

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

OPTIMIZACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN CONSUMO MASIVO

Harcha Oliveto, Leila – LU: 1106468
Ingeniería Industrial

Kalistenco, Carolina – LU: 1106990
Ingeniería Industrial

Tutor:
Panno, Javier, UADE

Año: 2022



UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

Tabla de Contenido

1. Resumen	4
2. Abstract	5
3. Contenidos.....	6
3.1 Introducción	6
3.2 Metodología y Desarrollo.....	8
3.2.1 Detección de la oportunidad.....	8
3.2.1.1 Análisis de la cadena de suministro	8
3.2.1.2 Contexto laboral y socioeconómico de la región	10
3.2.1.3 Situación impositiva de la región e incentivos locales a la producción	12
3.2.1.4 Distribución de la demanda en la región.....	14
3.2.1.5 Resumen de las oportunidades detectadas y conclusiones iniciales.....	18
3.2.2 Análisis Técnico.....	19
3.2.2.1 Análisis de Lay-Out	19
3.2.2.2 Análisis de Flujo de Materiales.....	29
3.2.2.3 Análisis del proceso productivo	31
3.2.2.4 Análisis de condiciones de almacenamiento	38
3.2.2.5 Cálculo de Servicios	40
3.2.3 Traslado de operaciones	42
3.2.3.1 Pre-Construcción de Stock.....	43
3.2.3.2 Traslado de las operaciones	49
3.2.3.3 Instalación de Operaciones y Puesta en Marcha	53
3.2.4 Optimización y seguimiento del proyecto de relocalización.....	56
3.2.4.1 Fundamentos de tableros de control.....	56
3.2.4.2 Aplicación de tablero de comando al proyecto de relocalización industrial	59
3.2.5 Análisis económico Financiero	65
3.2.5.1 Cálculo de ahorros	66
3.3 Resultados	67
3.4 Detección de Oportunidad para Internalización de Volumen Importado.....	71
3.4.1 Tecnología necesaria y descripción de alternativas.....	71
3.4.1.1 Mezclador principal	71
3.4.1.2. Mezclador auxiliar con camisa de refrigeración/calentamiento	75
3.4.1.3. Mezclador auxiliar sin camisa de refrigeración/calentamiento	78
3.4.1.4 Tanques de almacenamiento	80
3.4.1.5 Envasadora.....	83
3.4.2 Balance de línea y capacidades	87

3.4.2.1 Plan de ventas	87
3.4.2.2 Ritmo de trabajo.....	88
3.4.2.3 Stock de seguridad	89
3.4.2.4 Balance de necesidades de la envasadora	91
3.4.2.5 Balance de necesidades del tanque stock	92
3.4.2.6 Balance de necesidades del mixer principal.....	92
3.4.2.7 Balance de necesidades del premixer.....	98
3.4.2.8 Desperdicios.....	100
3.4.2.9 Cantidades Necesarias.....	101
3.4.2.10 Horas de lavado.....	102
3.4.2.11 Cantidad necesaria y grado de aprovechamiento	103
3.4.3 Análisis de lay out con el nuevo proceso	104
3.5 Conclusiones y Observaciones.....	105
3.6 Bibliografía.....	107

1. Resumen

En este trabajo se analizó la viabilidad técnica y económica de trasladar las operaciones de una fábrica de consumo masivo para la producción de Shampoo situada en Costa Rica a un predio vacante en El Salvador. Para realizar el análisis de factibilidad del traslado se tuvieron en consideración los siguientes aspectos:

- Capacidades productivas
- Lay Out de la planta
- Inversiones necesarias
- Costos Logísticos derivados del traslado
- Costos Laborales derivados del traslado

Como conclusión del proyecto de traslado se obtuvo un VAN de 11,9 M€ teniendo en cuenta una inversión total de 22,3 M€, una TIR del 23% y un periodo de repago de 3,3 años. Estos indicadores habilitan la implementación del proyecto generando ahorros por 5,2 M€ totales compuestos por 2,8M€ de ahorros en producción y 2,4M€ en distribución.

2. Abstract

In this work, the technical and economic feasibility of moving the operations of a Shampoo factory located in Costa Rica to a vacant property in El Salvador was analyzed considering:

- Capabilities
- Lay Out
- Investments
- Logistics costs
- Labor Costs

In conclusion, a NPV of € 11.9 million was obtained, taking into account a total investment of € 22.3 million, an IRR of 23% and payback of 3.3 years. These indicators enable the implementation of the project, generating savings of € 5.2 million in total, made up of € 2.8 million in production savings and € 2.4 million in distribution.

