cantidad de

cajas a *pickear* para un producto proveniente desde flujo continuo se encuentra en la en el segundo apartado de la sección II del presente anexo (tabla sórter), donde para el subgrupo “>75” también se implementó la aproximación al entero más cercano a partir de una distribución exponencial, cuya media se encuentra también en la tabla del anexo.

Posteriormente, una vez conocidas las variables de distribución empíricas para los productos provenientes desde el sector de flujo continuo, se procede a implementar el mismo flujo de trabajo, modelado en los apartados anteriores.

Para las ordenes de transporte de los productos de flujo continuo, se tiene que se modela su llegada a partir de una distribución exponencial, cuyos tiempos entre llegadas son de 1,6 minutos promedio.

Posteriormente, se procede a asignar la cantidad de productos a *pickear* por la orden de transporte que está siendo procesada, a partir de un módulo *assign*. Luego, se procede a tomar el trabajador que ejecutará la labor de picking, para posteriormente, a través de un nodo de decisión, identificar si el producto a *pickear* es de alta o baja rotación (identificando así si es necesario realizar el picking en el primer nivel o en altura). La decisión anterior presenta una modificación importante respecto a los modelos anteriores, pues se presenta que la proporción de solicitudes de productos de baja rotación es la siguiente:

- Para el primer estimador de rotación (casos de simulación 7 y 9), aproximadamente el 30% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.
- Para el segundo estimador de rotación (caso de simulación 8), aproximadamente el 23% de los productos *pickeados* en una orden de transporte cualquiera, son productos candidatos a disminuir el tamaño de su paletizado, es decir, de baja rotación.

Es necesario recordar que en la implementación del modelo de simulación número 9 se considera el rack tipo 2, por lo que posterior a la decisión mencionada previamente, la cual asigna si el producto a *pickear* es de alta o baja rotación, existe una nueva decisión, la cual asigna si el producto de baja rotación a *pickear* se encuentra en el primer o segundo nivel del rack, presentando distintos tiempos de ejecución para estos casos.

Finalmente, el resto del proceso para los productos de flujo continuo se desarrolla de la misma manera que lo expuesto en los modelos anteriores, es decir, se ejecuta la labor de picking, se descuenta la cantidad *pickeada* desde el inventario, y luego se verifica si es necesario realizar una reposición desde la reserva, para finalmente consultar si existen productos restantes a *pickear* en la orden de transporte, repitiendo el proceso en caso de que sea necesario.

## XIII.II. TABLAS

### 1. Distribuciones de probabilidad empírica para la asignación de productos por orden de transporte, según ArP.

- Área de picking 10.

<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>
Entre 1 y 5	17%	Entre 36 y 40	7%
Entre 6 y 10	11%	Entre 41 y 45	6%
Entre 11 y 15	10%	Entre 46 y 50	5%
Entre 16 y 20	9%	Entre 51 y 55	4%
Entre 21 y 25	8%	Entre 56 y 60	5%
Entre 26 y 30	8%	Entre 61 y 65	4%
Entre 31 y 35	8%		

- Área de picking 11.

<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>
Entre 1 y 5	25%	Entre 36 y 40	6%
Entre 6 y 10	10%	Entre 41 y 45	5%
Entre 11 y 15	9%	Entre 46 y 50	6%
Entre 16 y 20	8%	Entre 51 y 55	5%
Entre 21 y 25	7%	Entre 56 y 60	3%
Entre 26 y 30	8%	Entre 61 y 65	2%
Entre 31 y 35	7%		

- **Área de picking 103.**

<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>
Entre 1 y 5	28%	Entre 36 y 40	3%
Entre 6 y 10	17%	Entre 41 y 45	1%
Entre 11 y 15	19%		
Entre 16 y 20	13%		
Entre 21 y 25	11%		
Entre 26 y 30	6%		
Entre 31 y 35	2%		

- **Área de picking 12.**

<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>
Entre 1 y 5	86%
Entre 6 y 10	10%
Entre 11 y 15	3%
Entre 16 y 20	1%

- **Sórter.**

<b>Cantidad productos</b>	<b>Probabilidad</b>
1	71%
2	8%
3	7%
4	6%
5	9%

2. Distribuciones de probabilidad empírica para la asignación de cajas por producto, según ArP.

- Área de picking 10.

Cantidad de cajas	Porcentaje	
1-3 cajas	86%	
4-6 cajas	8%	
7-10 cajas	4%	<b>Media</b>
>10	2%	18,3

- Área de picking 11

Cantidad de cajas	Porcentaje	
1-3 cajas	92%	
4-6 cajas	6%	
7-10 cajas	1%	<b>Media</b>
>10	1%	15,1

- Área de picking 12

Cantidad de cajas	Porcentaje	
1-3 cajas	92%	
4-6 cajas	5%	
7-10 cajas	2%	<b>Media</b>
>10	1%	17,1

- Área de picking 103.

Cantidad de cajas	Porcentaje	
1-3 cajas	84%	
4-6 cajas	9%	
7-10 cajas	4%	<b>Media</b>
>10	4%	24,3

- Sórter.

Cantidad cajas	Probabilidad	Cantidad cajas	Probabilidad	
Entre 1 y 5	36,5%	Entre 46 y 50	2%	
Entre 6 y 10	16%	Entre 51 y 55	1%	
Entre 11 y 15	10%	Entre 56 y 60	2%	
Entre 16 y 20	8%	Entre 61 y 65	2%	
Entre 21 y 25	6%	Entre 66 y 70	1%	
Entre 26 y 30	4%	Entre 71 y 75	1%	<b>Media</b>
Entre 31 y 35	2,5%	>75	5%	95,44
Entre 36 y 40	3%			
Entre 41 y 45	2%			

### 3. Distribución de pasillos y ubicaciones generados por área de picking.

- **Caso 1:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	7,5	1.095
ArP11 (limpieza)	5,5	803
ArP12 (non food)	2,5	365

- **Caso 2:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	3	438
ArP11 (limpieza)	4	584
ArP12 (non food)	2	292

- **Caso 3:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	2	292
ArP11 (limpieza)	3	438
ArP12 (non food)	1,5	219

- **Caso 4:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	2,5	1.095
ArP11 (limpieza)	2	876
ArP12 (non food)	1	438

- **Caso 5:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	1,5	657
ArP11 (limpieza)	1	438
ArP12 (non food)	1	438

- **Caso 6:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	1	438
ArP11 (limpieza)	1	438
ArP12 (non food)	0,5	219

- **Caso 7:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	19,5	2.847
ArP11 (limpieza)	13	1.898
ArP12 (non food)	6,5	949

- **Caso 8:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	12,5	1.825
ArP11 (limpieza)	8	1.168
ArP12 (non food)	4,5	657

- **Caso 9:**

Área de picking	Pasillos intervenidos	Ubicaciones generadas
ArP10 (abarrotes)	6,5	2.847
ArP11 (limpieza)	4,5	1.971
ArP12 (non food)	2,5	1.095

#### 4. Montos de inversión.

- **Caso 1:**

Tópico	Monto
Generación de ubicaciones	\$45.780.490
<b>Total inversión</b>	<b>\$45.780.490</b>

- **Caso 2:**

Tópico	Monto
Generación de ubicaciones	\$26.582.220
<b>Total inversión</b>	<b>\$26.582.220</b>



- **Caso 3:**

<b>Tópico</b>	<b>Monto</b>
Generación de ubicaciones	\$19.198.270
<b>Total inversión</b>	<b>\$19.198.270</b>

- **Caso 4:**

<b>Tópico</b>	<b>Monto</b>
Generación de ubicaciones	\$48.734.070
<b>Total inversión</b>	<b>\$48.734.070</b>

- **Caso 5:**

<b>Tópico</b>	<b>Monto</b>
Generación de ubicaciones	\$31.012.590
<b>Total inversión</b>	<b>\$31.012.590</b>

- **Caso 6:**

<b>Tópico</b>	<b>Monto</b>
Generación de ubicaciones	\$22.151.850
<b>Total inversión</b>	<b>\$22.151.850</b>

- **Caso 7:**

<b>Tópico</b>	<b>Monto</b>
Indemnización por despidos	\$ 504.000.000
Desarme de sórter	\$ 15.000.000
Nuevos racks	\$ 462.148.400
Generación de ubicaciones	\$ 115.189.620
<b>Total inversión</b>	<b>\$ 1.096.338.020</b>

- **Caso 8:**

<b>Tópico</b>	<b>Monto</b>
Indemnización por despidos	\$ 504.000.000
Desarme de sórter	\$ 15.000.000
Nuevos racks	\$ 462.148.400
Generación de ubicaciones	\$ 73.839.500
<b>Total inversión</b>	<b>\$ 1.054.987.900</b>

