

Reducción del índice de reproceso en una bodega de producto terminado aplicando Lean Warehousing and DMAIC

Jorge Abad-Morán, PhD¹, Nathalie Chang-Silva, Ing¹, José Urueta-Mocha, Ing¹, Kleber Barcia-Villacreses, PhD¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
jabad@espol.edu.ec, nchang@espol.edu.ec, jurueta@espol.edu.ec, kbarcia@espol.edu.ec

Abstract- This paper is developed in an animal food processing company in their divisions Animal Health, which produces feed pellets for animals, and Aquaculture, which makes feed pellets for shrimp. The forklift driver handles the product, and the unit load is forty and seventy sacks per pallet, respectively. The company aims to reduce the finished product reprocessing index principally due to ripped bags and spilled products during receiving, put away, storage, replenishment, picking, and dispatch activities in the warehouse. This waste in reprocessing is a problem because requiring storage space for reprocessed products, a workforce to reprocess sacks, and, most importantly, represents an additional cost for the company. With the application of lean warehousing philosophy and the DMAIC methodology, it was possible to reduce 51.6% of the finished product reprocessing index.

Keywords-- Reprocess index, Lean Warehousing, DMAIC, Simulation, Layout.

Resumen- La presente investigación es desarrollada en una empresa productora de alimento balanceado en sus divisiones de Salud Animal, que produce alimento balanceado para animales; y Acuicultura, que produce alimento balanceado para camarones. El producto es manipulado por montacarguistas y la unidad de carga es de cuarenta y setenta sacos por pallet, respectivamente. La compañía tiene como objetivo reducir el índice de reproceso de producto terminado que es generado principalmente por la ruptura de sacos y el derrame de producto durante las actividades de recepción, acomodo, almacenamiento, reabastecimiento, preparación y despacho en la bodega de producto terminado. Este desperdicio en forma de reproceso es un problema porque se requiere de espacio para almacenar producto reprocesado, mano de obra para reprocesar sacos y lo más importante, representa costos adicionales para la empresa. Por medio de la aplicación de la filosofía de almacenamiento esbelto y la metodología DMAIC fue posible reducir en 51.6% el índice de reproceso de producto terminado.

Palabras clave-- Índice de Reproceso, Almacenamiento Esbelto, DMAIC, Simulación y distribución de planta.

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.340>
ISBN: 978-958-52071-8-9 **ISSN:** 2414-6390
DO NOT REMOVE

I. INTRODUCCIÓN

Una bodega en una cadena de suministro es el lugar donde los productos se almacenan el tiempo que sea necesario hasta conocer su destino final, durante este tiempo se debe garantizar que las condiciones de almacenamiento sean las adecuadas. Las actividades principales en una bodega son la recepción, acomodo, almacenamiento, reabastecimiento, preparación y despacho de pedidos.

Uno de los desperdicios comunes en las bodegas es el daño a los productos durante su manipulación, debido a la desorganización, falta de estandarización, falta de compromiso y control de los operadores. Esto ocasiona un incremento en las devoluciones de los productos, incremento en las diferentes actividades de la bodega, bajo nivel de servicio debido a despachos atrasados y un incremento en los costos debido al reproceso y la doble o triple manipulación, entre otros efectos.

El objetivo de la presente investigación es reducir en un 50% el daño en los productos terminados utilizando principios y herramientas esbeltas en conjunto con la metodología DMAIC de seis sigma.

II. MARCO TEÓRICO

A. Almacenamiento esbelto y los desperdicios en las bodegas

De acuerdo con la filosofía de almacenamiento esbelto o lean warehousing por su traducción en inglés, existen nueve desperdicios que deben ser mitigados: sobreproducción, transportación, espera, movimiento, inventario, procesamiento extra, defectos, gente poco utilizada, materiales y recursos naturales [1]. Se busca identificar estos desperdicios en las actividades de la bodega de producto terminado con el propósito de reducir el índice de reproceso (IR), cuyo efecto es la reducción de costos en la compañía y el incremento en el nivel de servicio ofrecido.

Uno de los puntos a considerar para la reducción de costos en una bodega es la aplicación de los cinco principios de almacenamiento esbelto [1]:

1. Eliminar desperdicios. Eliminar o reducir los desperdicios existentes con la finalidad de incrementar la productividad.
2. Estandarizar. Los procesos se deben conocer y ser estables en el tiempo, ser fáciles de administrar y alineados a la mejora continua.
3. Respeto a las personas. Valorar el aporte y trabajo de las personas mediante reconocimientos sean monetarios, de palabra, o en premios.
4. Equipo de Trabajo: Crear sinergias en el equipo de trabajo mediante acciones como coordinar actividades, identificar oportunidades de mejora, asegurar recursos, enseñar a resolver problemas, poner en práctica lo aprendido y reconocer el trabajo realizado.
5. Mejora continua: Filosofía de trabajo que garantiza la constante búsqueda de oportunidades de mejora.

