

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**PROPUESTA PARA REDISTRIBUCIÓN DE LAYOUT DE LA BODEGA DE SOQUIMICH
COMERCIAL S.A. EN SALAR DE ATACAMA.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

IVÁN EDUARDO CASTILLO SALVO

PROFESOR GUÍA

PABLO ANDRÉS VIVEROS GUCKEL

PROFESOR CORREFERENTE

RODRIGO MENA BUSTOS

SANTIAGO, ENERO, 2019.

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a mi familia que siempre me apoyó en mi carrera, ya sea en los buenos y malos momentos, por estar ahí cuando más los necesite. En especial a mi padre y mi madre, quienes me formaron y guiaron para que yo esté aquí.

También a mis amigos del colegio como Maximiliano G., Nicolás D., José Ignacio L., Gabriel A. y Nicolás M. por impulsarme a estudiar esta carrera y apoyarme en esta decisión y ser en quiénes me apoyé en un principio, cuando no tenía las amistades que conocí en esta carrera.

Así mismo, los amigos generados en mi vida universitaria, como Ken, Tomás, José, Diego N., Diego V., Francisco, Ignacio, Jaime, Martín y Maximiliano, quiénes fueron un fiel apoyo y complemento, entre otros amigos que me fui encontrando, para que pudiésemos superar juntos cada evaluación o entrega y así poder terminar la carrera.

También, cabe destacar, la disposición de quiénes me ofrecieron la mano en Soquimich, como Nicolás B., Ariel G., César C. y Luis G. los cuales quiero agradecerles por su tiempo y ayuda.

Por último, al profesor Pablo Viveros por entregarme los medios y su tiempo para que yo pudiese terminar esta memoria.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo busca encontrar un layout óptimo para la bodega de Soquimich en Salar de Atacama, el cual mejore el desempeño actual que posee el área de abastecimiento, mermando los tiempos requeridos para almacenar y recoger los productos (picking) para cierta cantidad de arribos. Con esto se lograría mejorar el nivel de servicio de la bodega, eslabón importante de la cadena de abastecimiento.

Se recopilaron datos como la rotación promedio de los productos y como la segmentación por familia de productos. Se formularon distintas propuestas para ambos sectores (Patio y Bodega Principal), donde para ambos sectores se tienen diferentes vehículos empleados para el transporte de materiales.

Para comparar los desempeños de cada escenario, se debió utilizar el Simulador Promodel, el cual recrea el proceso de almacenamiento y picking en la bodega, simulando los tiempos de espera, los vehículos utilizados, la disposición física de cada familia de productos y el trayecto que debe recorrer cada vehículo. Para esto, se generó un caso hipotético el cual fija una determinada cifra de arribos.

Se compararon los resultados tales como el tiempo empleado para cumplir dicho requerimiento y los porcentajes de tiempo utilizado por cada transporte empleado. Considerando los costos, se pudo tomar una decisión con respecto a si es recomendable implementar alguna de los escenarios propuestos. Luego de esto, se procede a entregar una lista de recomendaciones a considerar con tal de mejorar futuras modificaciones y evitar posibles errores.

ABSTRACT

The present work seeks to find an optimal layout for the Soquimich's warehouse in Salar de Atacama, which improves the current performance of the supply area, reducing the time required to store and collect the products (picking) for a certain number of arrivals. This would improve the service level of the warehouse, an important link in the supply chain.

Data was collected such as the average rotation of the products and as the product family segmentation. Different proposals were formulated for both sectors (Backyard and Main Warehouse), where for both sectors there are different vehicles used to transport materials.

To compare the performances of each scenario, the Promodel Simulator should be used, which recreates the storage and picking process in the warehouse, simulating the waiting times, the vehicles used, the physical layout of each family of products and the route that must travel each vehicle. For this, a hypothetical case was generated which sets a certain number of arrivals.

The results were compared such as the time used to meet said requirement and the percentages of time used for each transport employed. Considering the costs, a decision could be made as to whether it is advisable to implement any of the proposed scenarios. After this, we proceed to deliver a list of recommendations to consider in order to improve future modifications and avoid possible errors.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN EJECUTIVO.....	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2. OBJETIVO GENERAL	3
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	4
1.5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.6. FORMULACIÓN DE LAS PROPUESTAS	5
1.7. SIMULADOR	5
1.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	5
1.9. CONCLUSIONES.....	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES EN SOQUIMICH COMERCIAL S.A (SQM)	7
2.2. LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA.....	9
2.3. PRINCIPALES PROBLEMAS EN EL ÁREA DE ABASTECIMIENTO	12
2.4. LAYOUT DE BODEGA Y MÉTODOS DE ASIGNACIÓN.....	14
2.4.1. <i>Layout de una Bodega.....</i>	<i>14</i>
2.4.2. <i>Criterios de Asignación.....</i>	<i>15</i>
2.5. SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE VALIDACIÓN.....	16
3. METODOLOGÍA	19
3.1. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	19
3.2. FORMULACIÓN DE LAS PROPUESTAS	20
3.2.1. <i>Criterios de agrupación</i>	<i>20</i>
3.2.2. <i>Maquinaria.....</i>	<i>21</i>
3.2.3. <i>Criterios e información para formular las propuestas</i>	<i>22</i>
3.2.4. <i>Formulación Propuesta 1 para el Patio.....</i>	<i>23</i>
3.2.5. <i>Formulación Propuesta 2 para el Patio.....</i>	<i>24</i>
3.2.6. <i>Costos asociados a implementación en el Patio</i>	<i>25</i>
3.2.7. <i>Formulación Propuesta de la Bodega Principal.....</i>	<i>26</i>

3.2.8.	<i>Costos asociados a implementación en la Bodega Principal</i>	27
3.3.	SIMULADOR PROMODEL	29
3.3.1.	<i>Parámetros de simulación</i>	30
3.3.2.	<i>Parámetros para simulaciones en el Patio</i>	31
3.3.3.	<i>Parámetros para simulaciones en la Bodega Principal</i>	32
3.4.	ESCENARIO ACTUAL Y PROPUESTAS PARA EL PATIO	33
3.4.1.	<i>Información para determinar layout</i>	34
3.4.2.	<i>Patio actual</i>	35
3.4.3.	<i>Propuesta 1: Separación en sub-Patios</i>	37
3.4.4.	<i>Propuesta 2: Prioridad según rotación promedio</i>	39
3.5.	ESCENARIO ACTUAL Y PROPUESTA PARA LA BODEGA PRINCIPAL	42
3.5.1.	<i>Información para determinar layout</i>	42
3.5.2.	<i>Bodega Principal actual</i>	44
3.5.3.	<i>Propuesta: Racks selectivos de manera longitudinal</i>	45
3.6.	JERARQUIZACIÓN DE LAS PROPUESTAS	47
3.7.	IMPACTO EN EL NEGOCIO	49
4.	RESULTADOS	51
4.1.	RESULTADOS: EL PATIO	51
4.1.1.	<i>Escenario Actual</i>	52
4.1.2.	<i>Escenario Propuesta 1</i>	53
4.1.3.	<i>Escenario Propuesta 2</i>	54
4.2.	RESULTADOS: LA BODEGA PRINCIPAL	55
4.2.1.	<i>Escenario Actual</i>	55
4.2.2.	<i>Escenario Propuesto</i>	56
4.3.	ANÁLISIS	57
4.3.1.	<i>El Patio</i>	58
4.3.2.	<i>La Bodega Principal</i>	60
4.4.	RECOMENDACIONES	63
5.	CONCLUSIONES	65
6.	REFERENCIAS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Costos asociados a la implementación de ambas propuestas en el Patio.	25
Tabla 3.2: Carta Gantt para implementar alguna de las alternativas propuestas para el Patio.	26
Tabla 3.3: Costos asociados a la implementación de la propuesta en la Bodega Principal.	27
Tabla 3.4: Carta Gantt para implementar la alternativa para el Bodega Principal.	28
Tabla 3.5: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en el Patio 1 (por sistema).....	34
Tabla 3.6: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en el Patio 2 (por sistema).....	35
Tabla 3.7: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en los estantes.	43
Tabla 3.8: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en los racks selectivos.....	43
Tabla 4.5: Valores obtenidos en la simulación para Propuesta de la Bodega Principal.....	56
Tabla 4.7: Resultados obtenidos en la simulación para cada escenario en la Bodega Principal.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1: Rotaciones promedio por familia en el Patio.....	34
Gráfico 3.2: Rotaciones promedio por familia en los estantes de la Bodega Principal.....	42
Gráfico 3.3: Rotaciones promedio por familia en los racks selectivos de la Bodega Principal.	43
Gráfico 4.1: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el escenario actual del Patio.....	52
Gráfico 4.2: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el primer escenario propuesto del Patio.....	53
Gráfico 4.3: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el segundo escenario propuesto del Patio.....	54
Gráfico 4.4: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el escenario actual de la Bodega Principal.....	56
Gráfico 4.5: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el escenario propuesto de la Bodega Principal.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Layout actual del Patio. Fuente: SQM.	35
Figura 3.2: Layout del Patio (sin familias). Fuente: SQM.	36
Figura 3.3: Layout actual del Patio. Fuente: SQM.	37
Figura 3.4: Propuesta 1 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.	38
Figura 3.5: Propuesta 1 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.	39
Figura 3.6: Propuesta 2 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.	40
Figura 3.7: Propuesta 2 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.	41
Figura 3.8: Layout actual de la Bodega Principal. Fuente: SQM.	44
Figura 3.9: Layout actual de la Bodega Principal. Fuente: SQM.	45
Figura 3.10: Propuesta de layout de la Bodega Principal. Fuente: elaboración propia.	46
Figura 3.11: Propuesta de layout de la Bodega Principal. Fuente: elaboración propia.	47

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

Actualmente, la competitividad entre las empresas va en aumento y surgen nuevas necesidades, lo que impulsa a éstas a buscar nuevas técnicas con tal de aminorar costos y poder obtener una buena posición en el mercado. Dentro de estas técnicas se incluye como herramienta estratégica, la Gestión de la Cadena de Logística.

La obligación de las empresas de obtener los costos de producción más bajos posibles para obtener mayores beneficios, conlleva a una optimización de los recursos empleados en todas las operaciones que así lo permiten (Arango, Zapata & Pemberthy, 2010). Además, nace la necesidad de poder entregar el producto indicado en el lugar indicado, al momento adecuado y al precio correcto (Fisher, Raman & Sheen, 2000) lo que hace que la formulación de una estrategia adecuada se base, principalmente, en su capacidad de sobrellevar las variaciones del mercado.

Por dichos motivos es que se basa esta investigación, donde se propondrá una guía para la distribución física de la bodega de una empresa, Soquimich Comercial S.A., empresa la cual se maneja en el rubro de la Química y Minería desde 1968 como empresa estatal y desde 1983 como empresa privada. Esto se genera a partir de diversas situaciones por las que ha pasado la empresa, según N. Bravo, Jefe de Logística Nacional y Bodega de la empresa (Comunicación personal, 3 de noviembre, 2017), tales como una baja tasa de producción debido a las ineficiencias en la bodega, paralización de la planta y mala atención al cliente, lo que genera costos de ineficiencia, costos de inventario y pérdida de la confianza

del cliente o del cliente en sí. Este último, es donde se incurre tanto en un costo monetario como de reputación, ya que económicamente es de 6 a 7 veces más caro conseguir un nuevo cliente que mantener uno que ya tenemos. Y con tan sólo incrementar la inversión en retención de clientes un 5% podrían lograrse incrementos en los beneficios del 5 al 95% (“Por qué es más barato retener un cliente que conseguir uno nuevo”, 2011). Estos son problemas comunes en la Logística, además de la necesidad de respaldo por entrega y la falta de flexibilidad, según Honorato (2016). Por lo tanto, ¿Cuáles serán los criterios por considerar para generar alternativas que cooperen con la Gestión de Logística de la empresa?, ¿Se puede lograr un óptimo el cuál reduzca dichas pérdidas e ineficiencias?

Existen diversos métodos para la distribución física de los componentes de una bodega. Además de la redistribución de la bodega, se debe implementar un sistema mejorado y adecuado de picking, el cual se adecue a la distribución física implementada. “En muchos sistemas de almacenamiento, los casos de artículos deben recuperarse manualmente desde ambos lados de un pasillo ancho y depositarse en un vehículo que se desplaza por la línea central del pasillo.” (Goetschalckx & Ratliff, 1988)

Con esto surge otro problema el cual es el cómo identificar la mejor opción y según qué criterios debiese tomarse las decisiones. “Un óptimo diseño de un modelo de almacenamiento y distribución corresponde a la correcta disposición de los elementos dentro del almacén, asegurando el modo más eficiente para manejar los productos que en él se dispongan” (González, 2015). La herramienta más adecuada para cumplir dicha función es el trabajo con Simulación. Como postula Arango et al. (2010), el estudio de casos reales bajo la modalidad de simulación es una herramienta eficaz y poderosa, que permite predecir el

funcionamiento y el desempeño de múltiples actividades, de una manera más sencilla que utilizando modelos matemáticos avanzados, como es el caso de los métodos heurísticos. Si bien la Simulación es una herramienta poderosa que permite encontrar óptimos, si no se posee un correcto manejo de la información a lo largo de la Cadena de Logística, se incurrirá en errores en las decisiones de análisis y, por lo tanto, se ve afectada la obtención de un resultado óptimo y el manejo de los costos de operación. (Pérez, Mosquera & Bravo, 2012)

1.2. Objetivo General

Reducir los tiempos de recepción y entrega del área de abastecimiento de Soquimich Comercial S.A, mediante la modificación de la distribución física de la bodega y la simulación de cada escenario posible para encontrar el óptimo y poder contribuir en la mejora de la Supply Chain de la empresa.

1.3. Objetivos específicos

- Tener mayor conocimiento de la forma en que se utilizan las distintas técnicas de orden, con tal de identificar las principales teorías y metodologías relacionadas al abastecimiento y layout, para poder generar criterios de orden para poder asignar posiciones a cada elemento de la bodega.
- Generar potenciales escenarios de orden a través criterios de asignación, como alternativas de redistribución, utilizando los criterios planteados con tal de poder definir posibles combinaciones de orden.

- Validar cada una de las alternativas mediante la simulación de los distintos escenarios, analizando factibilidad y rendimiento de cada escenario, para encontrar un óptimo.
- Proponer un listado de recomendaciones, el cual indique, basándose en los criterios propuestos, las modificaciones que la empresa debiese realizar según prioridades que se asignarán para cada caso de variación, frente a cambios tales como variabilidad de los productos, volatilidad de la demanda, entre otros.

1.4. Levantamiento de la información

A partir de los requerimientos que surgen en este trabajo, se procedió a investigar los datos que la empresa maneja, mediante reuniones con el personal a cargo del área de Bodega y de la de Contratos, con tal de obtener datos como la rotación, layout actual y costos a partir de cotizaciones de empresas que prestan servicios a la empresa.

1.5. Revisión Bibliográfica

Fue necesario entender más sobre el tema de lo que ocurre y cómo se trabaja en una bodega, por lo que se estudió de papers, tesis similares, artículos y ciertos apuntes obtenidos de algunas clases durante la carrera que estuviesen relacionadas con el tema. A partir de esto, se logra construir el Marco Teórico y construir una Metodología sustentada en argumentos válidos.

1.6. Formulación de las propuestas

Para la formulación de las propuestas se utilizaron criterios y métodos aprendidos a partir de las reuniones con el personal, de las referencias encontradas y papers leídos en la universidad. Además de considerar la información misma entregada por parte del personal involucrado.

1.7. Simulador

Para poder simular los desempeños de los escenarios propuestos y el actual se utiliza este software capaz de recrear el proceso que se vive en la bodega, el simulador utilizado para este trabajo fue el Simulador Promodel, el cual se escogió dentro de una lista de simuladores, dado que se encontraron casos similares de simulaciones en bodegas, lo que agilizaría el proceso de modelaje. La simulación constará de un caso hipotético con tal de equiparar las condiciones y poder reflejar una comparación fidedigna.

1.8. Análisis de resultados

Con tal de entender los resultados obtenidos y establecer una coherencia con respecto a los objetivos, se analizarán los resultados en cuanto al tiempo empleado, los costos asociados y otros factores que fueron apareciendo en la investigación. Esto debido a que se busca encontrar el mejor desempeño con respecto al tiempo en que cada escenario emplee para cumplir cierto requerimiento. Además, se buscará dejar una serie de recomendaciones para futuras modificaciones.

1.9. Conclusiones

Se busca concluir con respecto al desempeño obtenido por los escenarios propuestos en comparación con el escenario actual y poder definir que alternativa es la óptima para lograr reducir los tiempos empleados en la bodega, mejorando el desempeño de ésta y, con esto, el de la cadena de abastecimiento.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes en Soquimich Comercial S.A (SQM)

SQM es una minera no metálica con 48 años de vida, que se ha caracterizado por ser pionera a nivel mundial al incorporar la innovación a los procesos y productos. (Reporte de Sustentabilidad SQM, 2015)

SQM es uno de los productores de NVE, Litio y Yodo de menor costo productivo a nivel mundial. Lo anterior, se sustenta en su condición de productor integrado, la naturaleza y alta calidad de sus reservas, las economías de escala alcanzadas y la eficiencia de sus procesos productivos. (Feller Rate, 2017)

Como se menciona en El Economista (2017), en el primer trimestre, SQM obtuvo una utilidad de 103,23 millones de dólares entre enero y marzo, un alza interanual del 76,4%. Analistas en un sondeo de Reuters habían estimado una ganancia de 78 millones de dólares. En el caso del negocio del litio, Patricio De Solminihac, Gerente General de SQM, destacó un crecimiento de la demanda más fuerte que lo estimando, por lo que pronóstico que los pedidos del mineral subirán un 14% este año a nivel global.