- **Caso 9:**

<b>Tópico</b>	<b>Monto</b>
Indemnización por despidos	\$ 504.000.000
Desarme de sórter	\$ 15.000.000
Nuevos racks	\$ 462.148.400
Generación de ubicaciones	\$ 119.619.990
<b>Total inversión</b>	<b>\$ 1.100.768.390</b>

**5. Proyecciones de centralización mensual a partir de estrategias de centralización proyectadas al 2023.**

- **Casos 1 y 7: Proyección a partir de meta propuesta en plan estratégico de SMU.**

	<b>Cantidad de centralización mensuales respecto al total anual</b>												
	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
<b>2021</b>	24	62	123	71	101	100	0	19	0	0	100	94	<b>694</b>
<b>2022</b>	125	118	0	85	0	79	0	0	93	144	0	164	<b>808</b>
<b>2023</b>	440	0	0	77	55	0	20	0	85	53	4	0	<b>734</b>

- **Casos 2, 3, 4 y 5: Proyección a partir de medias móviles dobles.**

<b>Cantidad de centralización mensuales respecto al total anual</b>													
	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
<b>2021</b>	12	30	59	34	49	49	0	9	0	0	46	44	<b>332</b>
<b>2022</b>	71	67	0	48	0	45	0	0	53	82	0	90	<b>456</b>
<b>2023</b>	273	0	0	47	34	0	12	0	52	33	5	0	<b>456</b>

- **Caso 6: Proyección a partir de regresión lineal.**

<b>Cantidad de centralización mensuales respecto al total anual</b>													
	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
<b>2021</b>	6	15	29	17	24	21	0	5	0	0	23	21	<b>161</b>
<b>2022</b>	42	40	0	29	0	27	0	0	32	49	0	51	<b>270</b>
<b>2023</b>	162	0	0	28	20	0	7	0	31	19	3	0	<b>270</b>

- **Casos 8 y 9: Proyección a partir del escenario actual de centralización.**

<b>Cantidad de centralización mensuales respecto al total anual</b>													
	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
<b>2021</b>	5	12	24	14	20	18	0	4	0	0	16	18	<b>131</b>
<b>2022</b>	13	12	0	9	0	8	0	0	10	12	0	14	<b>78</b>
<b>2023</b>	51	0	0	8	6	0	2	0	10	8	0	0	<b>85</b>

**6. Detalle costos contratación de personal extra debido a aumento en transferencia de cajas por día.**

Es importante mencionar que, para los casos cuyas estrategias de centralización sean las mismas, los costos percibidos respecto al aumento de personal también serán iguales, principalmente debido a que el aumento en cantidad de cajas extra transferidas es el mismo.

- **Casos 1 y 7:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Nuevas centralizaciones</b>	<b>Cajas extra por día</b>	<b>Trabajadores extra</b>	<b>Sueldo extra</b>	<b>Monto sueldos extra a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	209	2090	4	\$2.800.000	\$ 0
	Trimestre 2	272	2720	5	\$3.500.000	\$ 2.800.000
	Trimestre 3	19	190	1	\$ 700.000	\$ 6.300.000
	Trimestre 4	194	1940	4	\$2.800.000	\$ 7.000.000
2022	Trimestre 1	243	2430	5	\$3.500.000	\$ 9.800.000
	Trimestre 2	164	1640	3	\$2.100.000	\$ 13.300.000
	Trimestre 3	93	930	2	\$1.400.000	\$ 15.400.000
	Trimestre 4	308	3080	6	\$4.200.000	\$ 16.800.000
2023	Trimestre 1	440	4400	8	\$5.600.000	\$ 21.000.000
	Trimestre 2	132	1320	3	\$2.100.000	\$ 26.600.000
	Trimestre 3	105	1050	2	\$1.400.000	\$ 28.700.000
	Trimestre 4	57	570	2	\$1.400.000	\$ 30.100.000

- **Casos 2, 3, 4 y 5:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Nuevas centralizaciones</b>	<b>Cajas extra por día</b>	<b>Trabajadores extra</b>	<b>Sueldo extra</b>	<b>Monto sueldos extra a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	101	1010	2	\$1.400.000	\$ 0
	Trimestre 2	132	1320	3	\$2.100.000	\$ 1.400.000
	Trimestre 3	9	90	1	\$ 700.000	\$ 3.500.000
	Trimestre 4	90	900	2	\$1.400.000	\$ 4.200.000
2022	Trimestre 1	138	1380	3	\$2.100.000	\$ 5.600.000
	Trimestre 2	93	930	2	\$1.400.000	\$ 7.700.000
	Trimestre 3	53	530	1	\$ 700.000	\$ 9.100.000
	Trimestre 4	172	1720	4	\$2.800.000	\$ 9.800.000
2023	Trimestre 1	273	2730	5	\$3.500.000	\$12.600.000
	Trimestre 2	81	810	2	\$1.400.000	\$16.100.000
	Trimestre 3	64	640	2	\$1.400.000	\$17.500.000
	Trimestre 4	38	380	1	\$ 700.000	\$18.900.000

- **Caso 6:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Nuevas centralizaciones</b>	<b>Cajas extra por día</b>	<b>Trabajadores extra</b>	<b>Sueldo extra</b>	<b>Monto sueldos extra a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	50	500	1	\$ 700.000	\$ 0
	Trimestre 2	62	620	2	\$ 1.400.000	\$ 700.000
	Trimestre 3	5	50	1	\$ 700.000	\$ 2.100.000
	Trimestre 4	44	440	1	\$ 700.000	\$ 2.800.000
2022	Trimestre 1	82	820	2	\$ 1.400.000	\$ 3.500.000
	Trimestre 2	56	560	2	\$ 1.400.000	\$ 4.900.000
	Trimestre 3	32	320	1	\$ 700.000	\$ 6.300.000
	Trimestre 4	100	1000	2	\$ 1.400.000	\$ 7.000.000
2023	Trimestre 1	162	1620	3	\$ 2.100.000	\$ 8.400.000
	Trimestre 2	48	480	1	\$ 700.000	\$10.500.000
	Trimestre 3	38	380	1	\$ 700.000	\$11.200.000
	Trimestre 4	22	220	1	\$ 700.000	\$11.900.000

- **Casos 8 y 9:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Nuevas centralizaciones</b>	<b>Cajas extra por día</b>	<b>Trabajadores extra</b>	<b>Sueldo extra</b>	<b>Monto sueldos extra a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	41	410	1	\$ 700.000	\$ 0
	Trimestre 2	52	520	1	\$ 700.000	\$ 700.000
	Trimestre 3	4	40	1	\$ 700.000	\$1.400.000
	Trimestre 4	34	340	1	\$ 700.000	\$2.100.000
2022	Trimestre 1	25	250	1	\$ 700.000	\$2.800.000
	Trimestre 2	17	170	1	\$ 700.000	\$3.500.000
	Trimestre 3	10	100	1	\$ 700.000	\$4.200.000
	Trimestre 4	26	260	1	\$ 700.000	\$4.900.000
2023	Trimestre 1	51	510	1	\$ 700.000	\$5.600.000
	Trimestre 2	14	140	1	\$ 700.000	\$6.300.000
	Trimestre 3	12	120	1	\$ 700.000	\$7.000.000
	Trimestre 4	8	80	1	\$ 700.000	\$7.700.000

### **7. Detalle costos arriendo de nuevas unidades de transporte para la operación.**

Para el cálculo de costos respecto al arriendo de unidades de transporte se tiene que este presenta diferentes valores para todos los casos de simulación analizados, a pesar de que los casos presenten la misma proyección en sus centralizaciones. Lo anterior se debe a que la cantidad inicial de trabajadores por turno es diferente para cada caso, pues viene dada a partir de la suma de los 30 trabajadores por turno de la simulación, más la cantidad de trabajadores extra necesarios para contrarrestar la pérdida de productividad medida en cajas por hora hombre (dividido en los 3 turnos correspondientes).