B. Principios básicos para el almacenamiento

Otro de los puntos a considerar para mejorar el desempeño en la gestión de una bodega es la aplicación de seis principios básicos [2]:

1. Uso de la mejor unidad de carga. Que la unidad de carga sea la más grande posible, que sea estándar, que sea la misma durante la operación y si se divide que sea dividida lo más cerca al punto de consumo. Esto reducirá la cantidad de viajes, la distancia recorrida, la probabilidad de daños en los productos y mejorará el control en la bodega.
2. Buena utilización del espacio. Utilizar el espacio cúbico y no solamente la superficie de almacenamiento, utilizar donde sea posible la ubicación aleatoria en vez de ubicación fija de productos, reducir la cantidad de productos obsoletos y minimizar la cantidad de pasillos.
3. Minimizar movimiento: Ubicar los productos de mayor movimiento en las "zonas doradas", que son las zonas que generan la menor distancia recorrida [3]. Si es posible, separar el inventario en reserva y delantero.
4. Controlar la ubicación. Determinar el layout adecuado para la bodega, que incluya la ubicación y flujo de los productos.
5. Proveer ambiente seguro. Un ambiente seguro tanto para las personas, productos, equipos y sistemas de almacenamiento. Una bodega segura es una bodega productiva.
6. Reducir costos. Por medio de la eliminación de desperdicios y todas aquellas actividades que no agregan valor.

III. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En la investigación se utiliza la metodología DMAIC de seis sigma que consiste en cinco etapas que en inglés significan Define, Measure, Analysis, Improvement y Control, como se observa en la Fig. 1.



Fig. 1 Metodología de la investigación

A. Definir

En esta primera etapa se describe el problema a solucionar, se identifica la variable de respuesta, el objetivo y el alcance de la investigación. Para la descripción del problema se utilizan datos históricos de reproceso del período de enero a octubre del 2020. La Fig. 2 muestra el comportamiento mensual del índice de reproceso (IR), donde el promedio es de 0.408% y la meta de la compañía es de 0.3%.

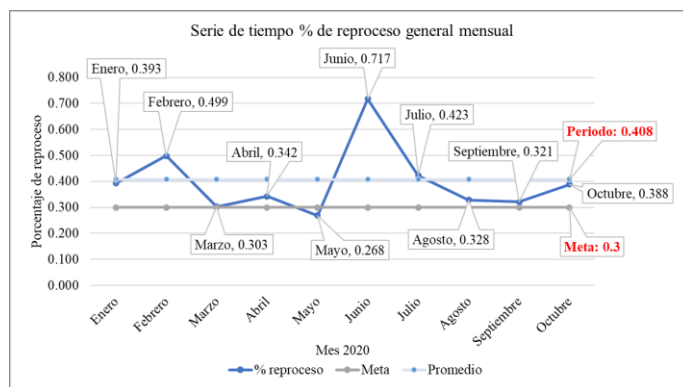


Fig. 2 Índice de reproceso mensual

La Tabla I muestra el índice de reproceso por las diferentes áreas que comprende la planta: planificación de producción / producción, bodega externa y bodega de producto terminado (BPT). Se observa que el área con mayor reproceso es la bodega de producto terminado con un índice de 0.219%, la investigación se enfoca en esta área. Para declarar el problema se considera el índice de reproceso mensual de las otras dos áreas como constantes. Por lo tanto, para alcanzar el objetivo global del 0.3% entre las tres áreas, el área de bodega de producto terminado debe tener un índice de reproceso mensual menor a 0.111%.

Tabla I. índice de reproceso (IR) durante el período de enero a octubre del 2020 por área

Área	Índice de reproceso
1. Planificación / producción	0.081%
2. Bodega externa	0.108%
3. Bodega de producto terminado	0.219%
TOTAL	0.408%

Declaración del problema

Como se observa en la Tabla II, la declaración del problema utiliza la herramienta 3W y 2H que significa: *What, Where, When, How much, y How I know*.

Tabla II. Declaración de problema

¿Qué?	Alto índice de reproceso (IR)
¿Dónde?	Bodega producto terminado (BPT)
¿Cuándo?	Periodo enero a octubre 2020
¿Qué tanto?	0.219%
¿Cómo lo sé?	La empresa establece desde el año 2020 un objetivo global de índice de reproceso mensual menor a 0.30%

“Durante el período de enero a octubre de 2020 se identifica que el índice de reproceso (IR) de la bodega de producto terminado (BPT) de una empresa de alimento balanceado es de 0.219%, sin embargo, la empresa requiere un índice de 0.111% para lograr su meta global de 0.30%.”