3. Contenidos

3.1 Introducción

En el contexto de globalización sumamente dinámico en el que las empresas industriales efectúan sus operaciones en la actualidad, existen múltiples oportunidades de optimización de costos. Son aquellas empresas que logran captar estas oportunidades y adaptarse con mayor agilidad y flexibilidad a los diversos cambios que derivan de la implementación de las mismas, las que cuentan con una ventaja competitiva fundamental.

En este marco, se estudiará el problema de la transformación de la cadena de suministro y particularmente del traslado de una planta industrial en una compañía de consumo masivo ubicada en Centroamérica.

Se buscará lograr la adaptabilidad que le permita a la compañía aprovechar las oportunidades de optimización en costos derivadas de la relocalización y superar el proceso sin que ello impacte negativamente en sus operaciones.

Este análisis permitirá definir un proyecto de transformación de la cadena de suministro y exponer el impacto positivo del mismo en los principales indicadores financieros de la compañía, así como en el beneficio que obtienen los accionistas.

La compañía a analizar es una multinacional de bienes de consumo masivo con sede en Londres, Inglaterra. Los productos producidos y distribuidos incluyen alimentos, condimentos, helados, vitaminas, minerales y suplementos para el bienestar, té, café, cereales para el desayuno, agentes de limpieza, purificadores de agua y aire, alimentos para mascotas, pasta de dientes, productos de belleza y cuidado personal.

La compañía está organizada en tres divisiones principales: Alimentos y Refrescos; Cuidados en el hogar; y Belleza y Cuidado Personal. Tiene instalaciones de investigación y desarrollo en China, India, los Países Bajos, el Reino Unido y los Estados Unidos.

Para este estudio, se pondrá el foco en dos fábricas de shampoo para el cabello situadas en la región de Centroamérica, una en Costa Rica y otra en El Salvador, que abastecen el 100% de la demanda de la región.

La fábrica de Costa Rica posee actualmente 4 categorías de producto (denominados productos A, B, C y D) y abastece una demanda que totaliza 53,8 miles de toneladas en la región de Centroamérica. Para esto posee una infraestructura productiva total de 17 líneas, que producen 134 SKUs (número de referencia único que identifica a cada producto) entre los cuatro productos, con una necesidad de 263 operadores.

Item	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D
Volumen [K Tons]	27,4	17,9	4,6	3,9
# SKU's	56	61	9	8
# Líneas	9	7	1	2
# Operadores	153	68	17	34

Figura 1– Distribución según Producto

Como resultado de un proyecto de optimización previo, las operaciones que se llevaban a cabo en la fábrica originalmente ubicada en El Salvador fueron trasladadas en su totalidad a México. Debido a esto, el predio en El Salvador se encuentra actualmente vacante, por lo que se estudiará la factibilidad de trasladar las operaciones de la fábrica de Costa Rica al predio en El Salvador, determinando si es posible mejorar los indicadores financieros clave para el negocio.

Con este fin, se analizarán tanto los costos laborales y de distribución, así como también se dimensionarán las inversiones necesarias para realizar este movimiento.

3.2 Metodología y Desarrollo

3.2.1 Detección de la oportunidad

3.2.1.1 Análisis de la cadena de suministro

El traslado de una planta industrial sin una correcta planificación puede tener un altísimo impacto en la cadena de suministro de una empresa. Es por esto que se vuelve de vital importancia para la operación, conocer y comprender su funcionamiento para que, de esta forma, se altere lo menos posible al realizar el proyecto de traslado.

Las actividades de la cadena de suministro comprenden desde el abastecimiento de las materias primas para la fabricación de los productos de la empresa hasta la comercialización de los mismos con los clientes.



Figura 2– Descripción de la cadena de suministro de una empresa

Todas las áreas aquí mencionadas se ven afectadas, en mayor o menor medida, ante proyectos o cambios en la estructura de funcionamiento de una empresa.

En particular, en proyectos como la relocalización de una planta, los eslabones más comprometidos de esta cadena son los de la planificación de la demanda (Demand Planning), la programación de la producción (Supply Planning) y la Logística general de la empresa.