- **Caso 1:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	33	48	2	\$ 843.523	\$ 0
	Trimestre 2	34	49	1	\$ 421.762	\$ 843.523
	Trimestre 3	36	51	2	\$ 843.523	\$ 1.265.285
	Trimestre 4	36	51	0	\$ 0	\$ 2.108.808
2022	Trimestre 1	38	53	2	\$ 843.523	\$ 2.108.808
	Trimestre 2	39	54	1	\$ 421.762	\$ 2.952.331
	Trimestre 3	40	55	1	\$ 421.762	\$ 3.374.092
	Trimestre 4	41	56	1	\$ 421.762	\$ 3.795.854
2023	Trimestre 1	43	58	2	\$ 843.523	\$ 4.217.615
	Trimestre 2	46	61	3	\$ 1.265.285	\$ 5.061.138
	Trimestre 3	47	62	1	\$ 421.762	\$ 6.326.423
	Trimestre 4	47	62	0	\$ 0	\$ 6.748.184

- **Caso 2:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	31	46	0	\$ 0	\$ 0
	Trimestre 2	32	47	1	\$ 421.762	\$ 0
	Trimestre 3	33	48	1	\$ 421.762	\$ 421.762
	Trimestre 4	33	48	0	\$ 0	\$ 843.523
2022	Trimestre 1	34	49	1	\$ 421.762	\$ 843.523
	Trimestre 2	35	50	1	\$ 421.762	\$ 1.265.285
	Trimestre 3	36	51	1	\$ 421.762	\$ 1.687.046
	Trimestre 4	36	51	0	\$ 0	\$ 2.108.808
2023	Trimestre 1	37	52	1	\$ 421.762	\$ 2.108.808
	Trimestre 2	39	54	2	\$ 843.523	\$ 2.530.569
	Trimestre 3	40	55	1	\$ 421.762	\$ 3.374.092
	Trimestre 4	40	55	0	\$ 0	\$ 3.795.854

- **Caso 3:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	31	46	0	\$ 0	\$ 0
	Trimestre 2	32	47	1	\$ 421.762	\$ 0
	Trimestre 3	33	48	1	\$ 421.762	\$ 421.762
	Trimestre 4	33	48	0	\$ 0	\$ 843.523
2022	Trimestre 1	34	49	1	\$ 421.762	\$ 843.523
	Trimestre 2	35	50	1	\$ 421.762	\$1.265.285
	Trimestre 3	35	50	0	\$ 0	\$1.687.046
	Trimestre 4	36	51	1	\$ 421.762	\$1.687.046
2023	Trimestre 1	37	52	1	\$ 421.762	\$2.108.808
	Trimestre 2	39	54	2	\$ 843.523	\$2.530.569
	Trimestre 3	39	54	0	\$ 0	\$3.374.092
	Trimestre 4	40	55	1	\$ 421.762	\$3.374.092

- **Caso 4:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	33	48	2	\$ 843.523	\$ 0
	Trimestre 2	33	48	0	\$ 0	\$ 843.523
	Trimestre 3	34	49	1	\$ 421.762	\$ 843.523
	Trimestre 4	35	50	1	\$ 421.762	\$1.265.285
2022	Trimestre 1	35	50	0	\$ 0	\$1.687.046
	Trimestre 2	36	51	1	\$ 421.762	\$1.687.046
	Trimestre 3	37	52	1	\$ 421.762	\$2.108.808
	Trimestre 4	37	52	0	\$ 0	\$2.530.569
2023	Trimestre 1	39	54	2	\$ 843.523	\$2.530.569
	Trimestre 2	40	55	1	\$ 421.762	\$3.374.092
	Trimestre 3	41	56	1	\$ 421.762	\$3.795.854
	Trimestre 4	42	57	1	\$ 421.762	\$4.217.615



- **Caso 5:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	31	46	0	\$ 0	\$ 0
	Trimestre 2	32	47	1	\$ 421.762	\$ 0
	Trimestre 3	33	48	1	\$ 421.762	\$ 421.762
	Trimestre 4	33	48	0	\$ 0	\$ 843.523
2022	Trimestre 1	34	49	1	\$ 421.762	\$ 843.523
	Trimestre 2	35	50	1	\$ 421.762	\$1.265.285
	Trimestre 3	36	51	1	\$ 421.762	\$1.687.046
	Trimestre 4	36	51	0	\$ 0	\$2.108.808
2023	Trimestre 1	37	52	1	\$ 421.762	\$2.108.808
	Trimestre 2	39	54	2	\$ 843.523	\$2.530.569
	Trimestre 3	40	55	1	\$ 421.762	\$3.374.092
	Trimestre 4	40	55	0	\$ 0	\$3.795.854

- **Caso 6:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	31	46	0	\$ 0	\$ 0
	Trimestre 2	31	46	0	\$ 0	\$ 0
	Trimestre 3	32	47	1	\$421.762	\$ 0
	Trimestre 4	32	47	0	\$ 0	\$ 421.762
2022	Trimestre 1	32	47	0	\$ 0	\$ 421.762
	Trimestre 2	33	48	1	\$421.762	\$ 421.762
	Trimestre 3	34	49	1	\$421.762	\$ 843.523
	Trimestre 4	34	49	0	\$ 0	\$1.265.285
2023	Trimestre 1	35	50	1	\$421.762	\$1.265.285
	Trimestre 2	36	51	1	\$421.762	\$1.687.046
	Trimestre 3	36	51	0	\$ 0	\$2.108.808
	Trimestre 4	36	51	0	\$ 0	\$2.108.808

- **Caso 7:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	33	48	2	\$ 843.523	\$ 0
	Trimestre 2	34	49	1	\$ 421.762	\$ 843.523
	Trimestre 3	36	51	2	\$ 843.523	\$ 1.265.285
	Trimestre 4	36	51	0	\$ 0	\$ 2.108.808
2022	Trimestre 1	38	53	2	\$ 843.523	\$ 2.108.808
	Trimestre 2	39	54	1	\$ 421.762	\$ 2.952.331
	Trimestre 3	40	55	1	\$ 421.762	\$ 3.374.092
	Trimestre 4	41	56	1	\$ 421.762	\$ 3.795.854
2023	Trimestre 1	43	58	2	\$ 843.523	\$ 4.217.615
	Trimestre 2	46	61	3	\$ 1.265.285	\$ 5.061.138
	Trimestre 3	47	62	1	\$ 421.762	\$ 6.326.423
	Trimestre 4	47	62	0	\$ 0	\$ 6.748.184

- **Caso 8:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	33	48	2	\$843.523	\$ 0
	Trimestre 2	33	48	0	\$ 0	\$ 843.523
	Trimestre 3	33	48	0	\$ 0	\$ 843.523
	Trimestre 4	34	49	1	\$421.762	\$ 843.523
2022	Trimestre 1	34	49	0	\$ 0	\$1.265.285
	Trimestre 2	34	49	0	\$ 0	\$1.265.285
	Trimestre 3	35	50	1	\$421.762	\$1.265.285
	Trimestre 4	35	50	0	\$ 0	\$1.687.046
2023	Trimestre 1	35	50	0	\$ 0	\$1.687.046
	Trimestre 2	36	51	1	\$421.762	\$1.687.046
	Trimestre 3	36	51	0	\$ 0	\$2.108.808
	Trimestre 4	36	51	0	\$ 0	\$2.108.808

- **Caso 9:**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	33	48	2	\$843.523	\$ 0
	Trimestre 2	33	48	0	\$ 0	\$ 843.523
	Trimestre 3	34	49	1	\$421.762	\$ 843.523
	Trimestre 4	34	49	0	\$ 0	\$1.265.285
2022	Trimestre 1	34	49	0	\$ 0	\$1.265.285
	Trimestre 2	35	50	1	\$421.762	\$1.265.285
	Trimestre 3	35	50	0	\$ 0	\$1.687.046
	Trimestre 4	35	50	0	\$ 0	\$1.687.046
2023	Trimestre 1	36	51	1	\$421.762	\$1.687.046
	Trimestre 2	36	51	0	\$ 0	\$2.108.808
	Trimestre 3	36	51	0	\$ 0	\$2.108.808
	Trimestre 4	37	52	1	\$421.762	\$2.108.808

### 8. Detalle ingreso percibido por venta residual del sórter.

<b>Estructura</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Fecha capitalización</b>	<b>Capitalización inicial</b>	<b>Amortización</b>	<b>Valor actual</b>
Plataforma metálica	10	09-06-2015	\$ 490.001	\$ -249.083	\$ 240.918
Cinta transportadora	20	30-09-2012	\$ 2.555.026	\$ -1.000.717	\$ 1.554.309
Baranda protección	5	30-06-2011	\$ 384.000	\$ -364.800	\$ 19.200
Sistema de clasificación	10	30-06-2011	\$ 525.336.452	\$-472.802.807	\$ 52.533.645
Sistema de clasificación	10	09-06-2011	\$ 176.263.304	\$-151.405.659	\$ 24.857.645
Líneas de salida	10	31-05-2017	\$ 76.832.954	\$ -24.330.434	\$ 52.502.520
<b>Total</b>					<b>\$131.708.237</b>

## 9. Detalle ingresos percibido por centralizaciones.

Tal y como sucede en gran parte de los análisis anteriores, los ingresos percibidos por la proyección de las centralizaciones son iguales para aquellos modelos que presentan la misma asignación de su estrategia proyectada.

- **Casos 1 y 7:**
  - Año 2021: 694 Productos centralizados.