Variable de Respuesta

Una vez declarado el problema se presenta la variable respuesta “Y” [4]. La cual representa el índice de reproceso de un periodo t, como se muestra en la ecuación (1).

$$Y_t = \frac{\text{total toneladas reprocesadas}}{\text{total toneladas producidas}} \times 100\% \quad (1)$$

Alcance de la investigación

La Fig. 3 muestra las actividades que se realizan en la bodega de producto terminado de la compañía en estudio, se utiliza como unidad de carga un pallet de tamaño 1.5m x 1.3m con 40 o 70 sacos según la presentación del producto.



Fig. 3 Actividades en el área de bodega

La investigación se centra en las actividades de inspección y conteo de producto terminado, almacenamiento de productos, preparación o selección de pedido (llevar el pedido en montacargas al muelle) y despacho (estiba del pedido en el camión).

Objetivo SMART

El objetivo que se persigue en la investigación es “Reducir el índice de reproceso de producto final de 0.218% a 0.111%

en el área de bodega de producto terminado de una empresa productora de alimento balanceado en el primer semestre del 2021”. Esto representa una disminución del 49.5% de las toneladas de reproceso de producto terminado.

B. Medir

En esta segunda etapa se recolectan los datos de la situación actual de la Bodega de Producto Terminado, durante el período de noviembre a diciembre del 2020, basado en un plan de recolección de datos. La metodología empleada para la toma de datos es GEMBA, es decir, observaciones directas en el área durante la jornada laboral, lunes a viernes de 7:30 am a 4:30 pm, donde se identifica la cantidad de sacos rotos diarios, la causa potencial del rompimiento de los sacos, tipo de producto roto y división a la que pertenece: salud animal, consumo o acuicultura. Se recolectan datos de sacos rotos porque es la fuente principal de toneladas de reproceso en el área de bodega.

Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra significativa se realiza una prueba piloto de 10 días y análisis T-student; con 85 % de confianza y un error de 0.15, el tamaño de la muestra es de 60 observaciones que corresponde a 24 días de observación en la inspección y conteo de producto terminado; con 90 % de confianza y un error de 0.10 el tamaño de muestra es de 194 observaciones que corresponden a 30 días en la observación de almacenamiento de productos; con 95 % de confianza y un error de 0.05 el tamaño de muestra es de 224 observaciones en la preparación del pedido y despacho.

C. Analizar

En esta etapa se procesan los datos recolectados en la etapa de medición, con el propósito de identificar las potenciales variables “X” que afectan a la variable respuesta “Y” y determinar las causas raíz del problema declarado.

En conjunto con la gerencia y funcionarios de la compañía, se identifican 10 posibles causas potenciales o variables que afectan al índice de reproceso (variable de respuesta “Y”). Dichas variables se indican en la Tabla III.

La metodología de análisis sigue los pasos indicados en la Fig. 4

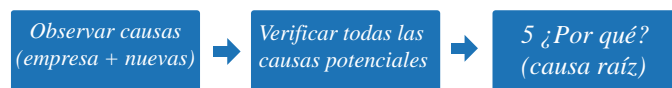


Fig. 4 Metodología de Análisis de Causas

Tabla III. Variables X que afectan Y

Variable	Qué
X ₁	Montacarga de BPT
X ₂	Montacarga de producción
X ₃	Mal cosido
X ₄	Mal sellado
X ₅	Estibadores de producción
X ₆	Pruebas de calidad
X ₇	Mojado
X ₈	Producto expirado
X ₉	Merma
X ₁₀	Retorno

Variables adicionales identificadas

Durante el período de recolección de datos se identifican 5 nuevas variables no consideradas durante el análisis realizado con la empresa, que se indican en la Tabla IV.

Tabla IV. Variables X que afectan Y (Adicionales)

Variable	Qué
X ₁₁	Estibadores de BPT
X ₁₂	Condición del pallet
X ₁₃	Calidad del saco
X ₁₄	Calidad del hilo
X ₁₅	Plaga

Se obtienen 544 sacos rotos durante la recolección de datos provenientes de las 15 variables con la distribución que se observa en la Fig. 5.