Figura 3– Principales eslabones afectados de la cadena de suministro

Esto se debe a que, una vez comenzado el proyecto, la capacidad de respuesta desde el punto de vista de la fabricación se reduce notablemente. Es decir que, durante la desinstalación, traslado y reinstalación de las líneas productivas, se anula la posibilidad de fabricar los bienes comercializados por la compañía. Sin una correcta planificación previa al traslado, se corre el riesgo de desabastecer al mercado, perdiendo ventas y, por tanto, ingresos para la empresa.

Es por ello que se deben interpretar en profundidad las tareas que realizan estas áreas, para luego poder planear su accionar antes del traslado del centro productivo.

La organización cuenta originalmente con 2 centros productivos en la región de Centroamérica para la división de Cuidado Personal: una fábrica en El Salvador y otra fábrica en Costa Rica, ambas con instalaciones adecuadas para la producción del mismo tipo de productos de la línea de Cuidado Personal.

Como resultado de un proyecto de optimización de operaciones llevado a cabo previamente por la organización, las producciones de la fábrica de El Salvador se fusionarán en su totalidad con las producciones de una planta perteneciente a la compañía que se encuentra ubicada en México, por lo que el predio de El Salvador quedará vacante.

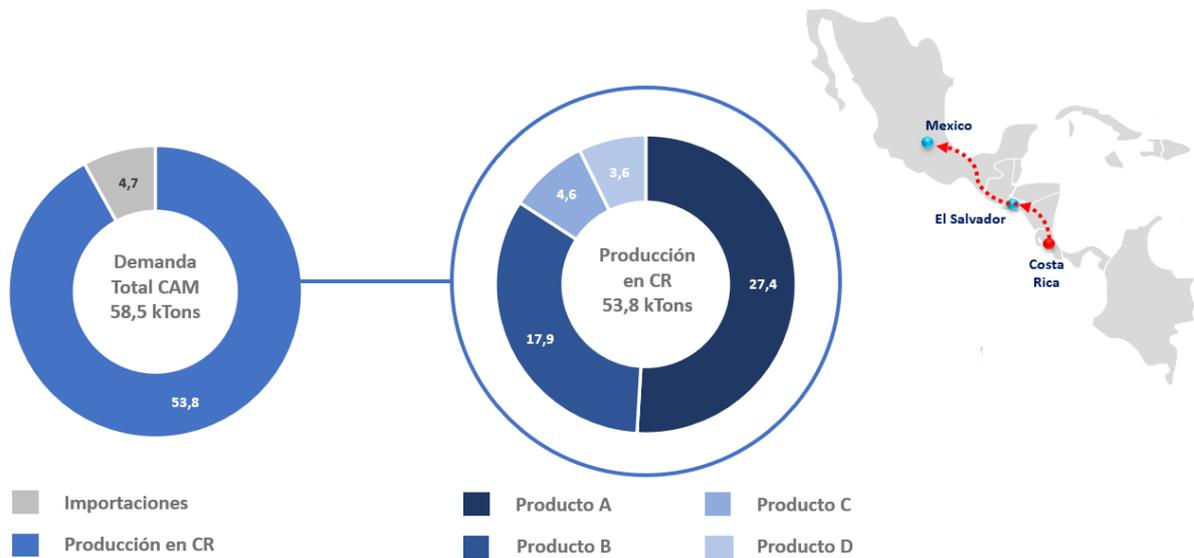


Figura 4: Distribución de producción en Centroamérica y en Planta Costa Rica

Debido a esto, se estudiará la factibilidad de trasladar las operaciones de la fábrica de Costa Rica a la fábrica de El Salvador, explorando las posibles optimizaciones tanto a nivel costos como a nivel operativo.

Para identificar el criterio a ser utilizado para tomar la decisión de relocalización, se seleccionaron tres variables iniciales a ser analizadas:

1. Contexto laboral y socioeconómico de la región
2. Situación impositiva de la región e incentivos locales a la producción
3. Distribución de la demanda en la región

3.2.1.2 Contexto laboral y socioeconómico de la región

Se comienza analizando el contexto laboral de la región y los costos promedio anuales en cada país, para entender si existe una oportunidad a nivel costos de mano de obra en realizar el traslado de la producción actual a el predio en El Salvador.