Productos	Porcentaje centralización	Productos centralizados	Productos acumulados	Ingresos
Enero	3%	24	24	\$1.601.832
Febrero	9%	62	86	\$5.739.898
Marzo	18%	123	209	\$13.949.287
Abril	10%	71	280	\$18.688.040
Mayo	15%	101	381	\$25.429.083
Junio	15%	100	481	\$32.103.383
Julio	0%	0	481	\$32.103.383
Agosto	3%	19	500	\$33.371.500
Septiembre	0%	0	500	\$33.371.500
Octubre	0%	0	500	\$33.371.500
Noviembre	15%	100	600	\$40.045.800
Diciembre	14%	94	694	\$46.319.642
			<b>Ingresos totales</b>	<b>\$316.094.848</b>

- Año 2022: 808 Productos centralizados.

Productos	Porcentaje centralización	Productos centralizados	Productos acumulados	Ingresos
Enero	15%	125	125	\$8.342.875
Febrero	15%	118	243	\$16.218.549
Marzo	0%	0	243	\$16.218.549
Abril	10%	85	328	\$ 21.891.704
Mayo	0%	0	328	\$21.891.704
Junio	10%	79	407	\$27.164.401
Julio	0%	0	407	\$27.164.401
Agosto	0%	0	407	\$27.164.401
Septiembre	12%	93	500	\$33.371.500
Octubre	18%	144	644	\$42.982.492
Noviembre	0%	0	644	\$42.982.492
Diciembre	20%	164	808	\$53.928.344
			<b>Ingreso nuevas centralizaciones</b>	<b>\$339.321.412</b>
			<b>Ingreso total anual</b>	<b>\$895.157.116</b>

- Año 2023: 734 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	60%	440	440	\$29.366.920
Febrero	0%	0	440	\$29.366.920
Marzo	0%	0	440	\$29.366.920
Abril	11%	77	517	\$34.506.131
Mayo	8%	55	572	\$38.176.996
Junio	0%	0	572	\$38.176.996
Julio	3%	20	592	\$39.511.856
Agosto	0%	0	592	\$39.511.856
Septiembre	11%	85	677	\$45.185.011
Octubre	7%	53	730	\$48.722.390
Noviembre	0%	4	734	\$48.989.362
Diciembre	0%	0	734	\$48.989.362
<b>Ingreso nuevas centralizaciones</b>				<b>\$469.870.720</b>
<b>Ingreso total anual</b>				<b>\$1.672.846.552</b>

- **Casos 2, 3, 4 y 5:**

- Año 2021: 332 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	3%	12	12	\$800.916
Febrero	9%	30	42	\$2.803.206
Marzo	18%	59	101	\$6.741.043
Abril	10%	34	135	\$9.010.305
Mayo	15%	49	184	\$12.280.712
Junio	15%	49	233	\$15.551.119
Julio	0%	0	233	\$15.551.119
Agosto	3%	9	242	\$16.151.806
Septiembre	0%	0	242	\$16.151.806
Octubre	0%	0	242	\$16.151.806
Noviembre	15%	46	288	\$19.221.984
Diciembre	14%	44	332	\$22.158.676
<b>Ingresos totales</b>				<b>152.574.498</b>

- Año 2022: 456 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	15%	71	71	\$4.738.753
Febrero	15%	67	138	\$9.210.534
Marzo	0%	0	138	\$9.210.534
Abril	10%	48	186	\$12.414.198
Mayo	0%	0	186	\$12.414.198
Junio	10%	45	231	\$15.417.633
Julio	0%	0	231	\$15.417.633
Agosto	0%	0	231	\$15.417.633
Septiembre	12%	53	284	\$18.955.012
Octubre	18%	82	366	\$24.427.938
Noviembre	0%	0	366	\$24.427.938
Diciembre	20%	90	456	\$30.434.808
			<b>Ingresos año</b>	<b>192.486.812</b>
			<b>Ingreso total anual</b>	<b>\$895.157.116</b>

- Año 2023: 456 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	60%	273	273	\$ 18.220.839
Febrero	0%	0	273	\$ 18.220.839
Marzo	0%	0	273	\$ 18.220.839
Abril	11%	47	320	\$ 21.357.760
Mayo	8%	34	354	\$ 23.627.022
Junio	0%	0	354	\$ 23.627.022
Julio	3%	12	366	\$ 24.427.938
Agosto	0%	0	366	\$ 24.427.938
Septiembre	11%	52	418	\$ 27.898.574
Octubre	7%	33	451	\$ 30.101.093
Noviembre	0%	5	456	\$ 30.434.808
Diciembre	0%	0	456	\$ 30.434.808
			<b>Ingresos año</b>	<b>\$290.999.480</b>
			<b>Ingresos total anual</b>	<b>\$922.121.288</b>

- **Caso 6:**

- Año 2021: 161 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	3%	6	6	\$ 400.458
Febrero	9%	15	21	\$ 1.401.603
Marzo	18%	29	50	\$ 3.337.150
Abril	10%	17	67	\$ 4.471.781
Mayo	15%	24	91	\$ 6.073.613
Junio	15%	21	112	\$ 7.475.216
Julio	0%	0	112	\$ 7.475.216
Agosto	3%	5	117	\$ 7.808.931
Septiembre	0%	0	117	\$ 7.808.931
Octubre	0%	0	117	\$ 7.808.931
Noviembre	15%	23	140	\$ 9.344.020
Diciembre	14%	21	161	\$10.745.623
			<b>Ingresos totales</b>	<b>\$74.151.473</b>

- Año 2022: 270 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	15%	42	42	\$2.803.206
Febrero	15%	40	82	\$5.472.926
Marzo	0%	0	82	\$5.472.926
Abril	10%	29	111	\$7.408.473
Mayo	0%	0	111	\$7.408.473
Junio	10%	27	138	\$9.210.534
Julio	0%	0	138	\$9.210.534
Agosto	0%	0	138	\$9.210.534
Septiembre	12%	32	170	\$11.346.310
Octubre	18%	49	219	\$14.616.717
Noviembre	0%	0	219	\$14.616.717
Diciembre	20%	51	270	\$18.020.610
			<b>Ingresos año</b>	<b>114.797.960</b>
			<b>Ingresos total anual</b>	<b>243.745.436</b>

- Año 2023: 270 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	60%	162	162	\$ 10.812.366
Febrero	0%	0	162	\$ 10.812.366
Marzo	0%	0	162	\$ 10.812.366
Abril	11%	28	190	\$ 12.681.170
Mayo	8%	20	210	\$ 14.016.030
Junio	0%	0	210	\$ 14.016.030
Julio	3%	7	217	\$ 14.483.231
Agosto	0%	0	217	\$ 14.483.231
Septiembre	11%	31	248	\$ 16.552.264
Octubre	7%	19	267	\$ 17.820.381
Noviembre	0%	3	270	\$ 18.020.610
Diciembre	0%	0	270	\$ 18.020.610
			<b>Ingresos año</b>	<b>\$172.530.655</b>
			<b>Ingresos total anual</b>	<b>\$517.725.451</b>

- **Casos 8 y 9:**

- Año 2021: 131 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	3%	5	5	\$ 333.715
Febrero	9%	12	17	\$ 1.134.631
Marzo	18%	24	41	\$ 2.736.463
Abril	10%	14	55	\$ 3.670.865
Mayo	15%	20	75	\$ 5.005.725
Junio	15%	18	93	\$ 6.207.099
Julio	0%	0	93	\$ 6.207.099
Agosto	3%	4	97	\$ 6.474.071
Septiembre	0%	0	97	\$ 6.474.071
Octubre	0%	0	97	\$ 6.474.071
Noviembre	15%	16	113	\$ 7.541.959
Diciembre	14%	18	131	\$ 8.743.333
			<b>Ingresos totales</b>	<b>\$61.003.102</b>



- Año 2022: 78 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	15%	13	13	\$867.659
Febrero	15%	12	25	\$1.668.575
Marzo	0%	0	25	\$1.668.575
Abril	10%	9	34	\$2.269.262
Mayo	0%	0	34	\$2.269.262
Junio	10%	8	42	\$2.803.206
Julio	0%	0	42	\$2.803.206
Agosto	0%	0	42	\$2.803.206
Septiembre	12%	10	52	\$3.470.636
Octubre	18%	12	64	\$4.271.552
Noviembre	0%	0	64	\$4.271.552
Diciembre	20%	14	78	\$5.205.954
<b>Ingresos año</b>				<b>\$34.372.645</b>
<b>Ingresos total anual</b>				<b>\$139.292.641</b>