Diagrama Pareto: Variables X que afectan Y en la Bodega de Producto Terminado

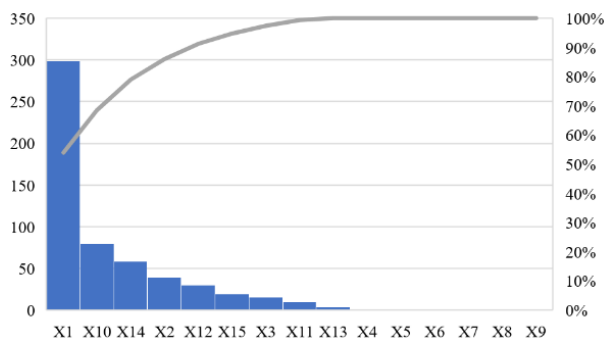


Fig. 5 Cantidad de sacos rotos por variable

Verificación de causas potenciales

La Tabla V indica las causas que significativamente afectan a la variable de respuesta. Se utiliza Gemba como método de verificación durante el período de diciembre 2020 a enero 2021. Las causas significativas identificadas son:

- X₁ - Montacarga de BPT 54%

- X₁₀ - Retorno 14%
- X₂ - Montacarga de producción 7.16%
- X₁₂ - Condición del pallet 6%

Las causas X₁₄ - Calidad del hilo y X₁₅ - Plaga se consideran no significativas debido a que X₁₄ no es recurrente y X₁₅ se contrató una empresa externa para su control.

Tabla V. Verificación de las causas potenciales

Variable	Causa Potencial	Ton. / mes (observadas)	Estado
X ₁	Montacarga de BPT	9.40	Significativo
X ₁₀	Retorno	2.00	Significativo
X ₂	Montacarga de producción	1.15	Significativo
X ₁₂	Condición del pallet	1.00	Significativo
X ₁₄	Calidad del hilo	1.50	No significativo
X ₁₅	Plaga	0.70	No significativo
X ₁₃	Calidad del saco	0.40	No significativo
X ₁₁	Estibadores de BPT	0.10	No significativo
X ₇	Mojado	0.00	No significativo
X ₈	Producto expirado	0.00	No significativo
X ₉	Merma	0.00	No significativo
X ₃	Mal cosido	0.00	No significativo
X ₄	Mal sellado	0.00	No significativo
X ₅	Estibadores de producción	0.00	No significativo
X ₆	Pruebas de calidad	0.00	No significativo

Por medio de la herramienta 5 ¿por qué? se identifican las causas raíz de cada variable significativa, como se observan en las Tablas VI, VII, VIII y IX.

Tabla VI. Causas raíz de X₁

Causas Potenciales	Causas Raíz
X ₁ Montacarga de BPT	Condiciones de luz de la bodega
	Procedimiento para el manejo de materiales
	Distribución actual de la bodega
	Condiciones de estiba de los productos (fuera de los límites del pallet, panzas)

Tabla VII. Causa raíz X₁₀

Causas Potenciales	Causas Raíz
X ₁₀ Retorno de agencias	Forma de calcular el índice de reproceso

Tabla VIII. Causas raíz de X₂

Causas Potenciales	Causas Raíz
X ₂ Montacarga de producción	Alcance del proceso de recepción
	Condiciones de estiba de los productos (estabilidad)

Tabla IX. Causas raíz de X₁₂

Causas Potenciales	Causas Raíz
X ₁₂ Condición del pallet	Alcance del área de BPT

D. Mejorar & Resultados

En esta etapa se identifican soluciones para reducir el índice de reproceso (IR) en la bodega de producto terminado (BPT). Las soluciones son implementadas o simuladas con sus respectivos resultados alcanzados o proyectados.

Las soluciones se basan en los 5 principios de almacenamiento esbelto [1] y [5].

1. Eliminar desperdicios.

Se realizan varias actividades para eliminar los diferentes desperdicios identificados como defectos, reproceso, transporte y la no utilización del talento:

- Pintar las uñas de los montacargas y ajustar las uñas con sistema POKA YOKE -cero error-;
- Asignar un estibador para contar sacos durante la recepción del producto no a un montacarguista;
- Establecer políticas e índice de retorno visible; y
- Embalar los pallets de los productos de mayor rotación con stretch film o plástico.

La política de retorno implementada se la conoce como 5R:

1. Registrar e informar sacos rotos desde la recepción del pedido.
2. Regresar el saco dañado inmediatamente.
3. Revender el producto como tipo B antes de los 10 días de la fecha de vencimiento.
4. Recibir premio por menor IRetorno de agencia.
5. Registrar mensualmente el IRetorno y compartir por correo electrónico.

Índice de Retorno (IRetorno) se muestra en la ecuación (2)

$$IRetorno^* = \frac{total\ de\ toneladas\ reprocesadas_t}{total\ de\ toneladas\ vendidas_t} \times 100 \quad (2)$$

2. Estandarizar

En el proceso de recepción, el estibador debe identificar, marcar y reportar los sacos rotos, estos deben ser imputados al área de producción. En el proceso de despacho, los pallets dañados deben ser retirados del sistema por medio del despachador.

Se mejora la ubicación de los productos en la BPT utilizando el “perfil de despacho”. En la zona dorada que es la zona más cercana a los muelles se ubicarán los

productos de acuicultura, debido a que la ratio de despacho entre acuicultura y salud animal es de 3.7:1.