"Frente a este nuevo escenario, creemos que para el resto del año el mercado podría mantenerse estrecho. Para satisfacer esta creciente demanda y aprovechar los precios sólidos del mercado del litio, hemos decidido ampliar nuestra capacidad de carbonato de litio en Chile de 48.000 a 63.000 MT/año", dijo De Solminihac. (El Economista, 2017)

Siendo el productor de litio más grande del mundo, SQM está comprometido al desarrollo y sustentabilidad de la industria del litio. Nuestro compromiso no solo se limita a entregar productos de alta calidad y en una manera oportuna, sino también a hacer inversiones significativas para asegurar la disponibilidad del producto. SQM cuenta con la certificación de Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008 para la producción y venta de Carbonato de Litio e Hidróxido de Litio, demostrando su compromiso con la satisfacción del cliente, así como también su compromiso de mejora continua de sus procesos, integrando las realidades de un mundo cambiante. (SQM, 2017)

A pesar de su buen desempeño en cuanto a innovación, sustentabilidad, ganancias y nivel de servicio a sus Clientes, SQM no está exenta de dificultades dentro de sus procesos. Si bien en todas las grandes empresas existen dificultades las cuales se deben resolver de la manera más rápida y eficiente, ésta no es razón para que SQM no resuelva dichos problemas o procesos que no son del todo eficiente, dado que debe mantener su nivel de atención, su reputación y su margen de ganancias, idealmente, por sobre los rangos ya alcanzados.

En esta investigación, se analizará específicamente el Área de Abastecimiento de SQM, donde se presentan ciertas dificultades que merman el rendimiento del proceso logístico de la empresa. Según N. Bravo, Jefe de Logística Nacional y Bodega de la empresa (Comunicación personal, 3 de **noviembre**, 2017), existen deficiencias tales como una baja tasa de producción debido a las ineficiencias en la bodega, paralización de la planta y mala atención al cliente debido a una mala Gestión, lo que genera costos de ineficiencia, costos de inventario y pérdida de la fidelidad del cliente o del cliente en sí.

Por esta razón, es que se deberá analizar ciertos aspectos e implicancias de una buena Gestión de la Cadena de Suministro e indagar en los principales problemas que se pueden presentar en el Área de Abastecimiento de una empresa, con tal de poder encontrar métodos y técnicas para soluciones dichas dificultades.

2.2. La Cadena de Suministro de una empresa

La logística moderna es definida como: el proceso de planificación, implementación y control de la eficiencia, el flujo efectivo y almacenaje de mercancías, servicios, e informaciones relacionadas desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de adecuarse a la exigencia del cliente. (Jim Wu, 2000)

Además, según el PILOT, Manual Práctico de Logística La Gestión de la Cadena de Suministro es la planificación, organización y control de las actividades de la cadena de suministro. En estas actividades está implicada la gestión de flujos monetarios, de productos o servicios de información, a través de toda la cadena de suministro, con el fin de maximizar, el valor del producto/servicio entregado al consumidor final a la vez que disminuimos los costes de la organización. (Samireh, 2014)

La Cadena de Suministro se compone de 3 etapas. A continuación, detallamos las fases de esta cadena (Samireh, 2014):

- Suministro: Consiste en cómo, cuándo y dónde se obtienen las materias primas, con el objeto de poder pasar a la fase de transformación.
- Fabricación: Convierte las materias primas en productos terminados. Mientras más bajos sean los costos de producción, más barato será el producto.

- Distribución: Traslada el producto final hasta los comercios, factorías y lugares de venta para que pueda ser adquirido por el consumidor.

En la actualidad, los costos logísticos representan entre 18% y 35% del valor del producto final, cifra que supera la que registran los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que es de un 8%. Si bien Chile es miembro de la OCDE, se debe hacer frente a toda actividad que esté generando “desperdicio” en la Cadena de Valor, con tal de reducir dichos costos y aumentar los márgenes de ganancias. (División de Transporte del Banco Interamericano de Desarrollo, 2013)

Como menciona Samireh (2014), la Cadena de Suministro busca promover un adecuado servicio al consumidor final, entregar los productos a tiempo y de calidad, ser capaz de entregar toda la variedad de productos y poseer un balance adecuado.

Como ya se mencionó, alguno de los objetivos principales de SQM son la entrega a tiempo de los productos demandados por el Cliente generando un buen nivel de atención, lo que involucra la obligación de poseer una excelente Gestión de la Cadena de Suministro, por lo que se debe analizar aspectos primordiales con tal de asegurar una buena gestión.

Si bien la Cadena de Suministro está sujeta a fuerzas particulares de su mercado, industria y regulaciones, existen seis aspectos claves que deben ser considerados bajo el entorno competitivo actual; según Campos (2013) estos son:

- Empresas guiadas por la demanda: El objetivo fundamental es escuchar “la voz del cliente” en todo momento para identificar y predecir sus hábitos de consumo y sus preferencias.

- **Redes colaborativas y sistémicas:** La colaboración es la clave de la integración virtual. En la búsqueda de la optimización, las organizaciones se concentran en menos actividades y dependen más de sus proveedores para responder eficazmente a sus clientes. La tercerización seguirá creciendo como una necesidad competitiva.
- **Estructuras ágiles y escalables:** La agilidad está compuesta de dos elementos: la capacidad de responder rápidamente a los cambios del mercado y hacerlo de forma rentable para los socios de la cadena. Se deben eliminar etapas que no agreguen valor al producto.
- **Flujo rápido:** La velocidad con la que las cadenas muevan la información afectará la cantidad y disponibilidad de materiales y servicios. El desafío es tener la información oportuna en el momento adecuado para sólo tener la cantidad de producto y servicio demandada por el mercado.
- **Digitalización:** Los sistemas de información deben ser capaces de interpretar la información y, mediante “reglas de negocio”, generar acciones sin necesidad de la intervención humana. Estos sistemas deben ser soportes en la toma de decisiones. Captura de información lo más rápido posible para evitar errores.
- **Responsabilidad ambiental y social:** La globalización ha sido interpretada por algunos como el permiso de ir a contaminar en otras latitudes o el de trasladar todo su negocio a otros países y reducir sus actividades a una “simple comercialización”, sin embargo, los resultados en los últimos años han demostrado que las organizaciones deben trabajar estrechamente con sus comunidades creando lazos que aporten beneficios a ambos como la creación de fuentes de trabajo y el consumo de los productos y servicios.

A pesar de que se deben considerar los seis aspectos antes mencionados para asegurar el éxito en la Cadena de Suministro, para esta investigación se hará énfasis en poseer Estructuras ágiles y escalables y de poseer un flujo rápido. Esto a raíz de la problemática mencionada en el punto anterior, donde el Área de Abastecimiento de SQM, donde se necesita agilizar el proceso para eliminar las deficiencias a través de técnicas y métodos para mejorar el desempeño de la Cadena de Suministro; pero más específicamente, mejorar el desempeño en la bodega de la empresa.

Para esto se analizarán los principales problemas que se podrían presentar en el Área de Abastecimiento, revisar casos y técnicas exitosas frente a desafíos en la cadena y poder evaluar la redistribución del layout de la bodega de SQM.

2.3. Principales problemas en el Área de Abastecimiento

Algunos de los problemas que se presentan en esta área son el incumplimiento de los transportadores, el almacenamiento, el robo de mercancías en las bodegas, la inexactitud de los inventarios de la mercancía almacenada, el almacenamiento de material inservible y la falta de planeación. (“Gestión Cadena de Abastecimiento”, s.f)

En esta investigación se analizará más específicamente el problema de Almacenamiento de SQM. Los objetivos del diseño y layout de los almacenes son facilitar la rapidez de la preparación de los pedidos, la precisión de los mismo y la colocación más eficiente de existencias, todo ello en pro de conseguir potenciar las ventajas competitivas, consiguiendo ciclos de pedidos más rápidos y un mejor servicio al Cliente. (Salazar, s.f)

Para lograr dicho objetivos se deben mejorar, en lo posible solucionar, ciertas falencias como las que menciona Palenzuela (2016), donde postula que los principales problemas en el Área de Almacenamiento de un Pyme son el hecho de no conocer la ubicación de los productos, no disponer de suficiente espacio, fallas en el layout de la bodega, la trazabilidad interna y externa del producto, errores de picking, mala gestión de la información para la toma de decisiones, problemas en el inventario, caducidad u obsolescencia, integración del sistema, no definir KPIs y no optimizar los Recursos Humanos.

Si bien SQM no cae en la categoría de Pyme, podemos rescatar ciertos errores en los que podría recaer esta empresa dado los problemas que presenta la empresa en el Área de Almacenamiento, tales como errores en el layout y de picking, aspectos claves en este proceso.

Un buen diseño de layout ayuda a cumplir el objetivo general de una Gestión de almacenes; garantizar el suministro continuo de los materiales y medios de producción requeridos para asegurar los servicios de forma ininterrumpida, generando así una logística integral que incremente los niveles de servicios a los clientes intentando minimizar costos. (“La importancia del layout en el almacén”, 2015)

2.4. Layout de Bodega y Métodos de Asignación

2.4.1. Layout de una Bodega

Como se menciona en “Layout del almacén y Planificación de la Cadena de Suministros” (2014), el layout de un almacén es la disposición que tiene en su interior, y su planificación y diseño es un proceso complejo donde se debe tener en cuenta:

- La estrategia de entradas y salidas de la mercancía en el almacén.
- El tipo de almacenamiento más eficiente para los productos, teniendo en cuenta sus características particulares.
- El sistema de transporte interno que se vaya a utilizar.
- La frecuencia en la rotación de los productos.
- El nivel de inventario que se quiere mantener.
- Las pautas de embalaje y preparación de los pedidos que tienen que salir del almacén.

Un diseño efectivo de la bodega de una empresa trae múltiples beneficios y podría garantizar un buen nivel de servicio a los Clientes. Entre los beneficios de tener un layout eficiente se encuentran: un mejor aprovechamiento del espacio disponible, flujo de materiales y personas acorde al proceso. Proceso productivo más simple de seguir y controlar. Reducción o eliminación de distancias y tiempos dedicados al transporte y almacenamiento, por lo tanto, disminución o eliminación de tareas que no agregan valor y generan costos innecesarios. (“Análisis del Layout”, s.f)

2.4.2. Criterios de Asignación

Se debe recolectar la mayor cantidad de información posible y de calidad antes de empezar a diseñar un layout. Además, se necesita asignar de alguna manera algún orden y prioridades, para esto Arroyo (2008) considera que se deben tener énfasis en las relaciones funcionales (importancia, frecuencia, seguridad), flujos de materiales y procesos, dentro y entre dichas áreas, para determinar su proximidad o lejanía física, por medio de diagramas de flujo o matrices funcionales.

Algunas políticas de asignación de los productos en una bodega, según Tapia (2011), son:

- **Almacenamiento Aleatorio (Random Storage):**
Se asigna una ubicación aleatoria con ubicaciones disponibles de igual probabilidad, lo que permite un alto nivel de utilización, pero mayores distancias en algunos casos.
- **Ubicación Cercana Disponible (Closest Open Location):**
Se asigna a la primera ubicación disponible, la bodega generalmente tendrá ubicaciones disponibles en los módulos más lejanos.
- **Almacenamiento Dedicado (Dedicated Storage):**
Cada SKU posee un número asignado de ubicaciones, incluso si el producto no posee stock. Se consideran ubicaciones disponibles para almacenar el máximo de nivel de inventario, por lo es la estrategia con menor utilización.
- **Volumen de Venta (Full Turnover Storage):**

Los SKUs con mayor tasa de venta se ubican en las zonas de mayor accesibilidad. Se aplica mediante el método de Cube per Order Index (COI), el cual se define como la razón entre el total de volumen requerido y el número de líneas necesarias para satisfacer la demanda. Por lo que, a menor COI, se asignará una ubicación con mayor accesibilidad.

Una situación problemática tan compleja como lo es el diseño del layout de una bodega, como se describe en Chase, Jacobs & Aquilano (2009), requiere un nivel de complejidad apropiado en la solución; una solución simple para un problema complejo suele estar equivocada. Los diagramas de ciclos causales se implantan en software para facilitar las actividades con modelos y simulaciones computarizadas mediante el uso de diagramas de estados y flujos.

Se pueden emprender los experimentos en la simulación antes de que un sistema real esté operando, para ayudar a diseñarlo, para observar cómo reaccionaría el sistema ante cambios en sus reglas de operación o para evaluar la respuesta del sistema ante cambios en su estructura. (Ryks, 2011)

2.5. Simulación como herramienta de Validación

La simulación es adecuada especialmente en situaciones en las que el tamaño o la complejidad del problema dificulta o hace imposible el uso de técnicas de optimización. Por eso se han estudiado extensamente los talleres de trabajo, caracterizados por problemas de líneas de espera complejos, a través de la simulación, al igual que ciertos problemas de inventario, distribución de planta y mantenimiento (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Como se describe en Chase, Jacobs & Aquilano (2009), las principales fases de un estudio de simulación son:

- Definir el problema:
Especificación de objetivos e identificación de las variables relevantes controlables e incontrolables del sistema que se va a estudiar.
- Construir Modelo de Simulación:
Debe elaborarse conforme a las necesidades de cada situación, especificando las variables y parámetros, las reglas de decisión, las distribuciones de probabilidad y de procedimiento de incrementos de tiempo.
- Especificar valores de variables y parámetros:
Definiendo las condiciones iniciales y determinando la longitud de ejecución.
- Ejecutar la Simulación.
- Evaluar Resultados:
Comparar los resultados de simulación: datos operativos antiguos del sistema real, datos operativos del desempeño de sistemas semejantes y la percepción del analista de la operación del sistema real. Sin embargo, se debe admitir que la información obtenida de estas fuentes probablemente no sea suficiente para validar las conclusiones derivadas de la simulación. Por lo que la evaluación real de la simulación será el desempeño real del sistema después de haberse implementado.

- Validación:

Se refiere a probar el programa de computación para garantizar que la simulación está bien. Específicamente, es una verificación para corroborar si el código de la computadora es una traslación válida del modelo de diagrama de flujo y si la simulación representa adecuadamente al sistema real.

Muchos analistas consideran la Simulación como una forma de prueba de hipótesis, donde cada ejecución de simulación ofrece uno o más datos de muestra que son susceptibles al análisis formal a través de los métodos estadísticos inferenciales (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009). Con esto, se tiene que la Simulación bien modelada y ejecutada permitirá validar resultados, los cuales, posterior a evaluarse, podrán considerarse en la implementación según las especificaciones del modelo simulado; implementando el cual maximice el desempeño del Área de Abastecimiento de SQM.

3. METODOLOGÍA

3.1. Levantamiento de la información

Los datos necesarios para generar los escenarios propuestos, como la información de cómo opera la bodega de la empresa, se obtuvieron mediante una serie de reuniones con personal de SQM.

Estas reuniones se realizaron con la Jefatura de Logística Nacional y Bodega, donde Nicolás Bravo, César Carreño y Ariel Galdames, colaboraron en el levantamiento de información compartiendo información importante como lo es la rotación de cada familia, las características de la maquinaria que se emplea, los layout de cada sector de la bodega, dimensiones de la bodega y el funcionamiento de ésta. Además, colaboró Luis González, quien es Ingeniero de Contratos de SQM, entregando información sobre los costos asociados a las posibles modificaciones que se deberían emplear en caso de implementar una de las alternativas propuestas en esta investigación.

Posteriormente, se proponen las alternativas para la modificación del layout de la bodega, con el fin de disminuir los tiempos de operación y, con esto, contribuir en una mejora al nivel de servicio en la Supply Chain de la empresa.

Además, a partir de las referencias, se obtuvo la información necesaria para sustentar los métodos en que se respaldan las distintas alternativas propuestas para modificar el layout, como métodos de asignación, criterios para modificar una bodega, entre otros puntos que se abordaron con respecto al almacenamiento.

3.2. Formulación de las propuestas

Para esta propuesta de modificación del layout de la Bodega de Atacama de SQM, se consideraron solo dos de los tres espacios de los cuales se conforma esta zona de almacenamiento. Dichos espacios son la Bodega Principal, el Patio y la Bodega de Sustancias Peligrosas, donde esta última se apartó de la investigación debido al grado de responsabilidad que esta conlleva, por la seguridad que se necesita; además de que ya se había realizado un manejo de layout respectivo a dicha zona, como menciona N. Bravo, Jefe de Logística Nacional y Bodega de la empresa (Comunicación personal, 21 de **marzo**, 2018), con tal de maximizar eficiencia y seguridad de esta.

Para esto, se tuvo que analizar cómo estaban dispuestos los elementos en cada zona, su rotación, la ubicación del punto de recepción y el de despacho, qué maquinaria se utiliza para el manejo de materiales y el tipo de estructuras para almacenar. De todo esto depende de cómo será la propuesta del nuevo layout, dado que se debe optimizar el tiempo de manejo de materiales tanto durante el almacenamiento al momento de la recepción como durante el picking, por lo que la rotación, la maquinaria, las estructuras y el tipo de agrupación de estos elementos son aspectos importantes al momento de evaluar la reubicación de los elementos de la bodega.