- Año 2023: 456 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	60%	51	51	\$ 3.403.893
Febrero	0%	0	51	\$ 3.403.893
Marzo	0%	0	51	\$ 3.403.893
Abril	11%	8	59	\$ 3.937.837
Mayo	8%	6	65	\$ 4.338.295
Junio	0%	0	65	\$ 4.338.295
Julio	3%	2	67	\$ 4.471.781
Agosto	0%	0	67	\$ 4.471.781
Septiembre	11%	10	77	\$ 5.139.211
Octubre	7%	8	85	\$ 5.673.155
Noviembre	0%	0	85	\$ 5.673.155
Diciembre	0%	0	85	\$ 5.673.155
<b>Ingresos año</b>				<b>\$ 53.928.344</b>
<b>Ingresos total anual</b>				<b>\$221.319.788</b>

## 10. Detalle flujo de caja y obtención de indicadores financieros.

- **Caso 1:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 316.094.848	\$ 895.157.116	\$1.672.846.552
Costos		\$-163.476.098	\$-305.116.503	\$ -488.783.331
Depreciación		\$ -7.630.082	\$ -7.630.082	\$ -7.630.082
Utilidad antes de impuesto		\$ 144.988.669	\$ 582.410.531	\$1.176.433.139
Impuesto		\$ -39.146.941	\$-157.250.843	\$ -317.636.948
Utilidad después de impuesto		\$ 105.841.728	\$ 425.159.688	\$ 858.796.191
Depreciación		\$ 7.630.082	\$ 7.630.082	\$ 7.630.082
Valor residual				
Inversiones	\$-45.780.490			\$ 22.890.245
Flujo de caja	\$-45.780.490	\$ 113.471.810	\$ 432.789.769	\$ 889.316.518
Flujo de caja acumulado	\$-45.780.490	\$ 67.691.320	\$ 500.481.089	\$1.389.797.607

- VAN:

$$VAN = -45.780.490 + \frac{113.471.810}{1,12} + \frac{432.789.769}{1,12^2} + \frac{889.316.518}{1,12^3}$$

$$VAN = \$1.033.548.912$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$1.079.329.402}{\$45.780.490} = 23,576$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
5.518	2.236	7.754	6.936	818	89,5%

- **Caso 2:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$152.574.498	\$ 458.390.924	\$ 922.121.288
Costos		\$-91.619.106	\$-174.837.236	\$-291.251.219
Depreciación		\$ -4.430.370	\$ -4.430.370	\$ -4.430.370
Utilidad antes de impuesto		\$ 56.525.022	\$ 279.123.318	\$ 626.439.699
Impuesto		\$-15.261.756	\$ -75.363.296	\$-169.138.719
Utilidad después de impuesto		\$ 41.263.266	\$ 203.760.022	\$ 457.300.980
Depreciación		\$ 4.430.370	\$ 4.430.370	\$ 4.430.370
Valor residual				
Inversiones	\$-26.582.220			\$ 13.291.110
Flujo de caja	\$-26.582.220	\$ 45.693.636	\$ 208.190.392	\$ 475.022.460
Flujo de caja acumulado	\$-26.582.220	\$ 19.111.416	\$ 227.301.808	\$ 702.324.269

- VAN:

$$VAN = -26.582.220 + \frac{45.693.636}{1,12} + \frac{208.190.392}{1,12^2} + \frac{\$ 475.022.460}{1,12^3}$$

$$VAN = \$518.295.380$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$544.877.600}{\$26.582.220} = 20,497$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
5.518	1.314	6.832	5.944	888	87%

- **Caso 3:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 152.574.498	\$ 458.390.924	\$ 922.121.288
Costos		\$ -83.219.106	\$ -165.171.951	\$ -281.585.934
Depreciación		\$ -3.199.712	\$ -3.199.712	\$ -3.199.712
Utilidad antes de impuesto		\$ 66.155.680	\$ 290.019.261	\$ 637.335.642
Impuesto		\$ -17.862.034	\$ -78.305.200	\$ -172.080.623
Utilidad después de impuesto		\$ 48.293.646	\$ 211.714.061	\$ 465.255.019
Depreciación		\$ 3.199.712	\$ 3.199.712	\$ 3.199.712
Valor residual				
Inversiones	\$ -19.198.270			\$ 9.599.135
Flujo de caja	\$ -19.198.270	\$ 51.493.358	\$ 214.913.772	\$ 478.053.865
Flujo de caja acumulado	\$ -19.198.270	\$ 32.295.088	\$ 247.208.860	\$ 725.262.726

- VAN:

$$VAN = -19.198.270 + \frac{51.493.358}{1,12} + \frac{214.913.772}{1,12^2} + \frac{478.053.865}{1,12^3}$$

$$VAN = \$538.375.185$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$538.375.185}{\$19.198.772} = 29,042$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
5.518	949	6.467	5.944	523	91,9%

- **Caso 4:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 152.574.498	\$ 458.390.924	\$ 922.121.288
Costos		\$-130.280.244	\$-214.763.658	\$-331.177.641
Depreciación		\$ -8.122.345	\$ -8.122.345	\$ -8.122.345
Utilidad antes de impuesto		\$ 14.171.909	\$ 235.504.921	\$ 582.821.302
Impuesto		\$ -3.826.415	\$ -63.586.329	\$-157.361.751
Utilidad después de impuesto		\$ 10.345.493	\$ 171.918.592	\$ 425.459.550
Depreciación		\$ 8.122.345	\$ 8.122.345	\$ 8.122.345
Valor residual				
Inversiones	\$-48.734.070			\$ 24.367.035
Flujo de caja	\$-48.734.070	\$ 18.467.838	\$ 180.040.937	\$ 457.948.930
Flujo de caja acumulado	\$-48.734.070	\$ -30.266.232	\$ 149.774.705	\$ 607.723.636

- VAN:

$$VAN = -48.734.070 + \frac{18.467.838}{1,12} + \frac{180.040.937}{1,12^2} + \frac{457.948.930}{1,12^3}$$

$$VAN = \$437.241.607$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$485.975.677}{\$48.734.070} = 9,971$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
4.715	2.409	7.124	5.943	1.181	83,4%

- **Caso 5:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 152.574.498	\$ 458.390.924	\$ 922.121.288
Costos		\$ -91.619.106	\$ -174.837.236	\$ -291.251.219
Depreciación		\$ -5.168.765	\$ -5.168.765	\$ -5.168.765
Utilidad antes de impuesto		\$ 55.786.627	\$ 278.384.923	\$ 625.701.304
Impuesto		\$ -15.062.389	\$ -75.163.929	\$ -168.939.352
Utilidad después de impuesto		\$ 40.724.237	\$ 203.220.994	\$ 456.761.952
Depreciación		\$ 5.168.765	\$ 5.168.765	\$ 5.168.765
Valor residual				
Inversiones	\$ -31.012.590			\$ 15.506.295
Flujo de caja	\$ -31.012.590	\$ 45.893.002	\$ 208.389.759	\$ 477.437.012
Flujo de caja acumulado	\$ -31.012.590	\$ 14.880.412	\$ 223.270.171	\$ 700.707.183

- VAN:

$$VAN = -31.012.590 + \frac{45.893.002}{1,12} + \frac{208.389.759}{1,12^2} + \frac{477.437.012}{1,12^3}$$

$$VAN = \$515.920.580$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$546.933.170}{\$31.012.590} = 17,635$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
5.007	1.533	6.540	5.944	596	90,8%

- **Caso 6:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 74.151.473	\$ 243.745.436	\$ 517.725.451
Costos		\$-61.788.537	\$-117.680.244	\$-191.233.089
Depreciación		\$ -3.691.975	\$ -3.691.975	\$ -3.691.975
Utilidad antes de impuesto		\$ 8.670.961	\$ 122.373.217	\$ 322.800.387
Impuesto		\$ -2.341.159	\$ -33.040.769	\$ -87.156.104
Utilidad después de impuesto		\$ 6.329.801	\$ 89.332.448	\$ 235.644.282
Depreciación		\$ 3.691.975	\$ 3.691.975	\$ 3.691.975
Valor residual				
Inversiones	\$-22.151.850			\$ 11.075.925
Flujo de caja	\$-22.151.850	\$ 10.021.776	\$ 93.024.423	\$ 250.412.182
Flujo de caja acumulado	\$-22.151.850	\$-12.130.074	\$ 80.894.350	\$ 331.306.532

- VAN:

$$VAN = -22.151.850 + \frac{10.021.776}{1,12} + \frac{93.024.423}{1,12^2} + \frac{250.412.182}{1,12^3}$$

$$VAN = \$239.193.110$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$261.344.960}{\$22.151.850} = 11,797$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
5.153	1.095	6.248	5.401	847	86,4%