Se aplica la metodología seis sigma en la BPT:

- Sort (Clasificar). Eliminar artículos innecesarios de la bodega, como pallets dañados, productos obsoletos o dañados, empaques no adecuados, etc.
- Set-in-order (Ordenar). Ubicar de forma efectiva los productos, herramientas y equipos. Utilizar ubicación fija y la zona dorada.
- Shine (Limpiar). Una bodega limpia es una bodega productiva. Realizar un cronograma de limpieza.
- Standardize (Estandarizar). Crear estándares de operación en la bodega, utilizar comunicación visual.
- Sustain (Mantener). Asegurar el mejoramiento continuo. Implementar bonos por rendimiento.
- Safety (Seguridad). Ambiente adecuado y seguro para productos, personas e instalaciones.

3. Respeto por las personas

Implementar la política B.O.N.O. de \$50 para todos los operadores de la BPT con el fin de incentivar el buen manejo de los productos, como se observa en la Tabla X.

Política B.O.N.O.

- Buscar un objetivo, no llegar a 4 toneladas de producto final reprocesado para alcanzar la meta de 0.11% de IR.
- Observar nuevas variables que puedan afectar el reproceso de producto final y/o el desempeño de los operarios.
- Notificar a los miembros de BPT la cantidad de toneladas de reproceso de producto final generadas semanalmente y el IR.
- Orientar a los operarios de BPT hacia una cultura de “menos desperdicios”.

Tabla X. Criterio para asignación de bono

Estado	Monto	Criterio de asignación
Satisfactorio	\$50	IR ≤ 0.11
Bueno	\$25	0.11 < IR ≤ 0.22
Regular	\$13	0.22 < IR ≤ 0.33
Malo	\$0	0.33 < IR

4. Equipo de trabajo

Se establecen estrategias para crear un ambiente Lean [6], guiadas por el jefe de BPT:

- Coordinar actividades. Explicar la distribución de la bodega y sus políticas de almacenamiento.
- Asegurar recursos. Planificar el almacenamiento y la capacidad diaria.
- Enseñar a resolver problemas
- Poner en práctica lo aprendido. Crear un ambiente de enseñanza de la filosofía de almacenamiento esbelto.
- Reconocer verbalmente el trabajo de los operadores

5. Mejora Continua

Evaluar constantemente el índice de reproceso. Estratificar las variables e identificar oportunidades de mejora en áreas inicialmente no consideradas en esta investigación.

Priorización de Soluciones

La Tabla XI presenta las soluciones propuestas que relacionan las acciones de solución basadas en la filosofía de almacenamiento esbelto con las causas raíz identificadas.

Tabla XI. Propuestas de solución

Causas raíz	Propuestas de solución
Condiciones de luz de la bodega	1. Resaltar uña de montacargas + Poka Yoke
Procedimiento para el manejo de materiales establecido	2. Establecer política B.O.N.O.
Distribución actual de la bodega	3. Redistribución de la BPT
Condiciones de estiba de los productos	4. Políticas de almacenamiento
Alcance del proceso de recepción	5. Ampliar el proceso de recepción (estibador)
Condiciones de estiba de los productos	6. Embalar con stretch film productos de alta rotación
Forma de calcular el índice de reproceso	7. Reformular el IR
	8. Establecer políticas de IRetorno
Alcance del área de BPT	9. Ampliar el proceso de despacho de la BPT (despachador)

Las propuestas 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9 no tienen costos directos de implementación, pero sí costos indirectos como mano de obra, horas de trabajo para los asistentes de BPT y administrativos. Los beneficios son la reducción del tiempo de búsqueda de productos, del desorden, de distancias recorridas de productos de alta rotación, de manipulación de pallets, de tiempos de cuadro de inventario, de tiempos de tomas de muestra de calidad, de errores en el despacho [7]. Por lo tanto, las soluciones son de bajo costo directo y alto beneficio.

La propuesta 6 consiste en embalar los pallets de los productos de alta rotación con stretch film, con el objetivo de mejorar la estabilidad; sin embargo, tiene un costo directo de \$6,60 por cada rollo con un rendimiento de 14 pallets, que representa \$ 2,700 al mes, y un tiempo adicional para el embalaje manual, por lo tanto, no se considera esta propuesta.

Las soluciones propuestas son analizadas por medio de la matriz impacto de la solución versus el esfuerzo para implementar y controlar, como se observa en la Tabla XII.