3.2.1. Criterios de agrupación

La manera en que SQM agrupa sus elementos es por clasificación de familias, quiere decir, que se agrupan elementos con características o funciones similares en una misma ubicación, con tal de mantener un orden tanto físico como dentro del sistema. Dentro de la Bodega Principal se utilizan estantes (poseen 10 a 13 pisos) y racks selectivos de 2 y 4 metros

de alto (dentro del rack selectivo, cada piso mide 50 centímetros de alto), excluyendo las estructuras de ciertos productos inflamables dentro de esa zona que van aisladas junto con recipientes con agua. En estos estantes y racks selectivos se ubican en familia, tal como se mencionó anteriormente, los distintos elementos pertenecientes a procesos de mantención y accesorios para los distintos tipos de trabajos que se realizan dentro de la bodega o en los diversos proyectos en los cuales se pudiesen necesitar. Ya fuera de la Bodega Principal, está el Patio, el cual se divide en dos sectores, donde uno de ellos es el que posee mejor acceso a los puntos de recepción y despacho. En el Patio se ubican los elementos también en familias, pero no se utilizan estructuras para almacenarlas, sino que se agrupan en el piso.

3.2.2. Maquinaria

La maquinaria utilizada para la carga y descarga de artículos en el Patio, son principalmente grúas horquillas de 4,5 y 7 toneladas de capacidad, de 2,75 y 3,5 metros de radio de giro, respectivamente. Además, un camión se encarga de transportar los productos dentro del recinto. Estas grúas son las encargadas de cargar o descargar el camión recolector que recorre la bodega para entregar en la zona de despacho el pedido o ir dejando en cada pasillo los artículos correspondientes, en caso de que hayan llegado a la bodega para su almacenamiento. Para el caso de la Bodega Principal, se utilizan trabajadores y un apilador eléctrico, el cual posee un radio de giro de 2,5 metros. Estos radios de giro son importantes a la hora de evaluar el manejo de materiales, dado que, si bien en el Patio se puede descargar y depositar directamente en el suelo, dentro de la Bodega Principal los pasillos son angostos, por lo que se necesita la grúa horquilla para cargar o descargar algún artículo del camión y luego el apilador eléctrico lo coloca en su lugar dentro del recinto.

3.2.3. Criterios e información para formular las propuestas

Existen varios criterios con los cuales se podría ordenar una bodega como la asignación alfanumérica, asignación alfanumérica y rotación, por rotación, por Selección del Factor de Densidad: SFD (Índice que evalúa la relación entre la rotación y el volumen del elemento), entre otros métodos. Este último, es el más eficiente según un experimento realizado sobre 800 artículos con un promedio de 800 selecciones por día, entregando el menor tiempo y la menor distancia recorrida por selección, el menor tiempo por recolección de artículo y el menor espacio total utilizado (Ballou, 2004).

Ya conociendo los datos necesarios para la redistribución del layout de la bodega y los posibles métodos a utilizar, se procede al análisis de la rotación por cada familia de artículos dentro de la Bodega Principal y el Patio. Si bien, el método más eficiente para asignar ubicaciones dentro de una bodega es el SFD, se llegó a la conclusión junto con A. Galdames Administrador WMS Bodega Salar de Atacama SQM (Comunicación personal, 21 de **marzo**, 2018), que la asignación de las nuevas ubicaciones de los elementos de la bodega debiesen realizarse según las familias de artículos, esto dado que, como se mencionó anteriormente, la empresa ya agrupa en familias sus productos, tanto física como por el sistema, por lo que cualquier modificación a esta modalidad de trabajo implicaría una modificación completa al sistema, generando un desorden, un periodo de adaptación y los costos asociados. Debido a este problema, se llegó al acuerdo de trabajar con la rotación promedio de cada familia, otorgando una ubicación a cada familia dentro del layout, resguardando su extensión territorial sobre éste. Con esto se mantendrá el orden dentro del sistema, no existirá necesidad de adaptación ni mucho menos una modificación en el terreno.

En el Patio, luego de asignar la ubicación óptima a cada familia, según su rotación y cercanía al punto de despacho y de recepción (puntos que se encuentran prácticamente en la misma zona), se procede a reasignar cada artículo dentro de la familia según su propia rotación, ubicando cerca del pasillo aquellos productos que posean mayor rotación dentro de dicha familia. Dentro de la Bodega Principal, la ubicación de cada familia será por pasillo, esto quiere decir que los estantes al estar compuestos por dos lados contendrán un grupo de familias por cada lado, procurando ubicar las familias con mayor rotación en los estantes más cercanos al punto de despacho, y ya dentro del estante, orientarlas hacia los pasillos que estén más próximos a este mismo punto. El mismo caso aplica para los racks selectivos, pero, a diferencia de los estantes, poseerán solo una familia por lado y aplicando el mismo criterio de asignación.

3.2.4. Formulación Propuesta 1 para el Patio

La primera propuesta tiene como principio reordenar el Patio como se tiene registrado por sistema, esto quiere decir, que las familias que por sistema pertenezcan al patio 1 estarán todas juntas, mismo caso para las familias del patio 2. De esta manera, se consigue un orden físico de los elementos y coherencia con el ordenamiento del sistema. A partir de esta división, se plantea que a cada sub-Patio se le aplique una optimización a su microlayout mediante la comparación de las rotaciones promedios por familia. Esta reubicación de las familias se realizará para ambos sub-Patios según el criterio de asignación explicado anteriormente. Es decir, se reubicarán las familias según su rotación promedio lo más cerca al punto de despacho, pero en el sub-Patio que correspondan, de manera independiente al otro. Cabe destacar que debido a que el área disponible para almacenar en el Patio está

acotada por construcciones pertenecientes a la bodega, por lo que dada la extensión de cada área disponible para ubicar un sub-Patio, se deberá proponer una sola propuesta con este criterio, ya que el sub-Patio 2 por sistema posee más familias que el sub-Patio 1, además de que utilizan mayores dimensiones de terreno. Por esta razón, se fijó el sub-Patio 1 a la derecha del layout y el sub-Patio 2 a la izquierda de este mismo.

Esta propuesta fue diseñada en conjunto con Ariel Galdames, quien en una de las reuniones solicitó la separación física de los sub-Patios, en el caso de que fuese posible. Por lo que esta propuesta será la de mayor prioridad en caso de resultar ventajosa frente al escenario actual.

3.2.5. Formulación Propuesta 2 para el Patio

La segunda propuesta, descarta la opción de ordenar las familias por sub-Patios, ya que actualmente trabajan con todas las familias de manera generalizada, sin importar al sub-Patio al que pertenezcan por sistema. Se reasignarán las familias de la misma manera que en la primera propuesta, pero esta vez de manera general, es decir, analizando la rotación de todas las familias y reubicándolas en ambos patios sin importar a cuál pertenezcan por sistema, procurando que las familias con mayor rotación se ubiquen lo más cerca al punto de despacho. Esto quiere decir que las familias con mayor rotación, además de ubicarse cerca del punto de despacho, se ubicarán cercanas al pasillo central por donde realiza su recorrido el camión recolector.

3.2.6. Costos asociados a implementación en el Patio

La implementación de ambas propuestas, por el hecho de necesitar trasladar todas las familias a una nueva posición dentro del Patio, se incurriría tanto en costos como en tiempos similares. Dada la cotización efectuada por L. González, Ingeniero de Contratos SQM (Comunicación personal, 8 de **noviembre**, 2018), encargado de las licitaciones y contratos de empresas que prestan servicios a SQM, el valor aproximado de esta implementación sería de aproximadamente 27 millones de pesos, con una extensión de tiempo del trabajo de un mes, es decir, 180 horas considerando una jornada laboral de lunes a viernes. En la siguiente tabla se mostrarán los detalles de los costos asociados a esta posible implementación.

Tabla 3.1: Costos asociados a la implementación de ambas propuestas en el Patio.

	Cantidad	costo unitario	costo
Grúa horquilla	1	\$ 5,634,000	\$ 5,634,000
Camión pluma	1	\$ 5,130,000	\$ 5,130,000
Supervisor	1	\$ 1,499,940	\$ 1,499,940
Asesor Prevención de riesgo	1	\$ 1,499,940	\$ 1,499,940
Operador grúa horquilla	1	\$ 1,246,680	\$ 1,246,680
Operador camión pluma	1	\$ 1,246,680	\$ 1,246,680
Rigger	1	\$ 860,580	\$ 860,580
Operadores	4	\$ 750,960	\$ 3,003,840
Costo Directo			\$ 20,121,660
Gastos Generales		20%	\$ 4,024,332
Utilidades		15%	\$ 3,018,249
TOTAL			\$ 27,164,241

Fuente: SQM.

Para el caso de ser implementada una de las dos alternativas propuestas, se tiene la Carta Gantt asociada a dicho proceso considerando la evaluación, planificación, simulación

e implementación para los layout propuestos para el Patio. Se consideraron también las reuniones realizadas con la Jefatura.

Tabla 3.2: Carta Gantt para implementar alguna de las alternativas propuestas para el Patio.

Proceso	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Tiempo por proceso
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Estudio criterios de asignación	■	■	■	■																																					4 semanas
Análisis del layout					■	■																																			2 semanas
Análisis de la rotación						■	■																																		2 semanas
Reunión con Jefatura																																									4 semanas
Elección de criterio de orden																																									5 semanas
Propuestas de layout																																									4 semanas
Simulación																																									12 semanas
Cotización propuestas																																									6 semanas
Implementación de propuesta																																									6 semanas
																																	Tiempo Total	45 semanas							

Fuente: elaboración propia.

Como acotación, los cuadros en amarillo representan las semanas utilizadas para dichas etapas en caso de implementación real de la propuesta.

Cabe destacar, que la Bodega Principal utilizará el mismo criterio de asignación mencionado para el Patio, pero en este caso se separarán las familias por las que se deben ubicar en los estantes o en los racks selectivos, dependiendo su peso y/o tamaño. A partir de eso, se realiza la reubicación según las rotaciones de las familias ubicadas en los estantes, y luego la reubicación de la misma manera con las familias ubicadas en los racks selectivos.

3.2.7. Formulación Propuesta de la Bodega Principal

La propuesta para la Bodega Principal, por su parte, al ya estar correctamente ordenadas las familias según su rotación se optó por cambiar de posición ciertos estantes y racks selectivos, por lo que la propuesta se basa meramente en el hecho de que una disposición simétrica de estos últimos, lo que significa facilitar la visualización para los

trabajadores al momentos de operar dentro de la bodega, esto induce a menos errores, lo que agilizaría en parte el proceso de bodegaje dentro de esta sección (Tosco, 2014).

3.2.8. Costos asociados a implementación en la Bodega Principal

No se debe olvidar el costo asociado a dicha modificación implicada en esta propuesta, que, dada la cotización efectuada por L. González, Ingeniero de Contratos SQM (Comunicación personal, 8 de **noviembre**, 2018), este sería de aproximadamente 37 millones de pesos.

A continuación, se muestran los costos de manera desagregada y en detalle por unidad:

Tabla 3.3: Costos asociados a la implementación de la propuesta en la Bodega Principal.

	Cantidad	Costo unitario mensual	Subtotal
Personal			
Supervisor	1	\$ 1,499,940	\$ 1,499,940
Asesor Prevención de riesgo	1	\$ 1,499,940	\$ 1,499,940
Operador grúa horquilla	1	\$ 1,870,020	\$ 1,870,020
Operador camión pluma	1	\$ 1,246,680	\$ 1,246,680
Rigger	1	\$ 860,580	\$ 860,580
Operadores	8	\$ 750,960	\$ 6,007,680
Equipos y Herramientas			
Grúa horquilla	1	\$ 8,451,000	\$ 8,451,000
Camión pluma	1	\$ 5,130,000	\$ 5,130,000
Cajas de Herramientas	4	\$ 300,000	\$ 1,200,000
Costo Directo			\$ 27,765,840
Gastos Generales		20%	\$ 5,553,168
Utilidades		15%	\$ 4,164,876
TOTAL			\$ 37,483,884

Fuente: SQM.

Donde se consideró que se trabajarían 180 horas en el mes con una jornada laboral de 5x2 (de lunes a viernes), a excepción de la grúa horquilla y el operador de ésta, que trabajarían 270 horas por el retiro y acomodo de los elementos que se deben almacenar en cada lugar correspondiente.

Para el caso de ser implementada la alternativa propuesta, se tiene la Carta Gantt asociada a dicho proceso, al igual que para el Patio, considerando la evaluación, planificación, simulación e implementación para el layout propuesto para la Bodega Principal, también se consideraron las reuniones efectuadas.

Tabla 3.4: Carta Gantt para implementar la alternativa para el Bodega Principal.

Proceso	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Tiempo por proceso
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Estudio criterios de asignación	■	■	■	■																																					4 semanas
Análisis del layout					■	■																																			2 semanas
Análisis de la rotación							■	■																																	2 semanas
Reunión con Jefatura																																									4 semanas
Elección de criterio de orden									■	■	■	■	■	■	■	■																									5 semanas
Propuestas de layout													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■													4 semanas
Simulación																																									12 semanas
Cotización propuestas																													■	■	■	■									6 semanas
Implementación de propuesta																																	■	■	■	■					4 semanas
																																	Tiempo Total	43 semanas							

Fuente: elaboración propia.

Como acotación, al igual que para el caso del Patio, los cuadros en amarillo representan las semanas utilizadas para dichas etapas en caso de implementación real de la propuesta.

Debido a que en el simulador no se pueden recrear los errores y comportamientos humanos de los operadores dentro de la bodega, se tomará en cuenta esta propuesta solo en el caso de que el tiempo empleado, para cumplir los requisitos propuestos, sea mermado. En caso contrario, prevalecerá el layout actual en la Bodega Principal.

3.3. Simulador Promodel

Como se menciona en el Marco Teórico, la simulación es una herramienta eficaz y poderosa, que permite predecir el funcionamiento y el desempeño de múltiples actividades, de una manera más sencilla que utilizando modelos matemáticos avanzados (Arango, Zapata & Pemberthy, 2010).

Las propuestas se simularán mediante el Simulador Promodel, procurando imitar lo más posible el layout propuesto como si se llevase a la realidad, con el fin de evitar errores burdos donde una disposición errónea podría causar fallas en los resultados. Esto involucra, tamaño total, ancho de los pasillos, estructuras anexas al layout a modificar, alto de los estantes y racks selectivos, alto y ancho de los espacios disponibles en estas últimas, la maquinaria a utilizar y los volúmenes aproximados de los productos que se manejarán. A fin de evitar complejidades en la simulación se trabajarán con las rotaciones promedio de cada familia como si fuera la rotación de cada producto.

Además de simular ambas propuestas, se efectuará el mismo trabajo para el layout actual, a fin de comparar los tiempos de recepción y despacho de los tres escenarios. Esto con el fin de tener un parámetro de comparación respecto al caso base, es decir, el escenario actual para cada sector. Si bien no se trabajará con un tiempo real registrado, dado que la empresa no maneja un tiempo estimado de operación para el ciclo de un producto en bodega, es por esto que se realizará la simulación de los escenarios actuales, con tal de tener un tiempo base con el cual se pueda comparar el desempeño de los layout propuestos. El escenario que entregue los menores tiempos será el más eficiente y el escogido para la propuesta de redistribución de layout de la Bodega de Salar de Atacama.

3.3.1. Parámetros de simulación

Posterior a la formulación de las alternativas propuestas para la modificación del layout de la bodega, se deben recrear dichos escenarios con tal de poder entender cómo se desempeñarían en caso de implementarlo, entregando la información necesaria para poder comparar entre todas las propuestas bajo los mismos parámetros. Para esto es que se utilizará un simulador, para obtener la información necesaria de cada escenario.

Se recrearán los distintos escenarios con valores fijos para cada parámetro a utilizar con tal de procurar de que no existan variantes que alteren los resultados, ya que principalmente se desea saber el tiempo total empleado en cumplir un número fijo de requerimientos, por lo que lo primordial es la disposición de las familias y el ruteo correspondiente para cada escenario.

Ya con esto, al simular cada escenario, se obtendrán los siguientes datos:

- Tiempo total empleado
- Porcentaje de utilización de medios de transporte utilizados
- Porción del tiempo en que la locación (familia) fue utilizada

Se dispondrán en distintas locaciones las familias de ambas secciones a estudiar de la bodega tal como se mostrarán en el siguiente punto, almacenando los productos mediante los recursos de transporte ya previamente mencionados y, con los datos obtenidos, se simularán para lograr la obtención más exacta posible a partir de la recreación de los escenarios.

Posterior a la obtención de estos datos, por cada escenario recreado, se procede a la comparación de estos con tal de poder realizar un análisis, junto con los datos de costos ya previamente obtenidos, y poder entregar los resultados de esta investigación.

3.3.2. Parámetros para simulaciones en el Patio

El proceso de bodegaje con el cual opera el Patio se define básicamente en 5 pasos. Primero llega el producto a la zona de recepción, luego un camión recoge el producto y lo traslada al lugar respectivo al que pertenece el producto según su categoría. Posterior a esto, el producto permanece almacenado hasta que es solicitado por el Cliente y llega el mismo camión que ahora realizará el proceso de picking y lo llevará a la zona de despacho, donde finalmente es trasladado hacia el cliente o es el mismo quien lo retira.

Tomando en consideración estos pasos, se procede a recrearlo en el simulador Promodel, considerando ciertos tiempos medios de espera en cada etapa, los cuales fueron entregados por la empresa. Para esta investigación, las simulaciones a realizar serán llevadas a cabo de tal manera de poder recrear todo el proceso de bodegaje de manera casi inmediata, además, dado que el objetivo principal de esta memoria es encontrar los menores tiempos de manejo de material, se fijarán ciertos tiempos cercanos a la realidad debido a que no se tiene un seguimiento de lo que demora en ser recogido un producto después de arribar, cuánto tiempo permanece inventariado, el tiempo en la zona de despacho antes de ser trasladado donde el cliente y la velocidad de los vehículos utilizados en la bodega. Con esto se determina que los tiempos en que los artículos van a estar inventariados será de una media de 120 minutos con una distribución normal, con el fin de poder simular al mismo tiempo la recepción y el picking en el mismo escenario. El tiempo de espera que se utilizará, entre que

llega el producto a la zona de recepción hasta que el camión es notificado para recogerlo, es de 50 minutos, el tiempo el cual el producto permanece en la zona de despacho será de 30 minutos. Por último, para el caso del Patio solo se utilizará un camión el cual se movilizará a una velocidad de 50 metros por minuto. Estos parámetros serán fijos con tal de priorizar el tiempo total en que el escenario haya sido recreado a cabalidad, es decir, cumplir ciertos requerimientos.