- **Caso 7:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 1.455.803.085	\$1.903.157.116	\$ 2.680.846.552
Costos		\$ -163.476.098	\$ -305.116.503	\$ -488.783.331
Depreciación		\$ 96.223.003	\$ 96.223.003	\$ 96.223.003
Utilidad antes de impuesto		\$ 1.196.103.984	\$1.501.817.609	\$ 2.095.840.217
Impuesto		\$ -322.948.076	\$ -405.490.755	\$ -565.876.859
Utilidad después de impuesto		\$ 873.155.908	\$1.096.326.855	\$ 1.529.963.359
Depreciación		\$ 96.223.003	\$ 96.223.003	\$ 96.223.003
Valor residual				\$ 288.669.010
Inversiones	\$-1.096.338.020			
Flujo de caja	\$-1.096.338.020	\$ 969.378.912	\$1.192.549.858	\$ 1.626.186.362
Flujo de caja acumulado	\$-1.096.338.020	\$ -126.959.108	\$1.065.590.750	\$ 2.691.777.112

- VAN:

$$VAN = -1.096.338.020 + \frac{969.378.912}{1,12} + \frac{1.192.549.858}{1,12^2} + \frac{1.626.186.362}{1,12^3}$$

$$VAN = \$1.877.359.643$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$2.973.697.663}{\$1.096.338.020} = 2,712$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
6.905	5.694	12.599	12.006	593	95,3%



- **Caso 8:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$1.200.711.339	\$1.147.292.641	\$1.229.319.788
Costos		\$ -114.314.960	\$ -156.771.951	\$ -196.698.374
Depreciación		\$ 89.331.317	\$ 89.331.317	\$ 89.331.317
Utilidad antes de impuesto		\$ 997.065.063	\$ 901.189.373	\$ 943.290.098
Impuesto		\$ -269.207.567	\$ -243.321.131	\$ -254.688.326
Utilidad después de impuesto		\$ 727.857.496	\$ 657.868.242	\$ 688.601.771
Depreciación		\$ 89.331.317	\$ 89.331.317	\$ 89.331.317
Valor residual				\$ 267.993.950
Inversiones	\$-1.054.987.900			
Flujo de caja	\$-1.054.987.900	\$ 817.188.812	\$ 747.199.559	\$ 777.933.088
Flujo de caja acumulado	\$-1.054.987.900	\$ -237.799.088	\$ 509.400.471	\$1.287.333.559

- VAN:

$$VAN = -1.054.987.900 + \frac{817.188.812}{1,12} + \frac{747.199.559}{1,12^2} + \frac{747.199.559}{1,12^3}$$

$$VAN = \$824.025.288$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$1.879.013.188}{\$1.054.987.900} = 1,781$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
6.905	3.650	10.555	10.064	491	95,3%

- **Caso 9:**
  - **Flujo de caja:**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$1.200.711.339	\$1.147.292.641	\$1.229.319.788
Costos		\$ -123.980.244	\$ -166.437.236	\$ -206.363.658
Depreciación		\$ 96.961.398	\$ 96.961.398	\$ 96.961.398
Utilidad antes de impuesto		\$ 979.769.696	\$ 883.894.007	\$ 925.994.731
Impuesto		\$ -264.537.818	\$ -238.651.382	\$ -250.018.577
Utilidad después de impuesto		\$ 715.231.878	\$ 645.242.625	\$ 675.976.154
Depreciación		\$ 96.961.398	\$ 96.961.398	\$ 96.961.398
Valor residual				\$ 290.884.195
Inversiones	\$-1.100.768.390			
Flujo de caja	\$-1.100.768.390	\$ 812.193.277	\$ 742.204.023	\$ 772.937.552
Flujo de caja acumulado	\$-1.100.768.390	\$ -288.575.113	\$ 453.628.910	\$1.226.566.462

- VAN:

$$VAN = -1.100.768.390 + \frac{812.193.277}{1,12} + \frac{742.204.023}{1,12^2} + \frac{772.937.552}{1,12^3}$$

$$VAN = \$512.967.665$$

- IR:

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^3 \frac{FC_t}{1,12^t}}{Inversión\ inicial} = \frac{\$1.867.014.754}{\$1.100.768.390} = 1,696$$

- Utilización:

Ubicaciones pallet completo	Ubicaciones medio pallet	Ubicaciones totales	Ubicaciones utilizadas final	Ubicaciones disponibles	Porcentaje de utilización
4.934	5.913	10.847	10.064	783	92,7%

**11. Detalle de implementación para el mejoramiento del caso de evaluación 2, a partir del cambio en la estrategia de simulación.**

- **Proyecciones de centralización mensual a partir de nueva estrategia de centralización, proyectada al 2023.**

<b>Cantidad de centralización mensuales respecto al total anual</b>													
	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
<b>2021</b>	16	41	80	47	67	67	0	13	0	0	64	61	<b>456</b>
<b>2022</b>	83	78	0	56	0	53	0	0	62	96	0	104	<b>532</b>
<b>2023</b>	290	0	0	50	36	0	13	0	55	35	5	0	<b>484</b>

- **Detalle costos contratación de personal extra debido a aumento en transferencia de cajas por día.**

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Nuevas centralizaciones</b>	<b>Cajas extra por día</b>	<b>Trabajadores extra</b>	<b>Sueldo extra</b>	<b>Monto sueldos extra a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	137	1370	3	\$2.100.000	\$ 0
	Trimestre 2	181	1810	4	\$2.800.000	\$ 2.100.000
	Trimestre 3	13	130	1	\$ 700.000	\$ 4.900.000
	Trimestre 4	125	1250	3	\$2.100.000	\$ 5.600.000
2022	Trimestre 1	161	1610	3	\$2.100.000	\$ 7.700.000
	Trimestre 2	109	1090	2	\$1.400.000	\$ 9.800.000
	Trimestre 3	62	620	2	\$1.400.000	\$11.200.000
	Trimestre 4	200	2000	4	\$2.800.000	\$12.600.000
2023	Trimestre 1	290	2900	6	\$4.200.000	\$15.400.000
	Trimestre 2	86	860	2	\$1.400.000	\$19.600.000
	Trimestre 3	68	680	2	\$1.400.000	\$21.000.000
	Trimestre 4	40	400	1	\$ 700.000	\$22.400.000

- Detalle costos arriendo de nuevas unidades de transporte para la operación.

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Trabajadores por turno (promedio)</b>	<b>UT totales</b>	<b>Diferencia UT respecto al mes anterior</b>	<b>Costo extra mensual por nuevo arriendo UT</b>	<b>Costo acumulado a pagar en el presente trimestre</b>
2021	Trimestre 1	31	46	0	\$ 0	\$ 0
	Trimestre 2	32	47	1	\$ 421.762	\$ 0
	Trimestre 3	34	49	2	\$ 843.523	\$ 421.762
	Trimestre 4	34	49	0	\$ 0	\$ 1.265.285
2022	Trimestre 1	35	50	1	\$ 421.762	\$ 1.265.285
	Trimestre 2	36	51	1	\$ 421.762	\$ 1.687.046
	Trimestre 3	37	52	1	\$ 421.762	\$ 2.108.808
	Trimestre 4	37	52	0	\$ 0	\$ 2.530.569
2023	Trimestre 1	39	54	2	\$ 843.523	\$ 2.530.569
	Trimestre 2	41	56	2	\$ 843.523	\$ 3.374.092
	Trimestre 3	41	56	0	\$ 0	\$ 4.217.615
	Trimestre 4	42	57	1	\$ 421.762	\$ 4.217.615

- Costo total anualizado.

<b>Año</b>	<b>Costo Total</b>
2021	\$103.384.391
2022	\$207.198.374
2023	\$338.742.926

- **Detalle ingresos percibido por centralizaciones.**

- Año 2021: 456 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	3%	16	16	\$1.067.888
Febrero	9%	41	57	\$3.804.351
Marzo	18%	80	137	\$9.143.791
Abril	10%	47	184	\$12.280.712
Mayo	15%	67	251	\$16.752.493
Junio	15%	67	318	\$21.224.274
Julio	0%	0	318	\$21.224.274
Agosto	3%	13	331	\$22.091.933
Septiembre	0%	0	331	\$22.091.933
Octubre	0%	0	331	\$22.091.933
Noviembre	15%	64	395	\$26.363.485
Diciembre	14%	61	456	\$30.434.808
			<b>Ingresos totales</b>	<b>\$208.571.875</b>

- Año 2022: 532 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	15%	83	83	\$ 5.539.669
Febrero	15%	78	161	\$10.745.623
Marzo	0%	0	161	\$10.745.623
Abril	10%	56	217	\$14.483.231
Mayo	0%	0	217	\$14.483.231
Junio	10%	53	270	\$18.020.610
Julio	0%	0	270	\$18.020.610
Agosto	0%	0	270	\$18.020.610
Septiembre	12%	62	332	\$22.158.676
Octubre	18%	96	428	\$28.566.004
Noviembre	0%	0	428	\$28.566.004
Diciembre	20%	104	532	\$35.507.276
			<b>Ingreso nuevas centralizaciones</b>	<b>\$224.857.167</b>
			<b>Ingreso total anual</b>	<b>\$590.074.863</b>

- Año 2023: 484 Productos centralizados.