Tabla XII. Matriz de Impacto vs Esfuerzo

Propuestas de solución	Impacto	Esfuerzo
1. Resaltar uña de montacargas + Poka Yoke	ALTO	BAJO
2. Establecer política B.O.N.O.	ALTO	MEDIO
3. Redistribución de la BPT	ALTO	ALTO
4. Políticas de almacenamiento	ALTO	BAJO
5. Ampliar el proceso de recepción (estibador)	ALTO	BAJO
7. Reformular el IR	ALTO	BAJO
8. Establecer políticas de IRetorno	BAJO	ALTO
9. Ampliar el proceso de despacho de la BPT (despachador)	ALTO	BAJO

Se decide implementar o simular las soluciones de alto impacto independientemente del esfuerzo.

Resultados de la implementación

En el período del proyecto se implementan dos soluciones y dos acciones. Las acciones son actividades que apoyan el desarrollo de la cultura esbelta.

Acción 1. Socialización

El jefe de la BPT realizó la socialización con el equipo de trabajo (operadores, asistentes y montacarguistas) sobre el IR en la BPT y su impacto.

Acción 2. Supervisión

El jefe de la BPT designa a un asistente de bodega para supervisar periódicamente el cumplimiento de las políticas de almacenamiento, de limpieza, y orden de los productos en el pallet, supervisar la manipulación de productos por parte de los montacarguistas y registrar el reproceso generado semanalmente con sus causas potenciales.

Solución 9. Ampliar el proceso de despacho de la BPT (despachador)

El jefe de la BPT asigna a un operador la responsabilidad de retirar los pallets que se encuentren en las condiciones B y C según la Fig. 6, con la finalidad de impedir el re-ingreso al sistema de pallets que dañan los productos durante el almacenamiento, preparación de pedidos y despacho.

Solución 5. Ampliar el proceso de recepción (estibador)

El jefe de BPT asigna la responsabilidad a un estibador de identificar, marcar y registrar los sacos rotos provenientes de recepción, como se observa en la Fig. 7, para que sean

registrados por el asistente de bodega e imputados a producción al finalizar el mes.

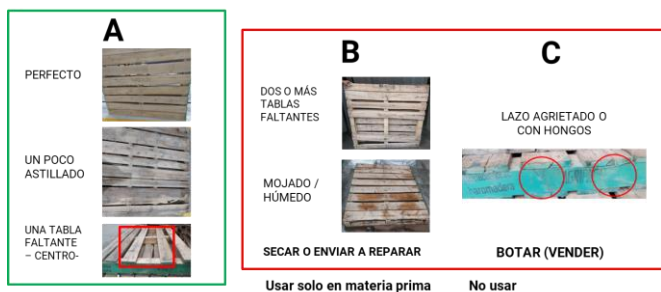


Fig. 6 Calidad del pallet



Fig. 7 Ampliar proceso de recepción

Con la implementación de las dos decisiones y las dos soluciones se disminuyó de 8.75 toneladas de reproceso semanal a 6.14 toneladas de reproceso semanal (Fig. 8), es decir, una disminución del 29.83% de toneladas reprocesadas. La BPT disminuye de 32 toneladas mensuales a 25 toneladas mensuales lo que representa 0.17% del índice de reproceso.

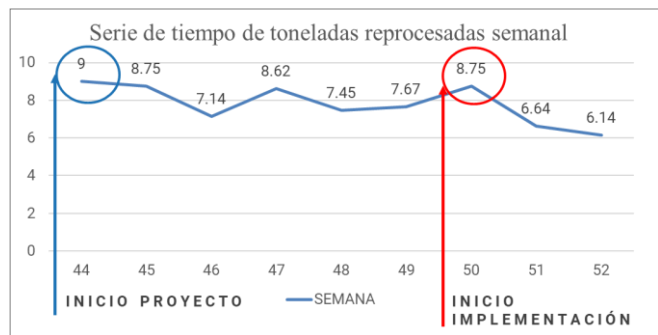


Fig. 8 Toneladas de reproceso semanal en la BPT

Resultado de las simulaciones de las soluciones

Se utiliza Flexim para simular la propuesta de distribución de los productos en la BPT. Se considera el despacho de

24,512 sacos de la línea de acuicultura (360 pallets), dos montacarguista disponibles para el despacho en muelle, tres camiones de despacho de acuicultura y cada uno con dos estibadores.

Solución 4. Políticas de almacenamiento

El jefe BPT explica a los montacarguistas la nueva distribución de la bodega (Fig. 9) y coordina las actividades que paulatinamente se van a realizar para alcanzar el *Layout* propuesto.



Fig. 9 Políticas de almacenamiento

Las nuevas políticas de almacenamiento y estrategias lean aseguran una disminución en la manipulación del producto. En la distribución actual se necesitan 543 movimientos para el despacho de los productos, en cambio en la simulación de la distribución propuesta se necesitan 445, es decir una reducción del 18.05%. Como existe una correlación directa entre la cantidad de movimientos y el reproceso por la causal de "Montacarguista BPT", se utiliza el mismo porcentaje para estimar la reducción del reproceso. Actualmente es de 16 toneladas mensuales, por lo tanto, la reducción estimada es de 2.88 toneladas al mes.