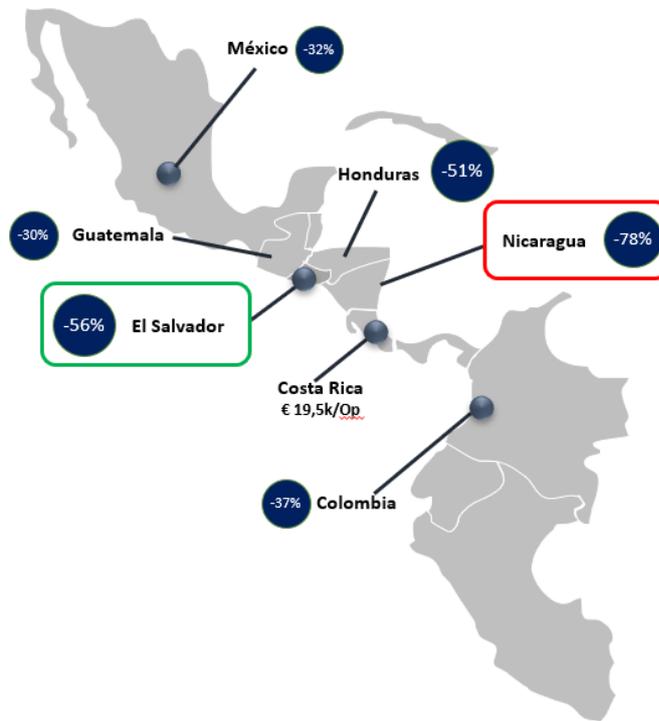


Figura 5: Comparativa de Costos Laborales en Centroamérica versus costos actuales en Costa Rica

Se observa a partir de la comparativa de costos en la región que Nicaragua sería la opción con mejores costos a nivel mano de obra, ya que presenta una reducción de -78% versus el costo laboral actual en Costa Rica. Sin embargo, en este caso se debe tener en cuenta el contexto socioeconómico y político del país, que podría dificultar el traslado de las operaciones y su normal desarrollo.

La crisis sociopolítica en Nicaragua existe desde el 2018 y corresponde al período de inestabilidad política que atraviesa el país desde el 17 de abril de dicho año después de varios meses de protestas civiles contra el gobierno del presidente Daniel Ortega y su vicepresidenta Rosario Murillo luego de que el gobierno anunciara una serie de modificaciones a la reforma del Instituto Nicaragüense de Seguridad Social.

Observando nuevamente la comparativa de costos de la región, se presenta como segunda opción El Salvador, que presenta una reducción de -56% versus el costo laboral actual en Costa Rica.

Teniendo en cuenta el salario anual promedio en El Salvador de 8.580 EUR y multiplicando por los 263 empleados de la operación, se obtiene un impacto positivo con un ahorro de 2,8 m€ anuales, por lo que se puede concluir que desde la perspectiva de costos laborales sería beneficioso para la compañía realizar el traslado de sus operaciones a la planta de El Salvador.



Figura 6: Cálculo del impacto positivo en mano de obra por el movimiento a El Salvador

3.2.1.3 Situación impositiva de la región e incentivos locales a la producción

Seguidamente se observa que, por pertenecer al Mercado Común Centroamericano, existe una exención impositiva entre los países de la región. De trasladar las operaciones de Costa Rica hacia cualquier país dentro de la región de Centroamérica, no se observaría un impacto económico en el aspecto impositivo.



Figura 7: Situación Impositiva en el Mercado Común Centroamericano

El Mercado Común Centroamericano (MCCA) está integrado por Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, y Costa Rica. Se rige por el Tratado General de Integración Económica Centroamericana de 1960 y sus protocolos modificatorios.

Existe libre comercio entre todos los países conforme a lo dispuesto en el Capítulo II del Tratado General de Integración Económica Centroamericana, con la única excepción de una lista de productos incluidos en el Anexo A de dicho Tratado.

Las mercancías, que no gozan de libre comercio y que están sujetos a regímenes comerciales especiales, son las siguientes:

Con restricción en los cinco países:

- **Café sin tostar:** Sujeto al pago de los derechos arancelarios a la importación
- **Azúcar de caña:** Sujeto a control de importación

Con restricciones bilaterales:

- **Café tostado:** Costa Rica con El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Sujeto al pago de los derechos arancelarios a la importación.
- **Alcohol etílico, esté o no desnaturalizado:** El Salvador con Honduras y Costa Rica. Sujeto a control de importación
- **Derivados del petróleo:** Honduras y El Salvador. Sujeto al pago de los derechos arancelarios a la importación.
- **Bebidas alcohólicas destiladas:** Honduras y El Salvador. Sujeto al pago de los derechos arancelarios a la importación.