<b>Productos</b>	<b>Porcentaje centralización</b>	<b>Productos centralizados</b>	<b>Productos acumulados</b>	<b>Ingresos</b>
Enero	60%	290	290	\$ 19.355.470
Febrero	0%	0	290	\$ 19.355.470
Marzo	0%	0	290	\$ 19.355.470
Abril	11%	50	340	\$ 22.692.620
Mayo	8%	36	376	\$ 25.095.368
Junio	0%	0	376	\$ 25.095.368
Julio	3%	13	389	\$ 25.963.027
Agosto	0%	0	389	\$ 25.963.027
Septiembre	11%	55	444	\$ 29.633.892
Octubre	7%	35	479	\$ 31.969.897
Noviembre	0%	5	484	\$ 32.303.612
Diciembre	0%	0	484	\$ 32.303.612
<b>Ingreso nuevas centralizaciones</b>				<b>\$ 309.086.833</b>
<b>Ingreso total anual</b>				<b>\$1.100.391.841</b>

- **Ingreso total anualizado**

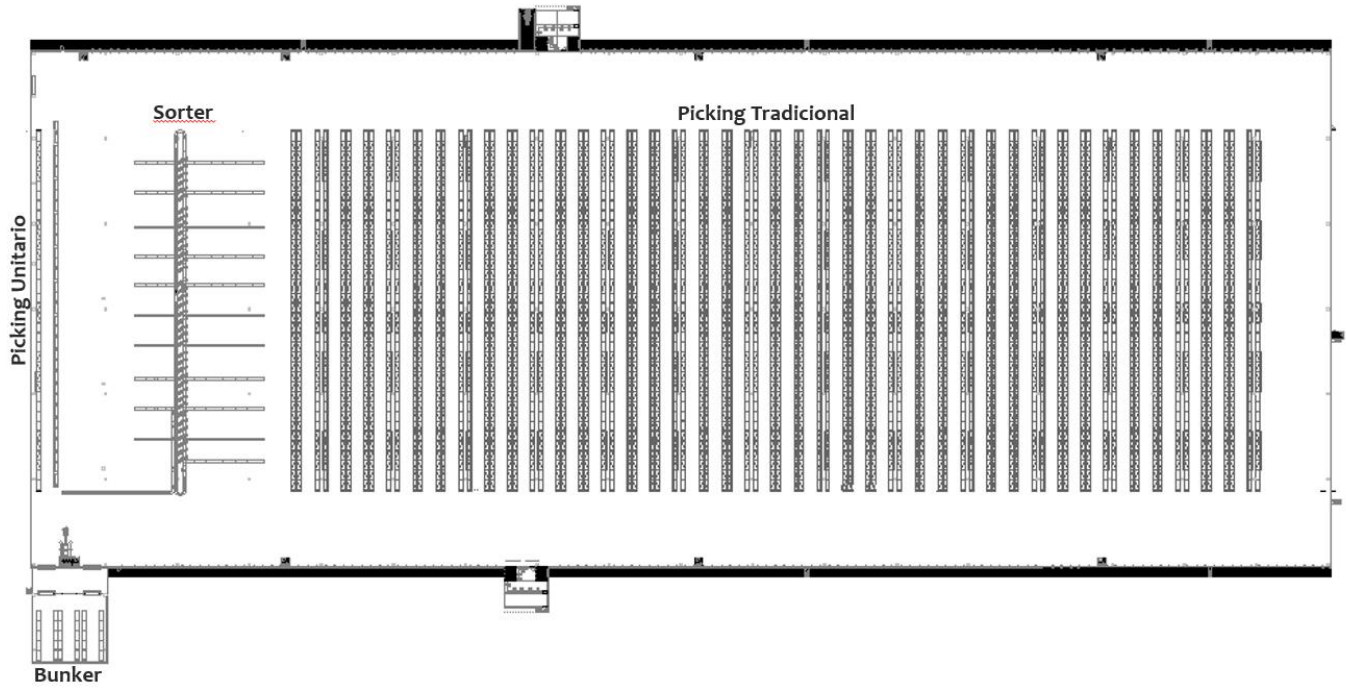
<b>Año</b>	<b>Ingreso Total</b>
2021	\$208.571.875
2022	\$590.074.863
2023	\$1.100.391.841

**12. Ejemplo frecuencias relativas porcentuales de cantidad de productos presentes en ordenes de transporte procesadas para el área de picking 10 en el mes de octubre del 2020.**

<b>Valor</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Frecuencia porcentual</b>
1	46	2,12%
2	54	2,49%
3	57	2,63%
4	50	2,31%
5	48	2,21%
6	46	2,12%
7	46	2,12%
8	55	2,54%
9	57	2,63%
10	42	1,94%
11	46	2,12%
12	40	1,84%
13	42	1,94%
14	43	1,98%
15	41	1,89%
16	45	2,07%
17	50	2,31%
18	47	2,17%
19	35	1,61%
20	38	1,75%

### XIII.III. FIGURAS

- Figura 1: Layout CD lo Aguirre.