Para los escenarios a evaluar en el Patio, se fijó una cantidad de productos que arribarán a la zona de recepción, lo cuales irán llegando uno a uno cada 5 minutos hasta completar 100 unidades, las cuales deberán ser recibidas, inventariadas y despachadas en su totalidad; con eso se da por finalizada la simulación y se procede a analizar los tiempos e indicadores obtenidos. Considerando que se utilizarán valores cercanos, pero no idénticos a la realidad, se pretende dar a conocer cuál de las propuestas es más eficiente en el sentido de cuál realizó la simulación en un menor tiempo, no entregar tiempos como resultados, sino que a base de resultados determinar qué propuesta es la más eficiente.

3.3.3. Parámetros para simulaciones en la Bodega Principal

Al igual que para el caso del Patio, se fijarán los tiempos de espera en las distintas etapas del proceso de bodegaje (es el mismo proceso), debido a que se pretende determinar de la misma manera si la propuesta es más eficiente que el layout actual. Además, se disponen distintas familias de productos entre los estantes (menor tamaño) y los racks selectivos (mayor tamaño) al igual que en el Patio.

El tiempo de espera en la mesa de recepción y despacho para los productos de menor tamaño será de 30 minutos y de 40 minutos para los productos de un volumen mayor. Al igual que en el Patio los productos se almacenarán durante un tiempo medio de 120 minutos y el tiempo que pasará antes de que el producto sea despachado será de 30 minutos. La velocidad a la cual se desplazará el operador será de 30 metros por minuto y el apilador eléctrico se movilizará a 40 metros por minuto.

Se fijó una cantidad de 50 unidades tanto para los productos de menor tamaño como para los de mayor volumen, con una frecuencia de arribo de 5 minutos para ambos tipos de productos. Al cabo de completar el proceso de bodegaje ya antes mencionado, vale decir, que tanto las 50 unidades de bajo volumen como las 50 unidades de gran tamaño pasen por las etapas de recepción, traslado, inventariado y despacho, finaliza la simulación de dicho escenario.

Y como se mencionó anteriormente para el caso del layout del Patio, se asignará una probabilidad a cada familia dada la rotación que posea, pero con la diferencia de que existirá una probabilidad por separado entre los productos de volumen menor con los de gran tamaño.

3.4. Escenario actual y propuestas para el Patio

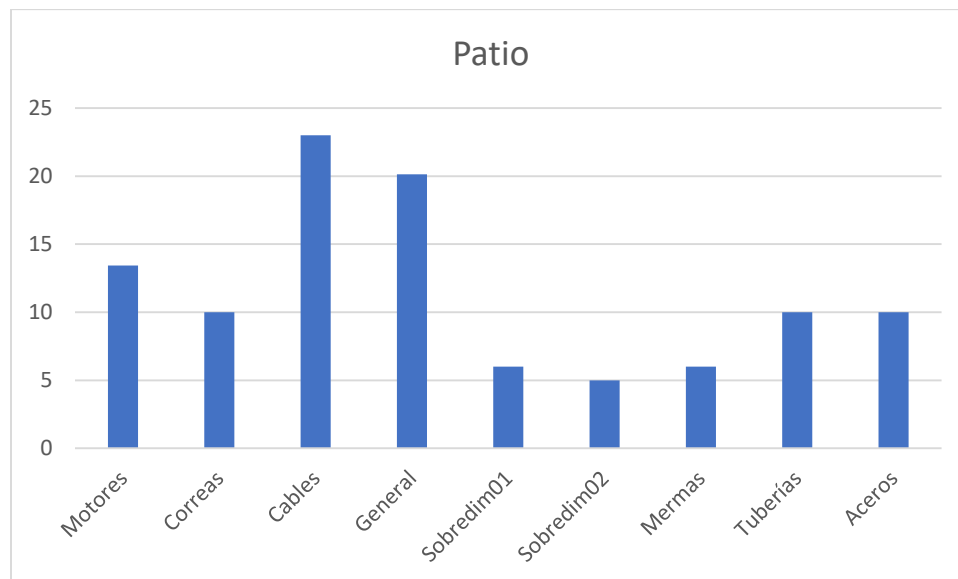
Actualmente, en el sector del Patio están distribuidas las familias de manera “desordenada” con respecto al sistema, esto debido a que dentro del sistema se posee una división del Patio en dos sub-patios (El Patio se divide físicamente en 2 áreas), donde las familias se distribuyeron físicamente de esa manera en un principio pero, con el pasar del tiempo y la variación de la rotación de los productos, esta distribución se fue modificando,

misma razón por la cual se está realizando esta investigación para determinar el layout más eficiente.

3.4.1. Información para determinar layout

Dadas las rotaciones promedio de cada familia de productos, se asigna una probabilidad a cada una de ellas con tal de poder simular el comportamiento del proceso de bodegaje de la manera más cercana a la realidad.

Gráfico 3.1: Rotaciones promedio por familia en el Patio.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.5: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en el Patio 1 (por sistema).

Patio 1				
Motores	Correas	Cables	General	Sobredim01
13.444	10	23	20.125	6
13.0%	9.7%	22.2%	19.4%	5.8%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.6: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en el Patio 2 (por sistema).

Patio 2			
Sobredim02	Mermas	Tuberías	Aceros
5	6	10	10
4.8%	5.8%	9.7%	9.7%

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Patio actual

La disposición actual mezcla a las familias de productos sin importar al sub-Patio al cual pertenezcan, como se muestra en el layout a continuación:

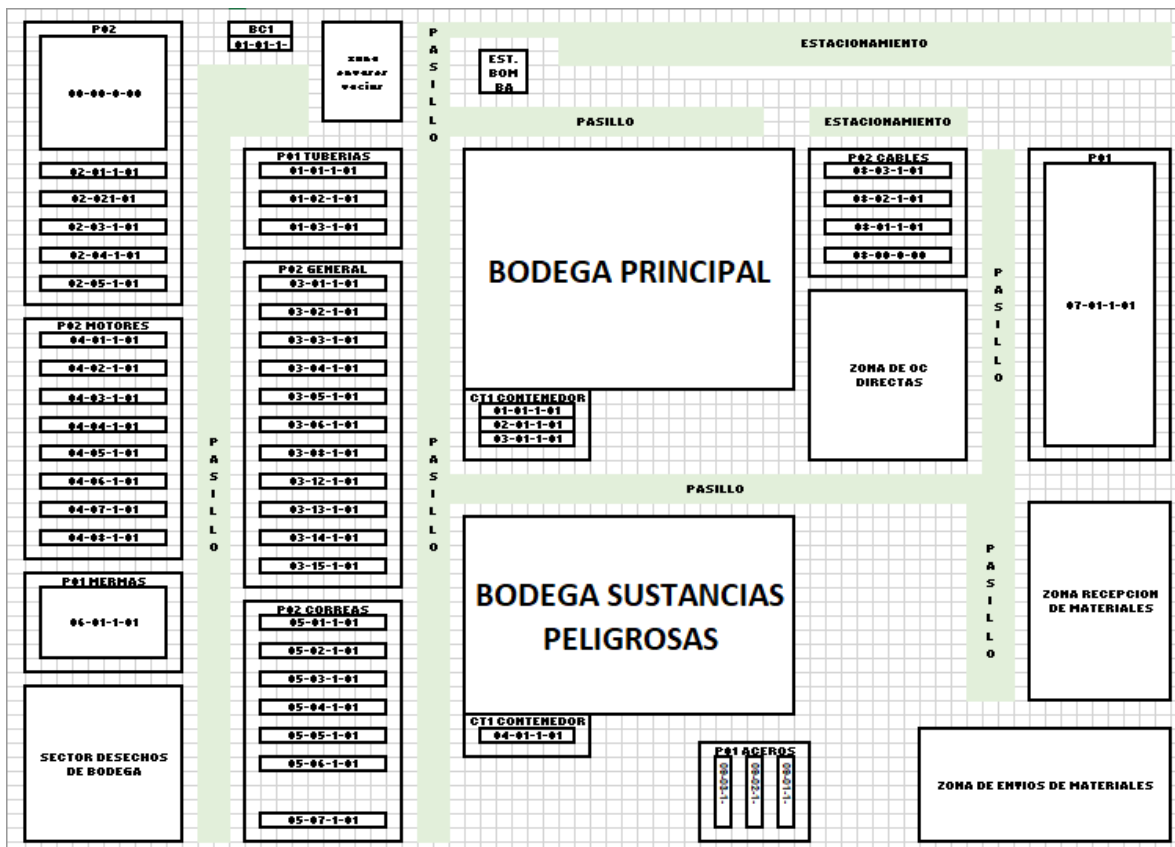


Figura 3.1: Layout actual del Patio. Fuente: SQM.

La manera en que SQM separa sus patios en el Sistema es distinta a como se encuentran distribuidas las familias físicamente en la actualidad, como se muestra a continuación:

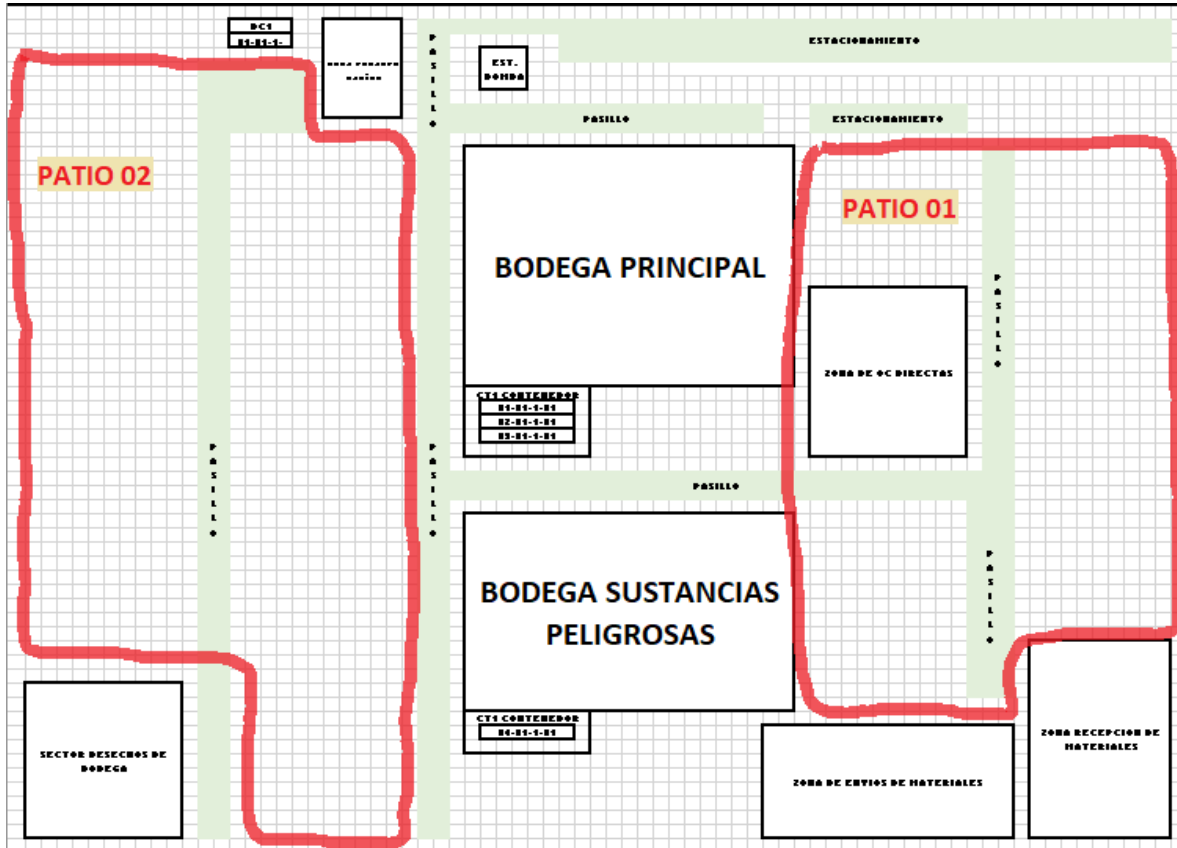


Figura 3.2: Layout del Patio (sin familias). Fuente: SQM.

Donde se destacan los espacios asignados para cada sub-Patio, siendo el de la derecha de la imagen el sub-Patio 1 y el de la izquierda es el sub-Patio 2. A continuación, se mostrará la distribución actual de las familias, donde se destacarán las familias con el fin de denotar que están repartidas de cierta manera que no calza con los sub-Patios a la cuales pertenecen según el Sistema.

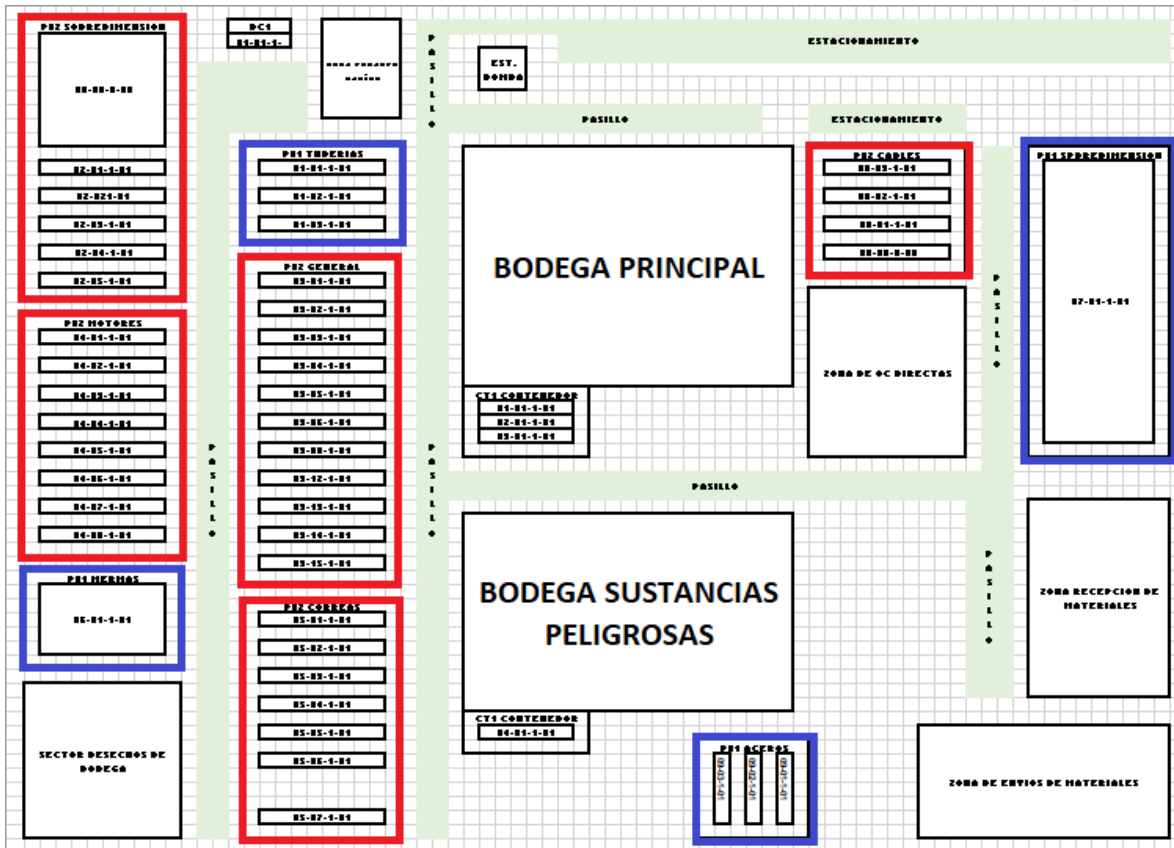


Figura 3.3: Layout actual del Patio. Fuente: SQM.

En esta imagen se muestra la ubicación mezclada entre las familias pertenecientes a ambos sub-Patios. En azul, las familias pertenecientes al sub-Patio 1, y las familias destacadas con rojo, las que pertenecen al sub-Patio 2.