Solución 1. Resaltar uña de montacargas + PokaYoke

Se pintan las uñas del montacargas con color amarillo fosforescente. Se determinó en la etapa de análisis que el 20% de los sacos reprocesados por montacargas provienen de clavar la uña en el producto. La propuesta asegura que el montacarguista pueda observar la uña, por lo tanto, la reducción estimada es de 3.2 toneladas al mes.

Solución 3. Redistribución de la BPT

Se simula la distribución propuesta que se observa en la Fig. 10 y 11. Se identifica con colores según la división:

- Azul - Acuicultura,
- Rojo - Salud Animal,

- Rosado - Cálculos,
- Naranja - Mascota,
- Morado - Jaula o recepción de producto.

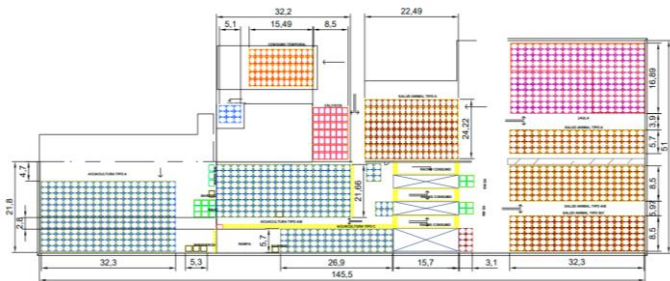


Fig. 10 Distribución propuesta de los productos

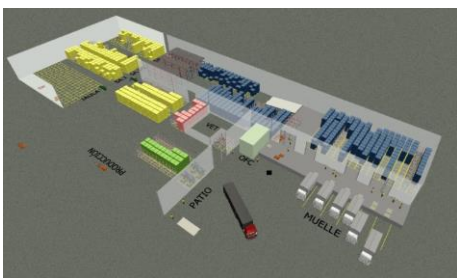


Fig. 11 Simulación. Distribución propuesta de los productos

Para la redistribución de los productos se simula la situación actual y mejorada del despacho de 24,512 sacos (360 pallets aproximadamente) de la línea de acuicultura. En la situación actual se recorren 49.38 Km (Fig. 12) y en la situación propuesta o mejorada se recorren 22.82 Km (Fig. 13).

incollision	0.00
collcheckstate	0.00
totaltraveldist	49379.47
kinematics	Kinematic data - Last Up
flipthreshold	180.00
availableonstart	1.00

Fig. 12 Simulación. Distancia total recorrida ACTUAL

Para verificar la precisión del modelo se calcula manualmente la distancia recorrida en la situación actual obteniendo 53.68 km, es decir, que el modelo de simulación tiene un 92% de precisión.

incollision	0.00
collcheckstate	0.00
totaltraveldist	22816.15
kinematics	Kinematic data - Last Up
flipthreshold	180.00
availableonstart	1.00

Fig. 13 Simulación. Distancia total recorrida MEJORADA

La distribución mejorada reduce en un 53.8% la distancia total recorrida. A menor distancia recorrida del producto es menor la probabilidad de que el producto se dañe durante el despacho o que el montacarguista dañe el producto durante la búsqueda de este [7], es decir, se reduce en 53.8% las toneladas totales reprocesadas por la causal de montacarguista que actualmente es de 10.24 toneladas al mes, por lo tanto, la reducción estimada es de 5.5 toneladas al mes.

Como beneficio adicional se reduce el tiempo de despacho del producto en 2 horas debido a la distancia recorrida y reducción en el tiempo de búsqueda de los productos.

Solución 2. Establecer política BONO

El jefe de BPT se reunió con la Gerencia para solicitar la implementación del bono a los montacarguistas. Es importante mencionar, que operadores de otras áreas sí reciben remuneración variable (bono por desempeño). Esta propuesta de solución asegura que los operadores busquen alcanzar el objetivo del área de 0.11% del índice de reproceso. Se estima una reducción de 1.04 toneladas al mes.

Con la implementación de las soluciones se estima disminuir de 8.75 toneladas de reproceso semanal a 4.0 toneladas de reproceso semanal, es decir, una disminución de 54.3% de toneladas totales reprocesadas. La BPT disminuye de 32 toneladas mensuales a 16 toneladas mensuales lo que representa 0.11% del índice de reproceso logrando así el objetivo planteado por el equipo de investigación.

La siguiente solución no disminuye el índice de reproceso, pero mejora el registro del índice de reproceso en la BPT:

Solución 7. Reformular el índice de reproceso

La figura 14 muestra las categorías registradas por el área de calidad.