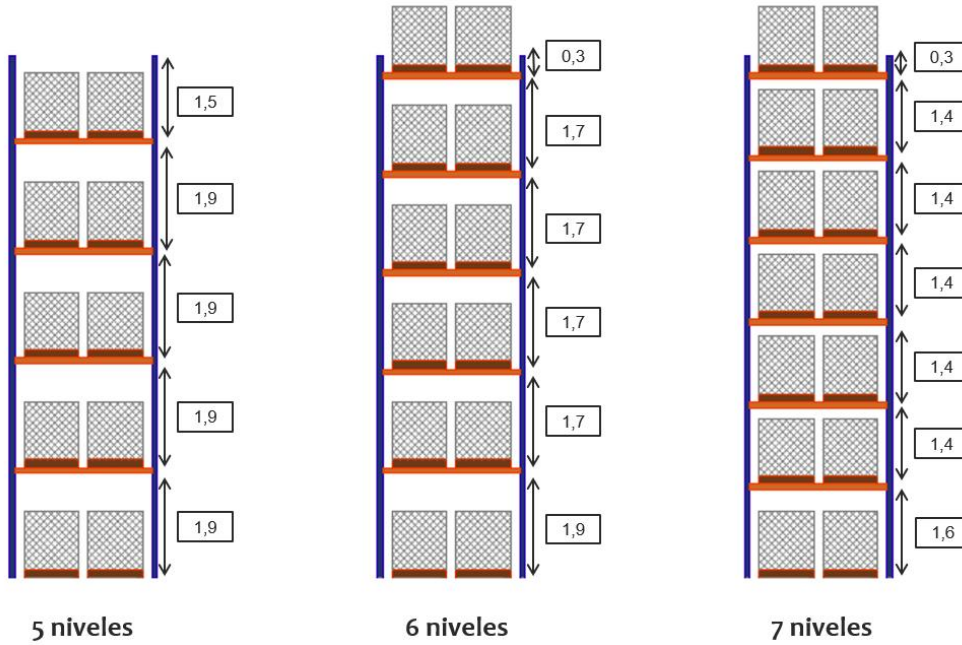


- **Figura 2: Racks picking tradicional productos secos CD lo Aguirre.**

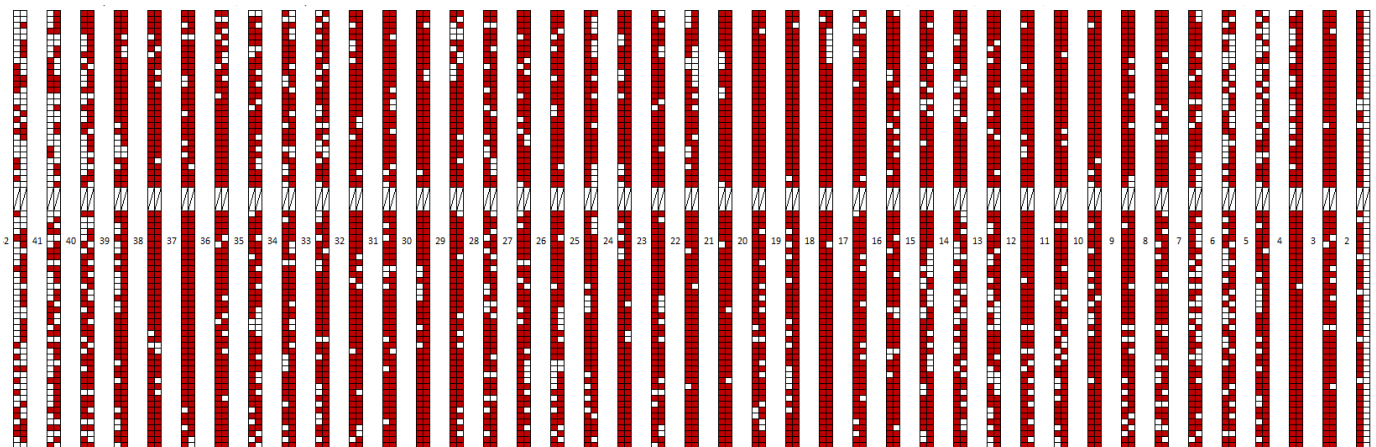
Pasillos: 39 Norte al 42

Pasillos: 35 al 39 Sur

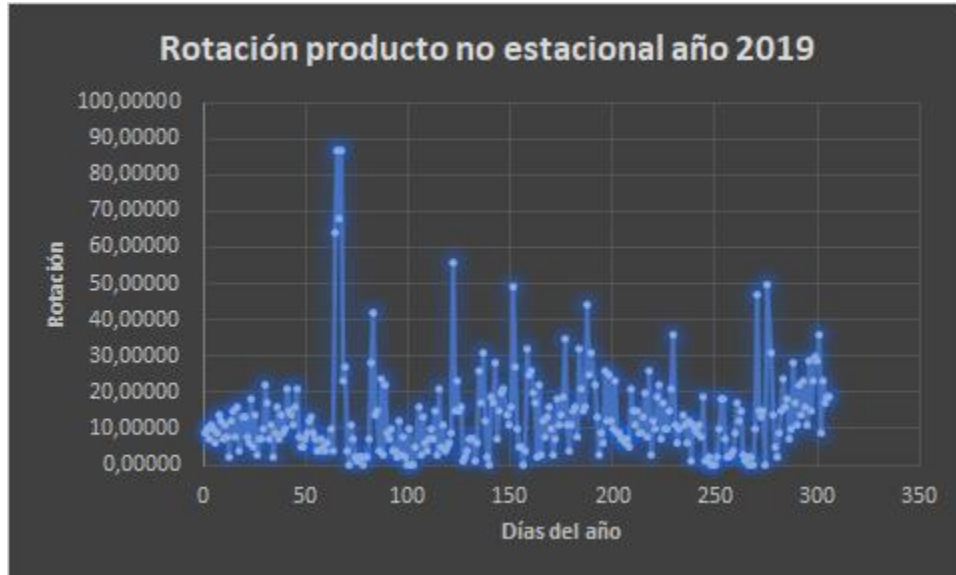
Pasillos: 1 al 34



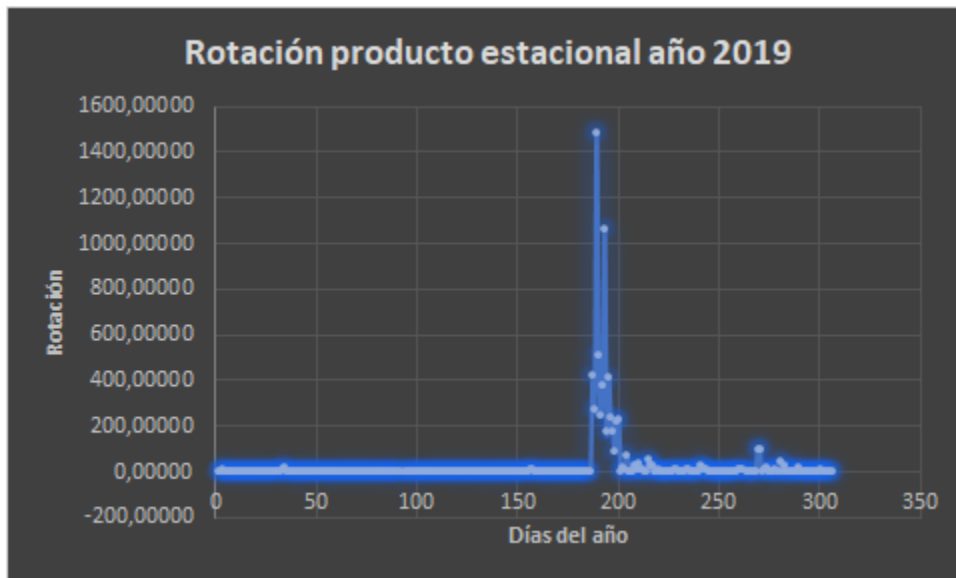
- **Figura 3: Layout sector de picking tradicional productos secos, enseñando utilización de las ubicaciones de picking. En rojo se encuentran ubicaciones utilizadas y en blanco ubicaciones disponibles.**



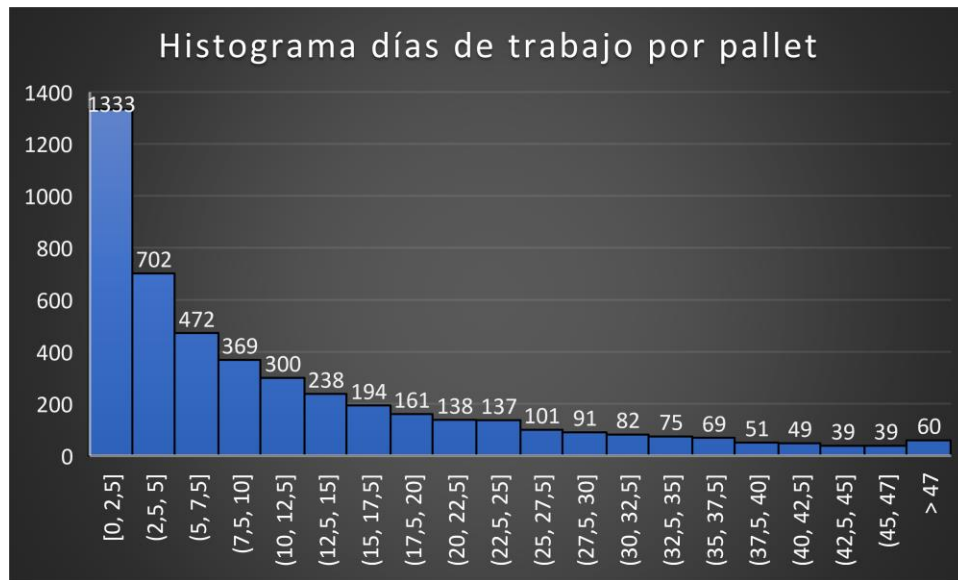
- **Figura 4: Ejemplo de producto con demanda continua (rotación diaria).**



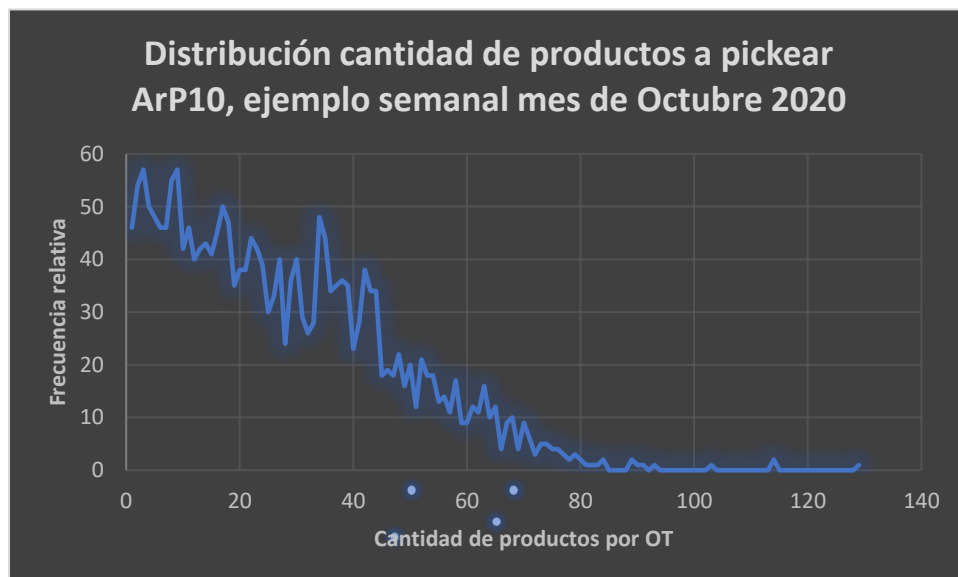
- **Figura 5: Ejemplo de producto con demanda estacional (rotación diaria).**



- **Figura 6: Histograma días de trabajo para un pallet de productos ubicado en zona de picking tradicional.**



- **Figura 7: Gráfico de distribución de la cantidad de productos asignados para una orden de transporte en el área de picking 10, para el mes de octubre del 2020.**



- **Figura 8: Gráfico de la distribución de la cantidad de cajas a *pickear* (mayor que 10) para un producto dentro del área de picking 10.**