3.4.3. Propuesta 1: Separación en sub-Patios

La primera propuesta considera la separación de las familias según el sub-Patio al cual pertenezcan, distinguiendo dos áreas donde se dispondrán las respectivas familias. Esta propuesta fue formulada en conjunto con la gente de SQM dada la comodidad que esto implicaría en el sistema. El layout propuesto se muestra a continuación:

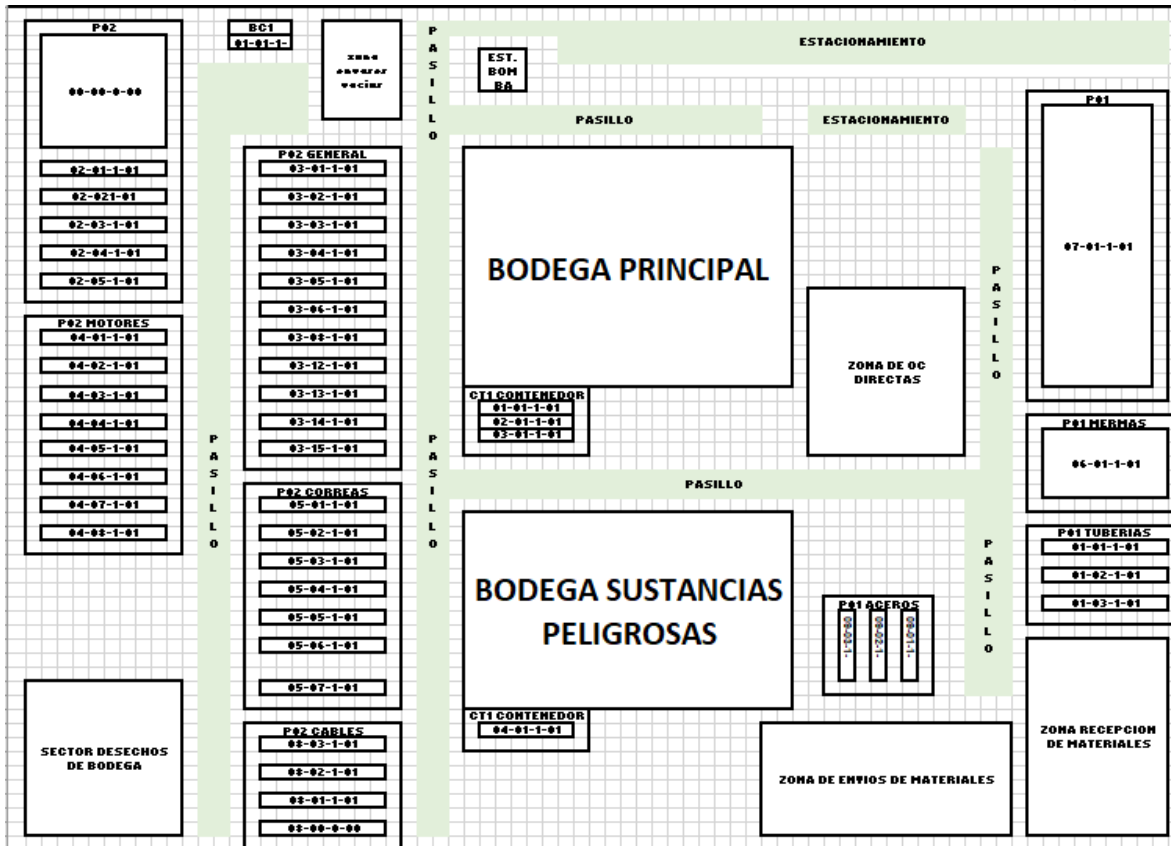


Figura 3.4: Propuesta 1 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se mostrará la separación de las familias de manera física tal como están asignadas por el Sistema.

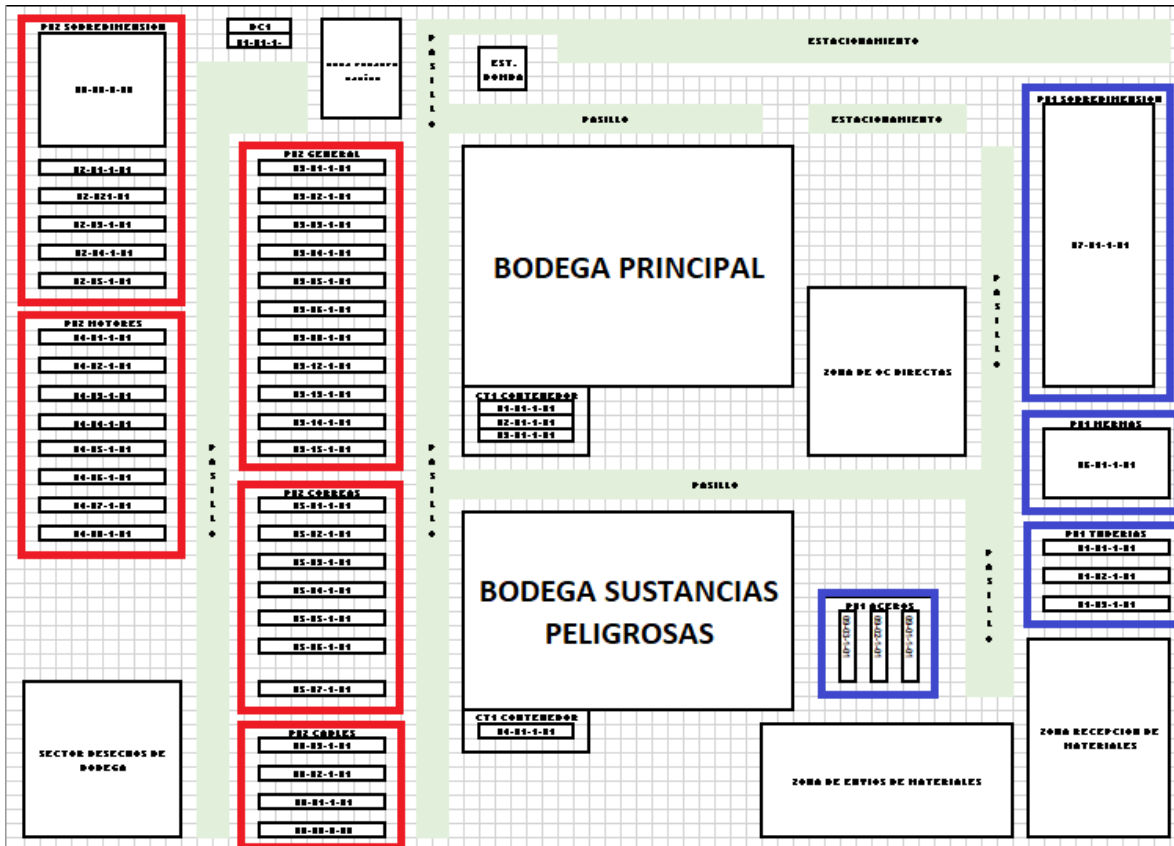


Figura 3.5: Propuesta 1 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.

Donde las familias asignadas al sub-Patio 1 por Sistema (azul), se encuentran ubicadas en el sector perteneciente al sub-Patio 1 de manera física; mismo caso para las familias del sub-Patio 2 (rojo).

3.4.4. Propuesta 2: Prioridad según rotación promedio

Para esta propuesta se tomó en consideración la rotación promedio por familia, sin importar al sub-Patio al cual pertenecían, esto con el fin de obtener un layout que solo priorice la cercanía de las familias con mayor rotación. Esto no causa desorden debido a que actualmente ya se trabaja con las familias mezcladas respecto a los sub-Patios. El layout propuesto se muestra a continuación:

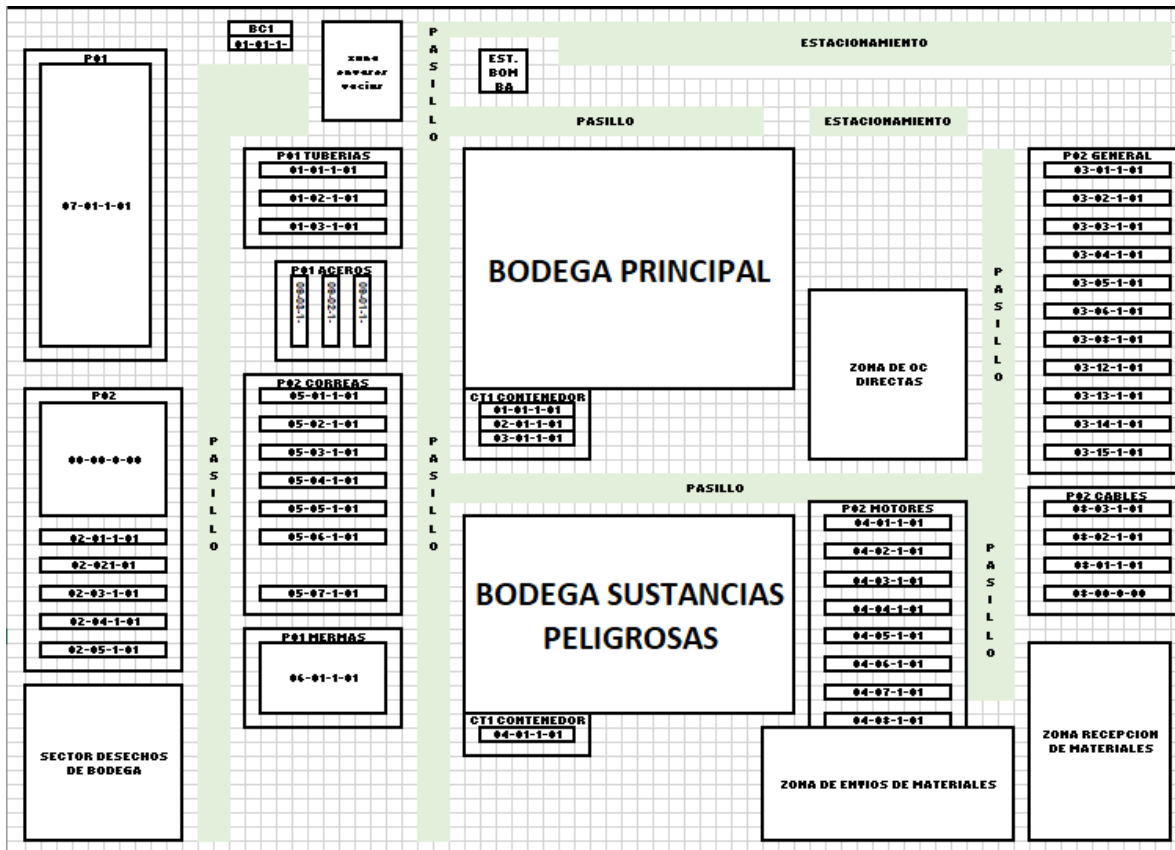


Figura 3.6: Propuesta 2 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.

A modo de que se entienda la modificación, se mostrará el layout propuesto destacando donde se trasladarían las familias según su rotación y probabilidad.

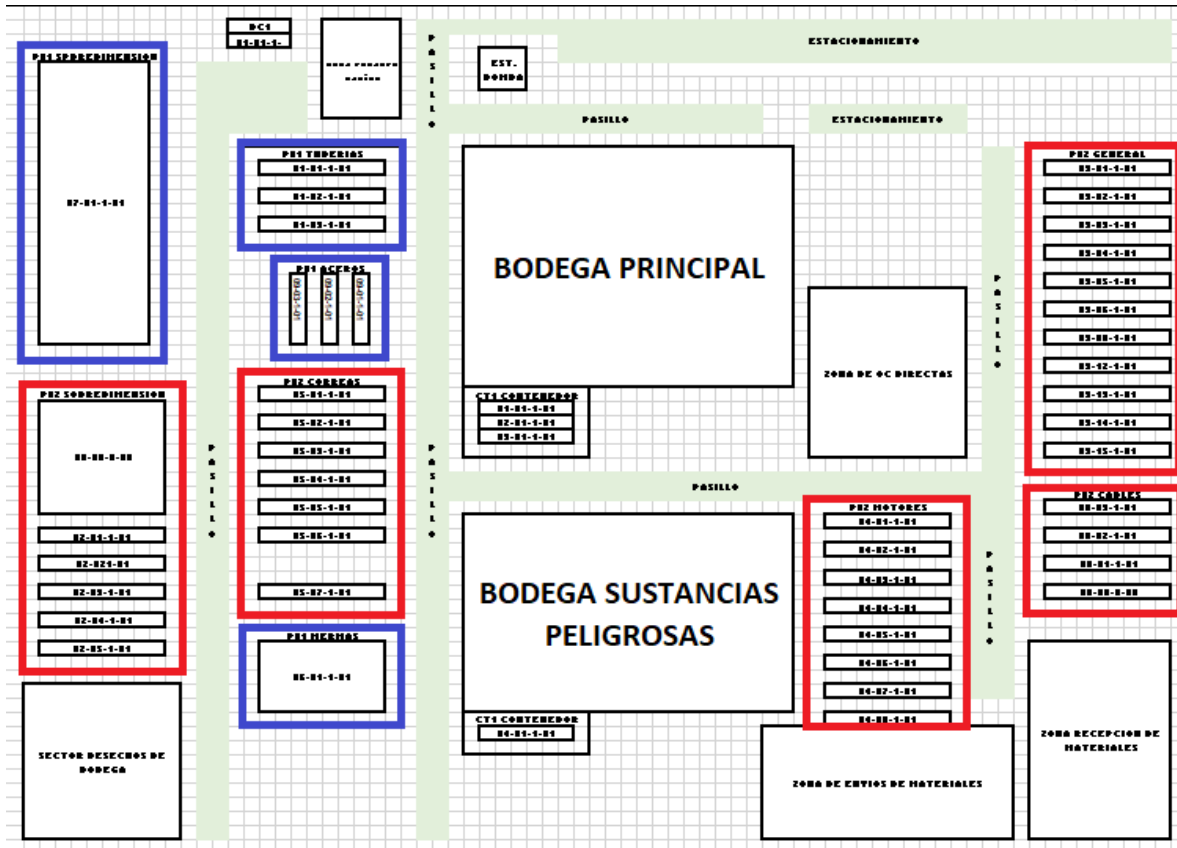


Figura 3.7: Propuesta 2 de layout del Patio. Fuente: elaboración propia.

Donde se observa que en el sector asignado para el sub-Patio 1 se encuentran solamente familias que por Sistema pertenecen al sub-Patio2 (rojo), debido a la alta rotación que éstas poseen. Dentro del sector asignado para el sub-Patio2, se encuentran el resto de las familias, pertenecientes tanto del sub-Patio 1 como del sub-Patio 2 por Sistema (Sub-Patio 2: rojo/ sub-Patio 1: azul).

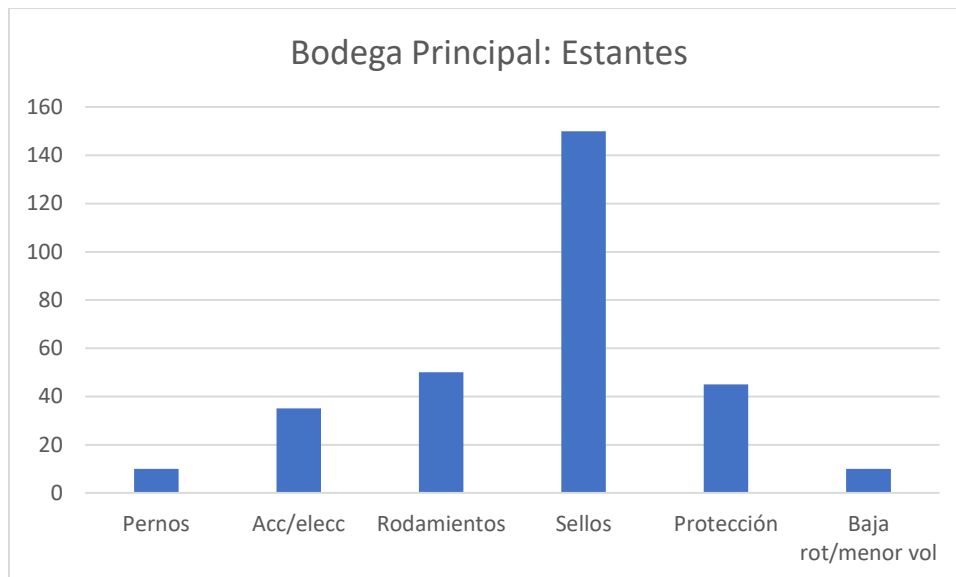
3.5. Escenario actual y propuesta para la Bodega Principal

En la actualidad, la Bodega Principal posee estantes y racks selectivos, donde operan un trabajador y un apilador eléctrico, respectivamente. En los estantes se almacenan materiales de menor tamaño y en los racks los materiales de mayor volumen, dentro de estos materiales se encuentran indumentaria de protección personal, rodamientos, filtros, entre otros.

3.5.1. Información para determinar layout

A partir de las rotaciones de cada familia ubicada en los estantes y racks selectivos, se asigna una probabilidad de rotación, la cual se debe respetar con tal de procurar idear el layout más eficiente al realizar las modificaciones propuestas.

Gráfico 3.2: Rotaciones promedio por familia en los estantes de la Bodega Principal.



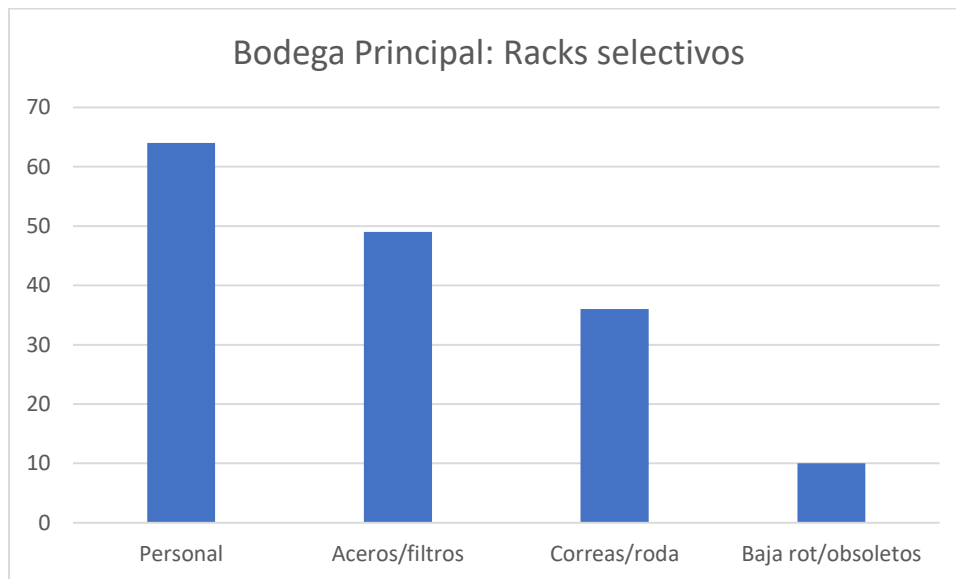
Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.7: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en los estantes.