OBJETIVO 0,30 % MAXIMO			
	TON	%	Indicador
Producción	0.0	0.0	0.0
Nutrición	0.0	0.0	0.0
Bodega PT	37.5	79.7	0.3
Compras	0.0	0.0	0.0
Calidad	0.0	0.0	0.0
Mantenimiento	0.0	0.0	0.0
Planificación	9.5	0.0	0.1
Ventas	0.0	0.0	0.0
TOTAL	47.0	79.7	0.39

Fig. 14 Categorías del índice de reproceso ACTUAL

La propuesta aprobada e implementada propone registrar como categoría independiente el reproceso generado por las agencias y registrado dentro del índice de la BPT, el cual representa cerca del 14%. Esto con el propósito de demostrar

a la empresa el impacto de las agencias sobre el reproceso, impacto que era desconocido; y permitir a las agencias realizar acciones de mejora para reducir dicho reproceso.

E. Controlar

En la Tabla XIII se establece el plan de control para cada propuesta de solución.

Tabla XIII. Plan de Control

Propuesta de solución	Control
1. Resaltar uña de montacargas	Agregar a la lista de verificación el estado de la pintura de horquillas
2. Establecer política B.O.N.O.	Informar a los operadores mensuales sobre IR
3. Redistribución de la BPT	Control visual + Supervisión. Diseño imprimible
4. Políticas de almacenamiento	Cada 6 meses reevaluar el análisis del "perfil de despacho" ABC
5. Ampliar el proceso de recepción (estibador)	Número de registro de sacos rotos marcados
7. Reformular el índice de reproceso	Récord semanal de sacos rotos
8. Establecer políticas de IRetorno	Informe semanal detallado de sacos devueltos
9. Ampliar el proceso de despacho de BPT (despachador)	Control visual. Tabla de calidad imprimible

IV. CONCLUSIONES

En base a los resultados de la implementación de las soluciones y la simulación de ciertas propuestas se concluye que se alcanza la meta del índice de reprocesamiento de 0,11% en la bodega de producto terminado durante el primer trimestre de 2021.

Los beneficios indirectos principales que se generan por las soluciones son dos. Primero, se reduce la manipulación del producto de cinco movimientos a dos. Segundo, es posible ahorrar cerca de cinco mil dólares por reprocesar el producto.

La redistribución propuesta garantiza el orden y la organización de la bodega de producto terminado, facilitando las actividades que se desarrollan en ella y minimizando el error humano.

V. RECOMENDACIONES

Considerar recubrir las uñas de montacargas con material tipo caucho para evitar el rompimiento de sacos. Se debe procurar que no afecte el desempeño de los montacarguistas en la manipulación de productos.

Realizar el acomodo de producto en el período de 8 am a 9:30 pm (durante el proceso de recepción) a fin de evitar la sobrecarga de trabajo en las tardes durante la actividad de almacenamiento y de esta manera evitar errores.

Implementar controles visuales y sistemáticos para asegurar que la distribución de la bodega sea significativa. El personal debe comprometerse con la filosofía de "cero desperdicios".

REFERENCIAS

[1] B. Londoño Benítez, "Manual (Guía) Para La Implementación De Un Sistema Lean De Gestión De Almacenamiento En Bodegas De Materia Prima, Producto Terminado, Repuestos E Insumos," Tesis de Maestría, Gerencia Logística y Gerencia de producción y Operaciones, Universidad de la Sabana, Chia, Colombia, 2014. Pp.55, pp. 66 - 89.

[2] B. Rushton, A;Croucher, P;Baker,P. The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain. England: Kogan Page. 2017. ISBN-10:074947677X, ISBN-13: 9780749476779

[3] Shahab Derhami, Jeffrey S. Smith, Kevin R.Gue, "A simulation-based optimization approach to design optimal layouts for block stacking warehouses," Elsevier, May 2020. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527319303524>

[4] Corp. Six Sigma (2020, noviembre). "Critical to Quality is the Six Sigma DNA" [Página Six Sigma]. Disponible en: <https://www.6sigma.us/six-sigma-articles/critical-quality-six-sigma-dna/>

[5] K. B. Villacreses, W. P. Navarrete, and V. G. Jaramillo, "Improvement of the fractionation process of agrochemicals using lean manufacturing techniques | Mejoramiento del Proceso de Fraccionamiento de Agroquímicos Usando Técnicas de Producción Esbelta," in Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and TeCHIology, 2017, vol. 2017-July.

[6] Grau R. Mercedes, "Dirija el mejor equipo de trabajo", España, 2003.

[7] John J. Bartholdi, III and Steven T. Hackman, "Warehouse and distribution science", 1th ed. Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332-0205 USA, 16 August 2019, pp. 11-20, pp. 23-28, pp. 51-67, pp.157-169.