	Pernos	Acc/elecc	Rodamientos	Sellos	Protección	Baja rot/menor vol
Promedio	10	35	50	150	45	10
% Rotación	3.3%	11.7%	16.7%	50.0%	15.0%	3.3%

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3.3: Rotaciones promedio por familia en los racks selectivos de la Bodega Principal.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.8: Muestra las rotaciones promedio y las probabilidades asignadas por familia en los racks selectivos.

	Personal	Aceros/filtros	Correas/roda	Baja rot/obsoletos
Promedio	64	49	36	10
% Rotación	40.3%	30.8%	22.6%	6.3%

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Bodega Principal actual

Actualmente la disposición de los estantes es paralela al mesón de recepción y despacho. Para el caso de los racks selectivos se disponen de manera transversal al pasillo central, como se muestra en la imagen:

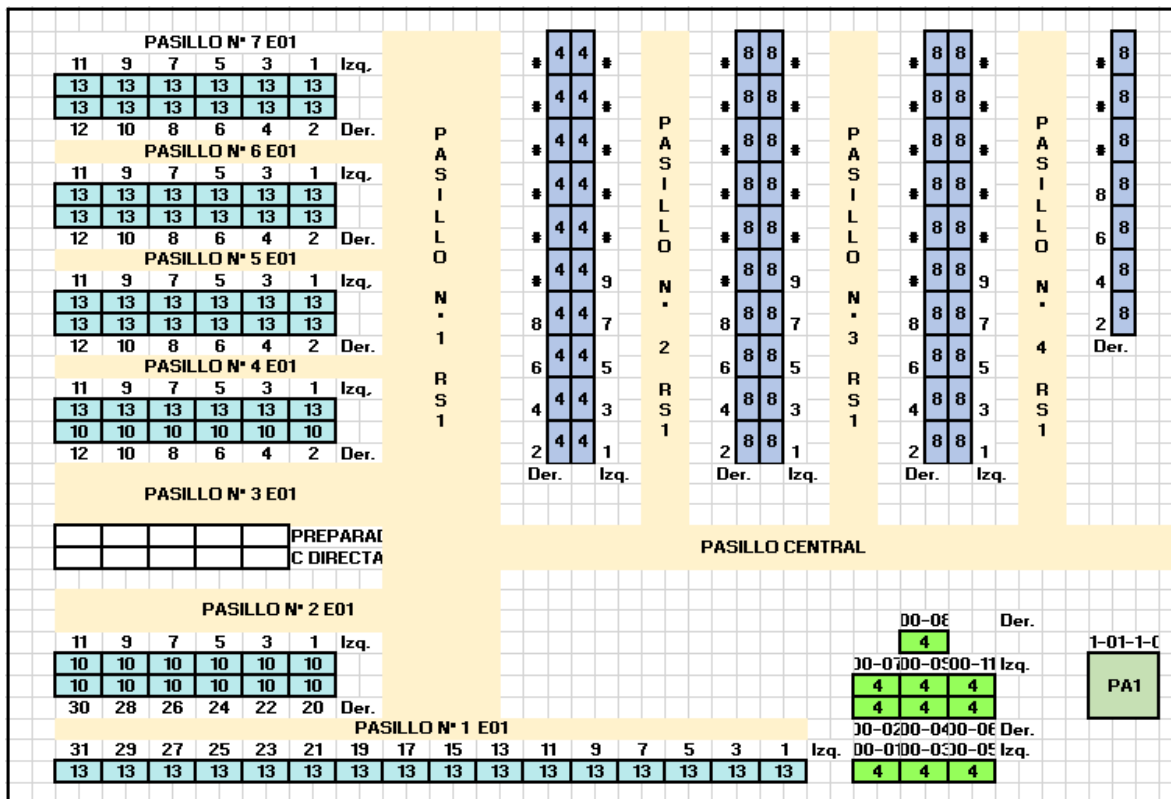


Figura 3.8: Layout actual de la Bodega Principal. Fuente: SQM.

Donde el tránsito de la grúa horquilla es transversal a los racks selectivos y la mesa de recepción y despacho está en una ubicación desviada respecto al centro de simetría de la Bodega Principal.

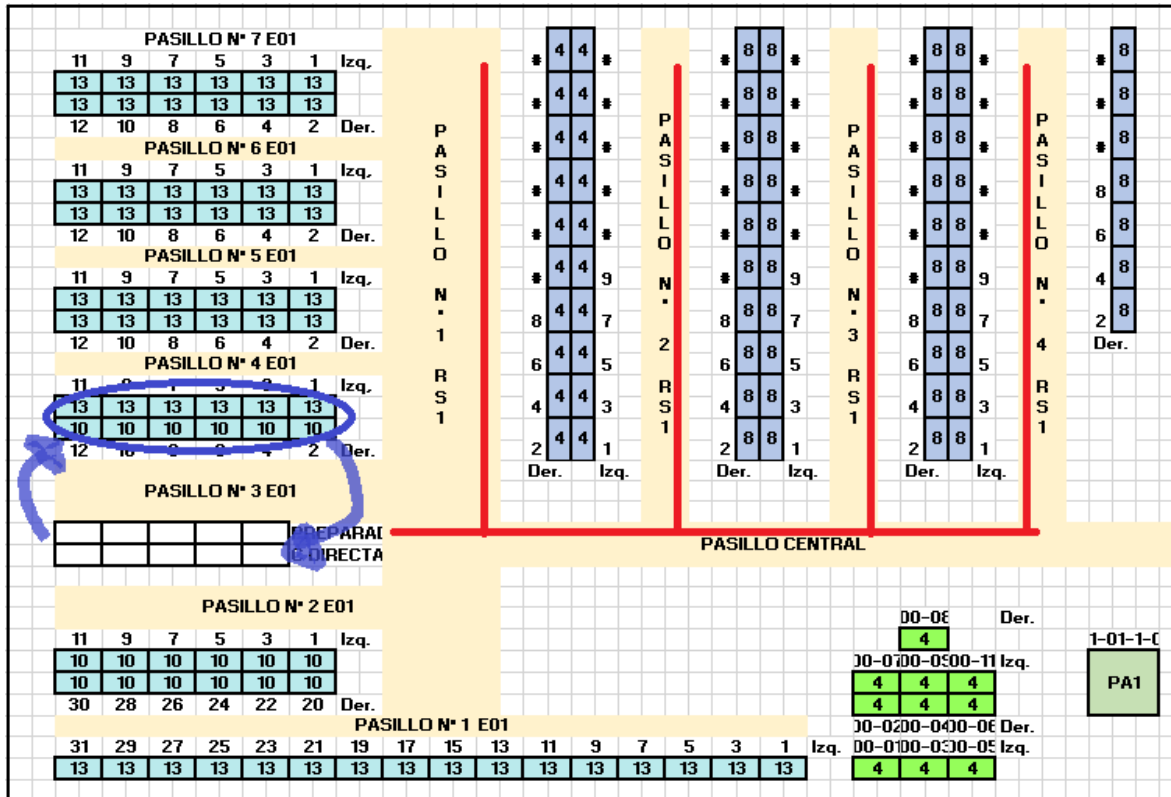


Figura 3.9: Layout actual de la Bodega Principal. Fuente: SQM.

En azul, la modificación en dicho estante, refiriéndose a la permutación en la ubicación con la mesa de recepción y despacho. En rojo, se muestra el flujo transversal al pasillo central por parte de la grúa horquilla.

3.5.3. Propuesta: Racks selectivos de manera longitudinal

Para esta propuesta se mantiene la orientación de los estantes con cierta modificación en el orden, pero se modifica la orientación de los racks de manera que queden paralelos al pasillo central como se muestra en la imagen:

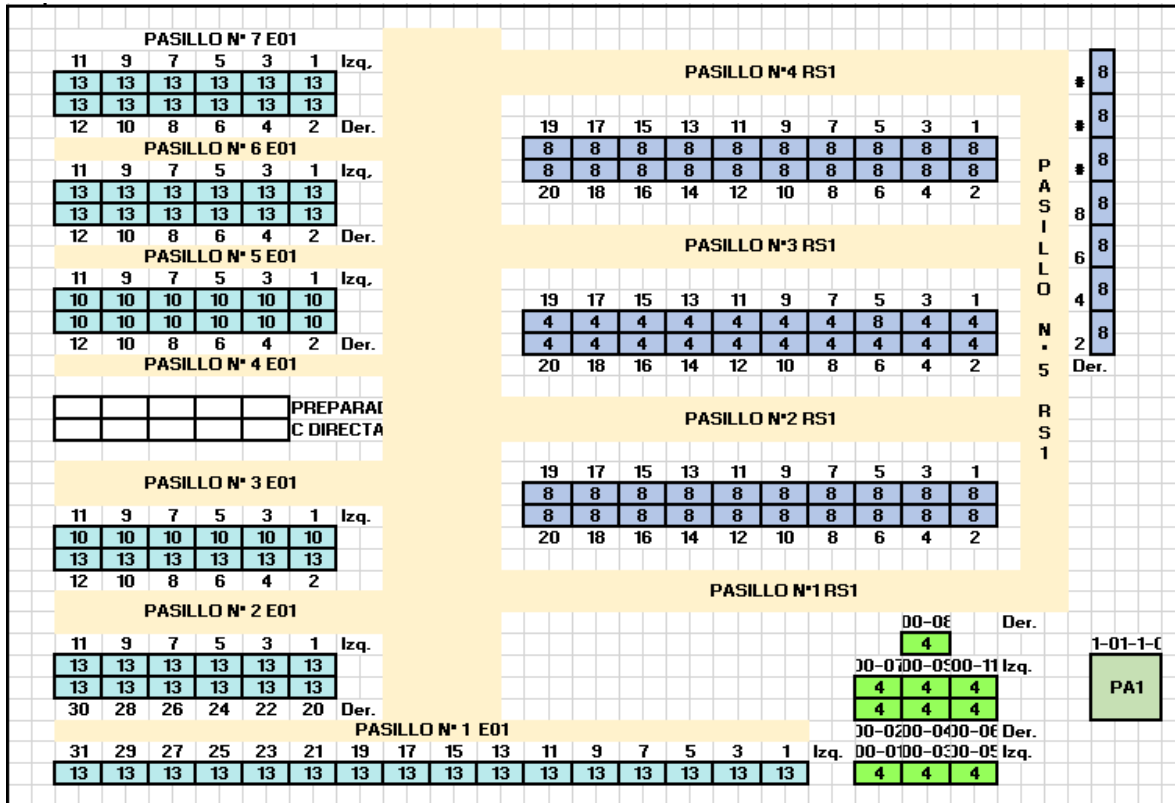


Figura 3.10: Propuesta de layout de la Bodega Principal. Fuente: elaboración propia.

En esta propuesta se procura velar por la simetría, dentro de lo posible, colocando simétricamente los estantes y racks selectivos con mayor rotación, de manera central con el pasillo central, valga la redundancia. Con esto se tiene una circulación en paralelo al pasillo central para la grúa horquilla y una visión más simétrica de la bodega.

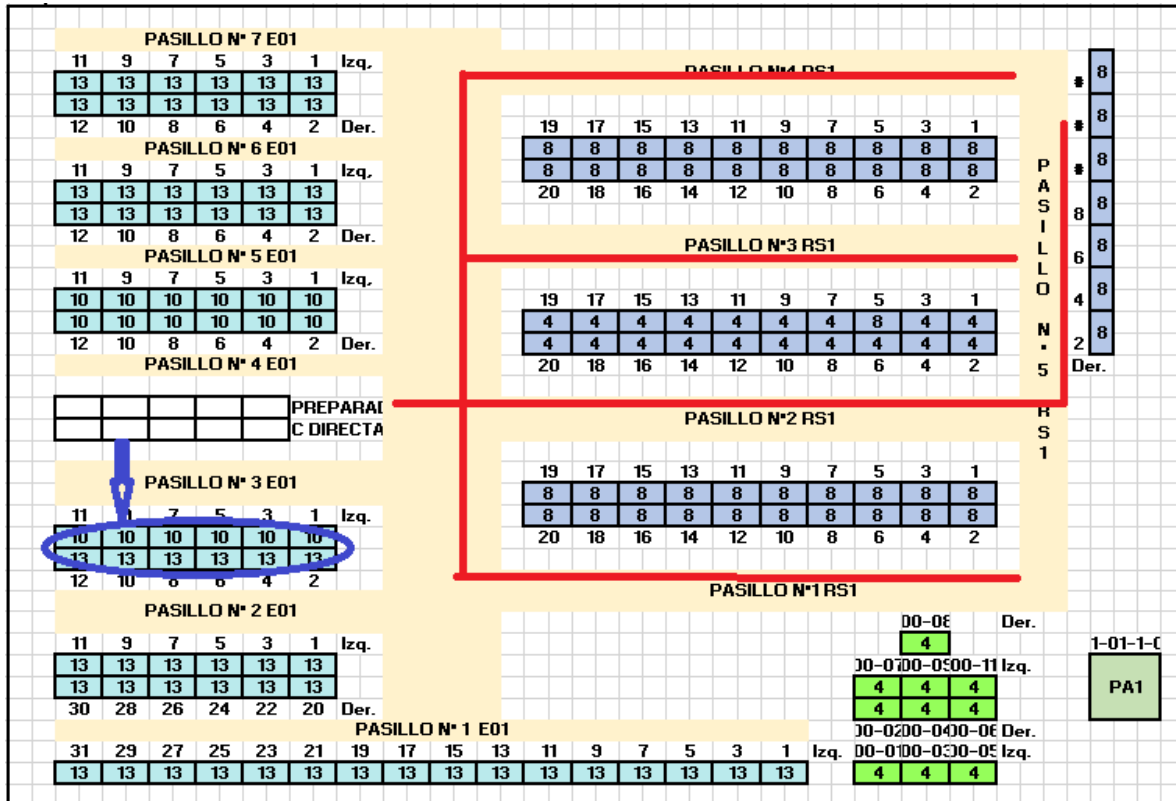


Figura 3.11: Propuesta de layout de la Bodega Principal. Fuente: elaboración propia.

Se muestra en azul, el cambio realizado sobre la ubicación del estante seleccionado, con tal de velar por la simetría de la disposición de los estantes. En rojo, se muestra el flujo paralelo de la grúa horquilla.

3.6. Jerarquización de las propuestas

A pesar de que todos los escenarios propuestos buscan el mismo objetivo, es decir, disminuir los tiempos empleados en el proceso de bodegaje, se tiene que existe una prioridad de una propuesta sobre otra, para el caso del Patio. Para la Bodega Principal, al ser una propuesta única implica que es la de mayor prioridad.

En el caso del Patio, como ya se mencionó anteriormente, se tiene que la primera propuesta fue formulada en conjunto con Ariel Galdames, Administrador WMS Bodega Salar de Atacama SQM, quien menciona su inclinación a la separación de los sub-Patios de manera que las familias que pertenezcan a un sub-Patio por sistema, también lo pertenezcan físicamente, lo que generaría un orden tanto sistemático como físico. Esto sin obviar la optimización mediante la comparación y disposición de las familias de cada sub-Patio según su rotación promedio.

Por esta razón es que se le otorga la primera prioridad a esta propuesta en caso de resultar más eficiente que el escenario actual. Para esto debe mejorar los tiempos empleados, además de significar un orden para la empresa, ya que para reordenar un layout se debe incurrir en gastos extras, por lo que, si la propuesta no significa una mejora para la empresa, ésta será descartada y se pasaría a considerar la propuesta 2. Si la propuesta 2 no entrega mejoras respecto al escenario actual del Patio, significaría que se deberá mantener el layout actual del Patio.

Para el caso de la Bodega Principal, al existir una sola propuesta para esta sección, será de exclusiva prioridad a menos de que el escenario actual signifique mayor eficiencia que la misma propuesta. En el caso de que la propuesta entregue resultados similares o peores al escenario actual, ésta queda descartada y se mantendría el layout de la actualidad.

3.7. Impacto en el Negocio

Como se menciona dentro del objetivo principal, se pretende mejorar los tiempos dentro de la bodega con tal de contribuir a la mejora del rendimiento de la Supply Chain. Con lo anterior, podemos analizar el impacto que provoca la mejora del layout de la bodega en el negocio de la empresa.

Al saber que los objetivos fundamentales de la logística, tal como lo expresa Chopra & Meindl (2008), son reducir los costos operativos o mejorar el servicio al cliente en la cadena de suministro, se tiene que, al reducir los tiempos de operación en la bodega, se aminoran los costos y, por lo tanto, se logra un mejor servicio en la bodega, que, al ser eslabón importante de la cadena de suministro, le da a ésta un mayor nivel de servicio.

Al poseer una mejor disposición de los productos almacenados dentro de una bodega, se permite tener un mayor orden y una mayor agilidad al momento de almacenar o retirar artículos desde donde se almacenan hacia la zona de despacho. Además, se tiene que, al disminuir los tiempos del proceso de bodegaje, al ser un eslabón importante, se estará mermando el tiempo total que emplea la Supply Chain, logrando con esto una mejora en el nivel de servicio de la empresa, lo que, a su vez, implicaría mantener o aumentar el nivel de lealtad del cliente.

Por otra parte, si el nivel de servicio en la bodega no es el óptimo, esto causaría errores o demoras en los cumplimientos de requerimientos, tales como mantenimientos en las plantas, lo que podría causar una baja tasa de producción, incluso la paralización de una de las plantas por la falta de cierto artículo, por lo que se generarían pérdidas debido a dicha

paralización, lo que puede llegar a significar que la empresa incurra en pérdidas de millones de dólares por hora de paralización. Si bien, esto es un caso extremo, puede ocurrir si uno de los eslabones de la Supply Chain llega a fallar o tardar, por lo que cada eslabón, como lo es el proceso de bodegaje, tiene un importante rol y debe mantenerse en mejora continua.

4. RESULTADOS

A partir de las simulaciones realizadas a los distintos escenarios que iban a ser estudiados, se obtuvo distintos tipos de resultados, los cuales serán analizados y comparados para lograr determinar el mejor escenario respecto al layout de cada sector de la bodega en cuestión.

Dentro de estos resultados se encuentran el tiempo total empleado para cumplir con el requerimiento establecido (meramente a modo de comparación ya que no es un tiempo realista), la ocupación por vehículo empleado, la ocupación por locación utilizada y, a modo de recomendación, se determinará si tanto por tiempo como por necesidad de modificaciones físicas de la bodega es conveniente o no implementar los layout propuestos tanto para el Patio como para la Bodega Principal. Además de esto, se recomendarán una serie de pasos para futuras modificaciones en el layout de la bodega, con tal de que sea de la manera más eficiente posible.

4.1. Resultados: El Patio

En el sector del Patio no se utilizan estructuras para almacenar a las distintas familias de productos, por lo tanto, cualquier modificación en el layout implicaría básicamente un cambio en el orden de la disposición de estos productos dentro del mismo recinto.

4.1.1. Escenario Actual

Tras la recreación de lo que es el layout actual en el Patio, las simulaciones realizadas arrojaron los siguientes resultados para este escenario:

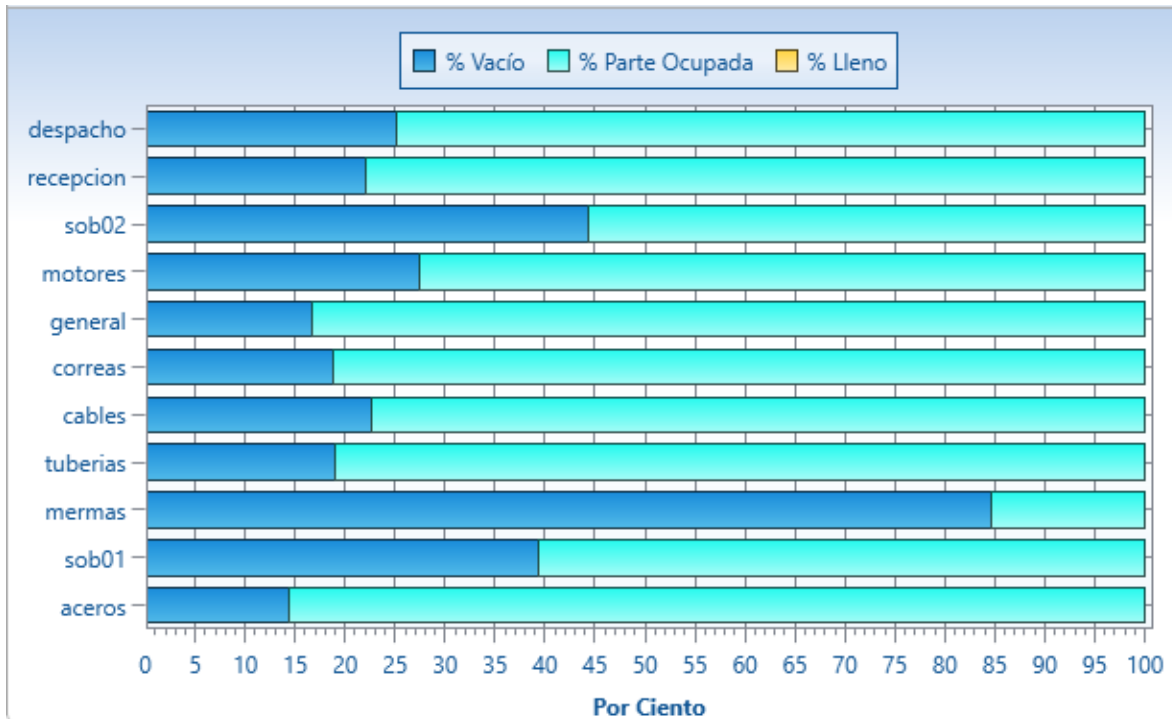
Tabla 4.1: Valores obtenidos en la simulación para escenario actual del Patio.

Tiempo empleado	724 minutos
% tiempo uso camión	84.12 %
Costo implementación	0 pesos

Fuente: elaboración propia.

La proporción del tiempo en que cada locación estuvo ocupada se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 4.1: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el escenario actual del Patio.



Fuente: Output Viewer, Promodel.

4.1.2. Escenario Propuesta 1

Luego de la recreación de lo que es el primer layout propuesto en el Patio, vale decir, la separación física de los sub-Patios como se acordó con la empresa, las simulaciones realizadas arrojaron los siguientes resultados para este escenario:

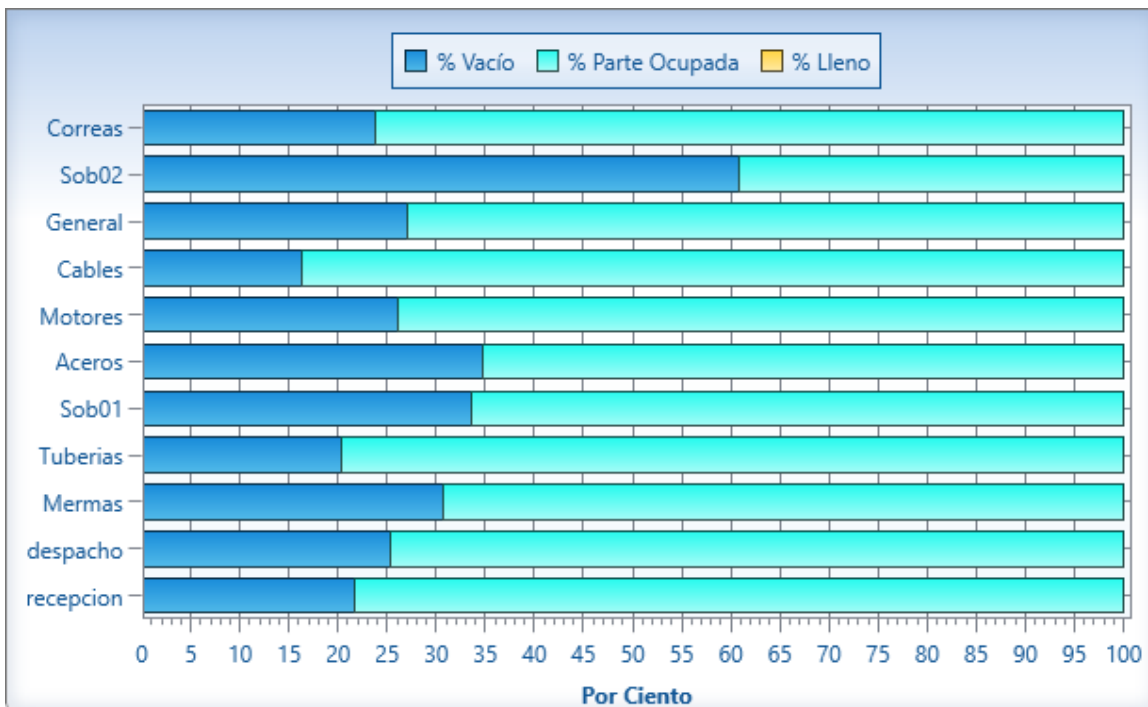
Tabla 4.2: Valores obtenidos en la simulación para la Propuesta 1 del Patio.

Tiempo empleado	725 minutos
% tiempo uso camión	80.51 %
Costo implementación	27164241 pesos

Fuente: elaboración propia.

La proporción del tiempo en que cada locación estuvo ocupada se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 4.2: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el primer escenario propuesto del Patio.



Fuente: Output Viewer, Promodel.

4.1.3. Escenario Propuesta 2

Luego de la recreación del segundo layout propuesto en el Patio, es decir, la distribución de las familias por todo el recinto según el nivel de rotación el cual poseen, las simulaciones realizadas arrojaron los siguientes resultados para este escenario:

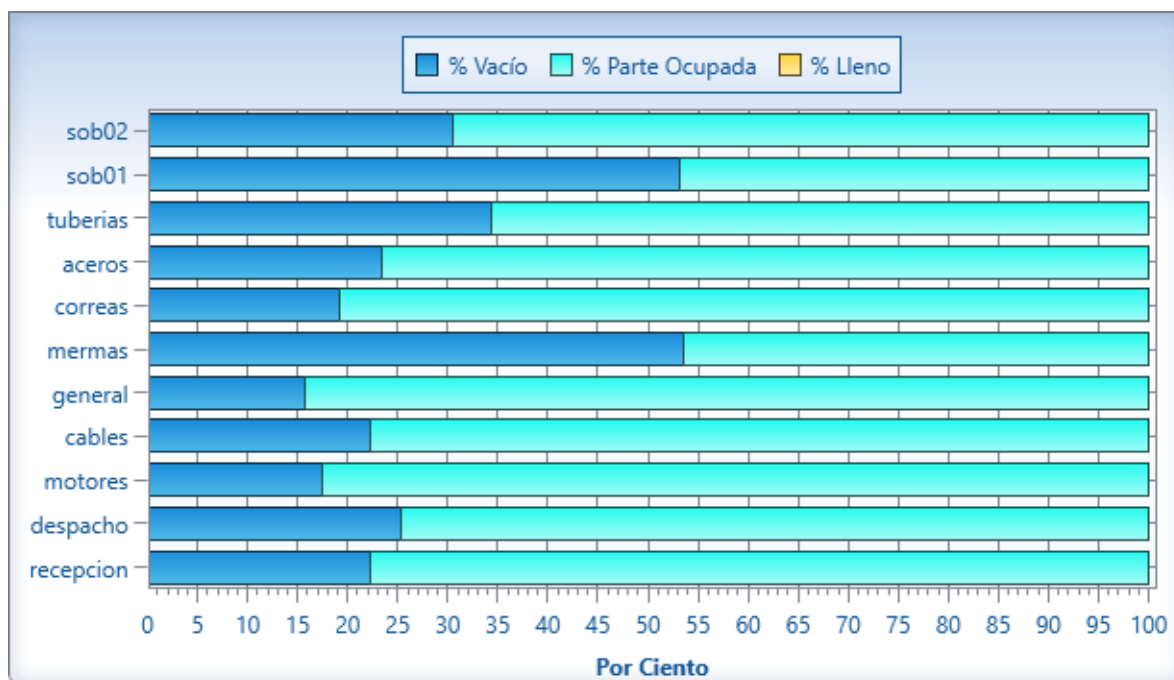
Tabla 4.3: Valores obtenidos en la simulación para la Propuesta 2 del Patio.

Tiempo empleado	703 minutos
% tiempo uso camión	64.2 %
Costo implementación	27164241 pesos

Fuente: elaboración propia.

La proporción del tiempo en que cada locación estuvo ocupada se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 4.3: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el segundo escenario propuesto del Patio.



Fuente: Output Viewer, Promodel.

4.2. Resultados: La Bodega Principal

En la Bodega Principal, como se mencionó en la Metodología, se utilizan estantes y racks selectivos, donde estos últimos van empotrados al piso. Se analizará la viabilidad de modificar la disposición de estos elementos dentro de la Bodega Principal.

4.2.1. Escenario Actual

Tras la recreación de lo que es el layout actual en la Bodega Principal, las simulaciones realizadas arrojaron los siguientes resultados para este escenario:

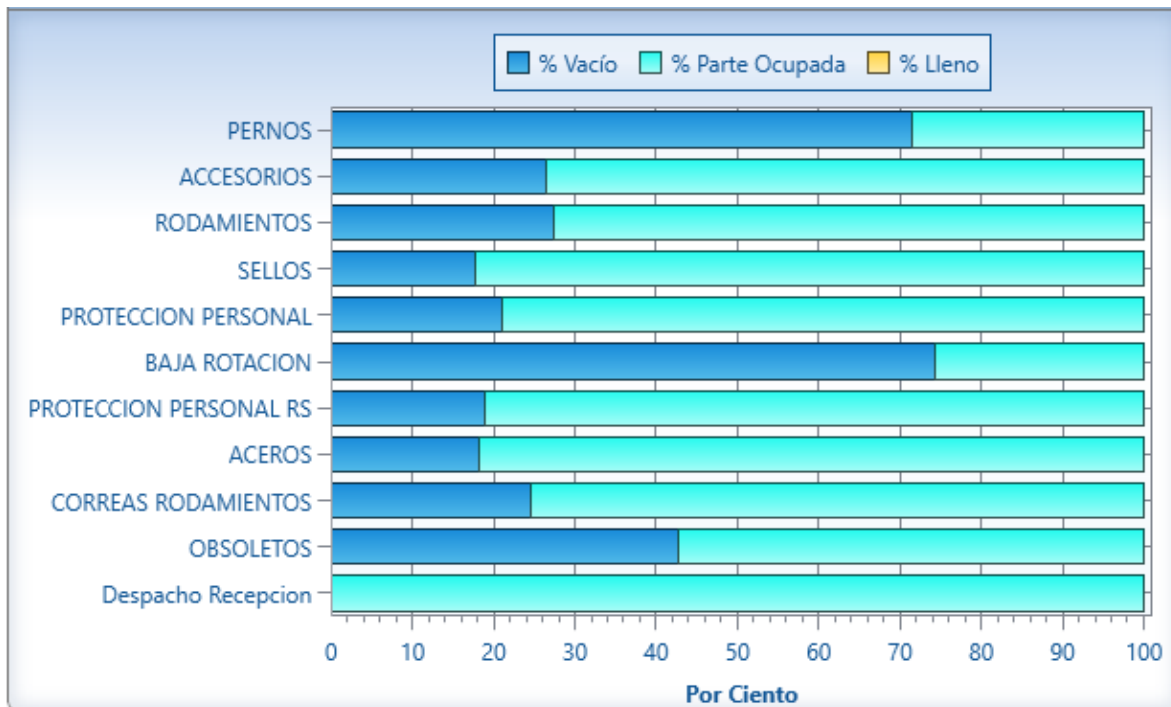
Tabla 4.4: Valores obtenidos en la simulación para escenario actual de la Bodega Principal.

Tiempo empleado	442	minutos
% tiempo uso operador	32.85	%
% tiempo uso grúa	60.43	%
Costo implementación	0	pesos

Fuente: elaboración propia.

La proporción del tiempo en que cada locación estuvo ocupada se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 4.4: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el escenario actual de la Bodega Principal.



Fuente: Output Viewer, Promodel.

4.2.2. Escenario Propuesto

A partir de la recreación de lo que es el layout propuesto en la Bodega Principal, vale decir, el cambio de orientación de los racks selectivos respecto al pasillo central de manera que sean paralelos a este último, las simulaciones realizadas arrojaron los siguientes resultados para este escenario:

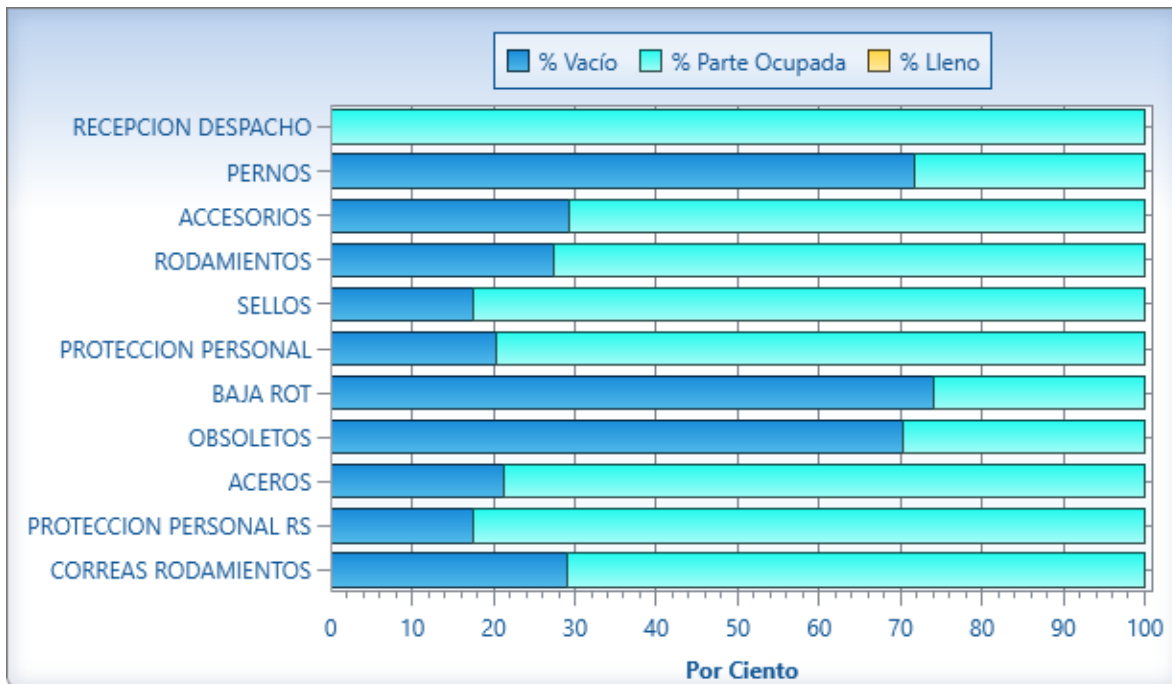
Tabla 4.59: Valores obtenidos en la simulación para Propuesta de la Bodega Principal.

Tiempo empleado	441	minutos
% tiempo uso operador	31.7	%
% tiempo uso grúa	48.32	%
Costo implementación	37483884	pesos

Fuente: elaboración propia.

La proporción del tiempo en que cada locación estuvo ocupada se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 4.5: Porción de tiempo en que las locaciones fueron ocupadas en el escenario propuesto de la Bodega Principal.



Fuente: Output Viewer, Promodel.

4.3. Análisis

Luego de la obtención de los distintos resultados a partir de las simulaciones realizadas, se procede a compararlos y analizarlos para determinar qué escenario es el ideal para esta bodega.

Dentro de estos resultados a comparar, se tendrá especial énfasis en el tiempo total empleado, el uso de los vehículos empleados y si serán necesarias modificaciones extras en la bodega.

4.3.1. El Patio

En primer lugar, se mostrarán los valores obtenidos para cada escenario, es decir, tiempo empleado, porcentaje de uso del camión el cual fue empleado y el costo de la implementación asociada, luego de cumplir con el requerimiento base que se planteó para tener parámetros de comparación válidos. Lo anterior se basa de que no se pudo levantar información sobre el tiempo real empleado en completar un ciclo en la bodega para un determinado número de arribos. Por esto es por lo que se fijó un número de arribos, para que se pudiese comparar el desempeño del layout actual del Patio con los desempeños de cada escenario propuesto.

A continuación, se comparan los tiempos totales empleados en el Patio para cumplir con los requerimientos, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 4.6: Valores obtenidos en la simulación para cada escenario del Patio.

Comparación Patio	Actual	Propuesta 1	Propuesta 2	
Tiempo empleado	724	725	703	minutos
% tiempo uso camión	84.12	80.51	64.2	%
Costo implementación	0	27164241	27164241	pesos

Fuente: elaboración propia.

4.3.1.1. Tiempos empleados

Como se puede observar, el tiempo empleado por la propuesta 1 es prácticamente igual, en términos de los parámetros utilizados en esta simulación, al tiempo empleado por el escenario actual, lo cual hace entender que efectuar dicha modificación no tiene sentido dado que se mantendrían los tiempos de operación y además se debería incurrir en modificaciones en las locaciones de las familias, a pesar de que genere un orden tanto en el

sistema como en el recinto mismo, la inversión no se ve justificada por solo lograr un orden sino que se necesita un argumento sostenible.

Por otra parte, el tiempo empleado en la propuesta 2 es menor a las otras dos, es decir, logró cumplir los requerimientos de la simulación en menos tiempo por lo que es más eficiente.

Cabe destacar que para la propuesta 2, al igual que en la propuesta 1, se deben realizar modificaciones en la disposición física, pero dada la mejora en el tiempo empleado se torna conveniente.

4.3.1.2. Porcentajes de tiempo utilizados por el camión

Ahora al comparar el uso del camión empleado para transportar los productos dentro de la bodega, se puede deducir que la propuesta 2 tuvo un uso mucho más eficiente del camión que las otras dos propuestas, por lo que la hace más eficiente en este sentido, ya que mejora aproximadamente 20% respecto a la situación inicial y es más eficiente que la propuesta 1 por casi 16%. Además, si bien no es parte de los objetivos de esta investigación, el costo asociado a utilizar el camión disminuirá tanto en combustible como en mantenciones y otros.

Dado lo anterior, la propuesta 2, en el sentido de aprovechar los recursos como lo es el camión, además de mermar sus costos asociados, es la mejor opción como layout de la bodega en el sector del Patio.

4.3.1.3. Conclusión para el layout del Patio

Para finalizar el análisis de los escenarios estudiados para el Patio, se tiene que, por los resultados obtenidos de las comparaciones, se ha determinado que la mejor opción, tanto por los tiempos empleados, dado que es lo que se busca en el objetivo principal, como por la optimización de recursos, es la propuesta 2. Donde los valores de dicha propuesta son:

- Tiempo total empleado: 11 horas y 43 minutos.
- Proporción operativa del camión: 64,20%

4.3.2. La Bodega Principal

Se mostrarán los valores obtenidos para cada escenario, es decir, tiempo empleado, porcentaje de uso del operador y grúa horquilla empleados y el costo de la implementación asociada, luego de cumplir con el requerimiento base que se planteó para tener parámetros de comparación válidos. Lo anterior, al igual que para el caso del Patio, se basa de que no se pudo levantar información sobre el tiempo real empleado en completar un ciclo en la bodega para un determinado número de arribos. Por esto es por lo que se fijó un número de arribos, para que se pudiese comparar el desempeño del layout actual del Patio con los desempeños de cada escenario propuesto.

En primer lugar, se comparan los tiempos totales empleados en la Bodega Principal para cumplir con los requerimientos, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 4.710: Resultados obtenidos en la simulación para cada escenario en la Bodega Principal.

BP Escenario Actual	Actual	Propuesta	
Tiempo empleado	442	441	minutos
% tiempo uso operador	32.85	31.7	%
% tiempo uso grúa	60.43	48.32	%
Costo implementación	0	37483884	pesos

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.1. Tiempos empleados

Al ser prácticamente los mismos tiempos empleados en cumplir con los requerimientos de la simulación, se puede deducir que, por este parámetro de comparación, el escenario propuesto no es más eficiente que el layout ya implementado en la Bodega Principal. Por lo que, para este caso, será el factor de eficiencia en la utilización de recursos lo que determinará si el layout propuesto es más eficiente que el actualmente implementado.

Si bien, son los mismos tiempos, el solo hecho de que para la propuesta habría que hacer modificaciones e incurrir en gastos extras hace que la mejor opción, en términos de tiempo, sea mantener el actual layout.

No obstante, sigue siendo necesario analizar la eficiencia de los medios utilizados para transportar los productos dentro de la Bodega Principal.

4.3.2.2. Porcentajes de tiempo utilizados por el operador y la grúa horquilla

Al comparar los porcentajes operativos para el operador en ambos escenarios, se puede observar que para ambas situaciones se mantuvo operativo la misma fracción de tiempo, por lo que la eficiencia del operador en ambos casos fue la misma.

Donde se ve una clara diferencia es en la eficiencia del apilador eléctrico, donde la fracción del tiempo que se mantuvo operativo fue mayor en el escenario actual por casi 12%. Esto, al igual que en el caso del camión en el Patio, significaría que en la propuesta existirían ahorros en términos de combustible y mantenciones para el apilador eléctrico, lo que se convierte en una ventaja al momento de comparar las propuestas.

Sin embargo, cabe destacar que para implementar el layout propuesto se deben incurrir en gastos extras de aproximadamente 37 millones de pesos, como menciona L. González. Esto debido a las modificaciones por las que deben pasar los racks selectivos para que cambien su orientación con respecto al pasillo central y quedar paralelos a éste.

4.3.2.3. Conclusión para el layout de la Bodega Principal

Para llegar a una conclusión con respecto a la elección del escenario más eficiente para la Bodega Principal, se revisarán todos los datos obtenidos. Para empezar, como ya se mencionó anteriormente, al ser los tiempos empleados prácticamente iguales, sería más eficiente mantener el layout actual en vez de incurrir en gastos en la modificación de la posición de los racks selectivos y el estante.

Por otra parte, al analizar al operador y al apilador eléctrico, se tiene que el operador en ambas situaciones trabaja la misma proporción de tiempo durante la simulación, pero al ver el caso del apilador eléctrico se ve que, en el escenario propuesto, éste optimizaría recursos al utilizarse menos tiempo para lograr los mismos requerimientos que en el layout actual.

Ahora, si comparamos el ahorro que se genera al utilizar un 12% menos el apilador eléctrico con los gastos en que se incurriría en las modificaciones de los racks selectivos, no se puede determinar si es más conveniente modificar el layout ya que igualmente si se llega a modificar, ese gasto se recuperaría después de un tiempo, pero el ahorro generado por el apilador eléctrico sería ínfimo, por lo que la mejor opción sería mantener el layout y no incurrir en gastos extras en la modificación de la posición de los racks selectivos.

Entonces, a modo de conclusión final sobre el layout más eficiente para la Bodega Principal, se llegó a que no existe una mejora en los tiempos de recepción y despacho, por lo que no se cumple el objetivo principal de esta investigación, además de que se debería incurrir en gastos extras por modificaciones, en caso de implementar la propuesta, que, por más que se genere un ahorro en el uso del apilador eléctrico, pasarían muchos años para recuperar dicha inversión y, además, no es el objetivo principal de esta investigación, donde se busca el layout que optimice los tiempos de operación empleados.

4.4. Recomendaciones

A modo de recomendación, se propondrán ciertos aspectos para tomar en consideración para la actual propuesta y futuras modificaciones que afecten a la bodega.

- Se debe llevar un registro de los tiempos empleados en la recepción y despacho, a modo de que cualquier aumento que se detecte se deberá analizar tanto el funcionamiento de los vehículos y operadores como la misma rotación.

- Al implementar un nuevo layout, siempre analizar tanto la mejora en los tiempos como en la optimización de recursos en los que el proceso de bodegaje incurre. Además, se debe comparar y evaluar si la inversión que implica el nuevo layout está respaldada por la mejora en los tiempos o en el ahorro de recursos.
- Procurar que cada vez que se modifique el layout, se minimice el ancho de los pasillos al punto que alcance el rango de rotación de los operadores para transportar los elementos de la bodega, con tal de mermar distancias y, con esto, los tiempos empleados.
- Para futuras modificaciones en el layout, se debe considerar crear un registro de peso y/o volumen de cada artículo presente en la bodega, con el fin de minimizar los esfuerzos de movilizar los artículos pesados o voluminosos, tanto en el Patio como en las estructuras de las Bodega Principal. Esto agregado a la rotación, se puede calcular el índice SFD como se mencionó en el Marco Teórico, lo que optimizaría aún más el layout al considerar la rotación en conjunto con el peso o volumen de los productos.
- Similar al punto anterior, se recomienda crear un registro de los rendimientos de la maquinaria utilizada en la bodega, esto con el fin de que al proponer un nuevo layout, se posea un parámetro de comparación sobre la inversión en la cual se debe incurrir para posibles modificaciones en la disposición de las locaciones. Si bien, dicha inversión no se compara con el costo operativo de la maquinaria, se puede analizar en conjunto con las mejoras en los tiempos empleados, lo que mejora la productividad y la lealtad con el cliente.

5. CONCLUSIONES

Para finalizar, se llegó a una serie de conclusiones a base de los procedimientos, de los resultados y de los análisis realizados para lograr determinar el mejor layout tanto para la Bodega Principal como para el Patio.

- El mejor escenario para implementar en el Patio es la propuesta 2, donde se disponen las familias con tal de que, a mayor rotación, será menor la distancia al punto de carga o descarga.
- Para el caso de la Bodega Principal, la mejor opción es mantener el layout actual dado que no existen mejoras considerables las cuales respalden incurrir en una inversión para lograr la modificación.
- Si bien, en el caso de la Bodega Principal, solo existió una mejora en el uso del apilador eléctrico, es importante considerar en casos similares cuánto se ahorra en comparación con la inversión que se debe hacer, ya que, si bien no se mejora en tiempos, se puede lograr un ahorro considerable que en el tiempo recupere lo invertido (tiempo establecido como razonable por la empresa) y, posteriormente, siga significando ahorros.
- A pesar de que una propuesta este respaldada por argumentos que validen que será más eficiente en comparación con otra, se debe tener en consideración que todas las bodegas poseen distintos factores internos que variarán ese resultado, ya sea por los vehículos utilizados, el tipo de materiales que se movilizan, el tipo de estructuras

utilizadas, entre otros, además de que esas posibles modificaciones, dada la disposición de las estructuras, no signifiquen una reducción en las distancias.

- Para modificar un layout de la manera más completa posible se deben considerar diferentes aspectos y factores que afectan el funcionamiento y rendimiento de una bodega, con un mayor número de seguimientos de los distintos valores que se manejan en una bodega, como el peso, volumen, rendimiento de la maquinaria utilizada, entre otros factores.

6. REFERENCIAS

- Análisis del Layout. (s.f). Recuperado Diciembre 2, 2017 de <http://www.codnet.com.ar/servicios/mejora-de-procesos/analisis-de-layout/>
- Arango, M., Zapata, J., & Pemberthy, J. (2010). Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. *Revista de Ingeniería*, (32), 54-61.
- Arroyo, J. S. (2008). ¿Cómo diseñar un buen layout? Recuperado Diciembre 2, 2017 de <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/10034->
- Ballou, R. (2004). Logística. Administración de la cadena de suministro. *Pearson*, (5), 530-544. México.
- Campos, J. (2013). *Seis aspectos claves para una cadena competitiva*. Recuperado Diciembre 1, 2017 de <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/66995-seis-aspectos-clave-una-cadena-mas-competitiva>
- Chase, R., Jacobs, F. & Aquilano, N. (2009). Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva. *McGraw-Hill*. (12). México.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación. *Ed. Prentice Hall*. (3). México.

División de Transporte del Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Índice de Gastos Logísticos*. Recuperado Noviembre 30, 2017 de <http://logisticsportal.iadb.org/node/4210>

El Economista. (2017). *SQM ampliará su negocio del litio tras sus fuertes ganancias del primer trimestre*. Recuperado Noviembre 30, 2017 de <http://www.eleconomistaamerica.cl/empresas-eAm-chile/noticias/8367830/05/17/SQM-ampliara-su-negocio-del-litio-tras-sus-fuertes-ganancias-del-primer-trimestre.html>

Feller Rate. (2017). Informe de Clasificación. Recuperado Noviembre 27, 2017 de <http://www.feller-rate.cl/general2/corporaciones/sqm1709.pdf>

Fisher, M., Raman, A. & Sheen, A. (2000). Rocket Science Retailing Is Almost Here- Are You Ready?. *Harvard Business Review*.

Gestión Cadena de Abastecimiento. (s.f). Recuperado Diciembre 1, 2017 de <https://sites.google.com/site/gestioncadenadeabastecimiento/errores-de-la-logistica>

Goetschalckx, M. & Ratliff, H. D. An Efficient Algorithm to Cluster Order Picking Items in a Wide Aisle. *Engineering Costs and Production Economics*, 1(13), 263-271.

González, J. (2015). Diseño de un Modelo de Almacenamiento y Distribución de equipos y materiales en la bodega de SAExploration- Sucursal Colombia. *Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.*

Honorato, M. (2016). *4 Problemas en la Logística de Distribución*. Análisis Operación Logística. Recuperado Noviembre 5, 2017 de <https://www.beetrack.com/es/logistica-de-distribucion/>

La importancia del layout en el almacén. (2015). Recuperado Diciembre 1, 2017 de <http://www.stocklogistic.com/la-importancia-del-layout-en-el-almacen/>

Layout del almacén y Planificación de la Cadena de Suministros. (2014). Recuperado Diciembre 2, 2017 de <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/layout-del-almacen-y-planificacion-de-la-cadena-de-suministros/>

Palenzuela, J. L. (2016). Los 10 problemas más comunes en gestión de almacén para las Pymes. Recuperado Diciembre 1, 2017 de <http://blog.neteris.com/stepforward/blog/puedo-optimizar-procesos-en-mi-almacen-problemas-pymes>

Por qué es más barato retener un cliente que conseguir uno nuevo. (2017, noviembre 4). Recuperado de <https://www.marketingdirecto.com/marketing->

[general/marketing/porque-es-mas-barato-retener-un-cliente-que-conseguir-uno-nuevo](#)

Pérez, R., Mosquera, S. & Bravo, J. J. (2012). Aplicación de Modelos de Pronósticos en Productos de Consumo Masivo. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 117-125.

Ryks, C. (2011). Diseño y Construcción de herramienta de Simulación para la toma de decisiones en gestión de Almacenaje en frío en plantas de procesos mitílicos (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile.

Salazar, B. (s.f). *Diseño y layout de almacenes y centros de distribución*. Recuperado Diciembre 1, 2017 de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-de-almacenes/dise%C3%B1o-y-layout-de-almacenes-y-centros-de-distribuci%C3%B3n/>

Samireh, A. H. (2014). *Gestión de la cadena de suministros*. Recuperado Noviembre 30, 2017 de <https://www.gestiopolis.com/gestion-de-la-cadena-de-suministros/>

Soquimich Comercial S.A. (2015). *Reporte de Sustentabilidad SQM*. Chile. Recuperado Noviembre 27, 2017 de <http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/es/sustentabilidad/reporte-SQM-sustentable-2015.pdf>

Soquimich Comercial S.A. (2017). Página Web SQM. Recuperado Noviembre 27, 2017 de

<http://www.sqm.com/es-es/productos/litio.aspx>

Tosco, T. (2014). *Conceptos básicos para diseñar el óptimo layout en el almacén.*

Recuperado noviembre 6, 2018 de

<https://www.linkedin.com/pulse/20141110231333-13075842-conceptos->

[b%C3%A1sicos-para-dise%C3%B1ar-el-%C3%B3ptimo-layout-en-el-](https://www.linkedin.com/pulse/20141110231333-13075842-conceptos-b%C3%A1sicos-para-dise%C3%B1ar-el-%C3%B3ptimo-layout-en-el-almac%C3%A9n/)

[almac%C3%A9n/](https://www.linkedin.com/pulse/20141110231333-13075842-conceptos-b%C3%A1sicos-para-dise%C3%B1ar-el-%C3%B3ptimo-layout-en-el-almac%C3%A9n/)

Y.-C. Jim Wu. (2000). “Contemporary logistics education: an international perspective”.

International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Vol. 37,
pp. 504- 528. ISSN: 0960-0035. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1108/09600030710776455>