3.2.1.4 Distribución de la demanda en la región

Finalmente, se analizó la existencia de oportunidades a nivel logístico ya que, al trasladar la producción de Costa Rica a El Salvador, podría existir un impacto en este aspecto.

Con este fin, por un lado, se analizó la distribución de la demanda en la región para entender dónde estaría el centro de gravedad de la misma y por otro, los costos logísticos de realizar dicho movimiento.

La demanda se define como la necesidad de un producto o componente en particular. La misma puede provenir de cualquier número de fuentes. La gestión de la demanda se define como la función que nos permite reconocer todas las demandas de bienes y servicios para apoyar el mercado. Implica priorizar la demanda cuando falta la oferta y puede facilitar la planificación y el uso de los recursos para obtener resultados comerciales rentables.

La gestión de la demanda es necesaria en cada uno de los siguientes niveles:

- Necesidades estratégicas a largo plazo, incluidos pronósticos a largo plazo, desarrollo de productos o desarrollo de capacidades.
- Proyección de demanda agregada a mediano plazo y planificación de ventas y operaciones.
- Pronóstico de demanda a corto plazo y programación a nivel de artículo.



Figura 8: Distribución de la Demanda de Planta Costa Rica en la región

Dentro de este marco, se observa que la mayor parte de la demanda, dada por los productos A, B y C, está concentrada en la región centro/norte de la región, a excepción del producto D, que tiene su centro de demanda precisamente en Costa Rica. Para este producto en particular, se realizó un análisis con diversas compañías que producen bienes similares en la región, que podrían funcionar como proveedores externos, para entender si habría oportunidad de tercerizar la producción con alguno de ellos.



Figura 9: Potenciales terceros de la región

PrC Actual/ Tn	Cotizacion Kamuk	Cotizacion El Angel
217 €	332 €	356 €
	53%	64%

Figura 10: Comparativa entre costo de producción por tonelada actual y potencial costo de terceros

Teniendo en cuenta las cotizaciones, la conclusión a la que se arribó es que no hay un interés genuino de los terceros por producir nuestros productos dado que somos líderes en el Mercado y esta iniciativa les estaría sacando aún mas participación.

Por este motivo se decide adicionar al producto D al movimiento hacia El Salvador, por más de que su centro de demanda se mantenga en Costa Rica.

La **logística** incluye las diversas tareas requeridas para entregar el producto correcto a los clientes adecuados en el momento indicado. De manera más integral, también significa obtener la cantidad correcta de producto en las condiciones correctas al lugar correcto y al precio correcto.

La configuración correcta de modos de transporte, almacenes y funciones es necesaria para cumplir con las expectativas de cada cliente y sus requisitos. La logística debe administrarse como un esfuerzo integrado para lograr la satisfacción del cliente al costo total más bajo. Es por esto que la minimización de costos y la maximización del servicio son los elementos clave de esta propuesta de valor.

La integración de la cadena de suministro requiere tomar una serie de pasos al construir la red logística:

1. Ubicación en los países correctos

- Mapear todos los países en las cadenas de suministro hacia adelante y hacia atrás.
- Analizar las cadenas hacia adelante y hacia atrás para ver si se seleccionan diferentes ubicaciones geográficas ya que las ubicaciones podrían hacer que la función logística sea más eficiente y eficaz (los países se diferencian por su infraestructura, mano de obra, estabilidad, regulaciones e impuestos).

2. Desarrollo de una estrategia efectiva de importación y exportación

- Determinación del volumen de carga y número de SKUs a mover.
- Decidir dónde colocar el inventario para una ventaja estratégica. Esto puede implicar decidir qué fronteras cruzar y cuáles evitar, así como determinar dónde deben almacenarse las mercancías en relación con los clientes. Tanto la ubicación geográfica como la distancia a los proveedores y/o el cliente puede afectar los costos totales y los plazos de entrega.

Teniendo en cuenta estos puntos, se analizaron los costos logísticos y se compararon versus los costos actuales desde Costa Rica, arrojando un ahorro total anual de 2,4 m€.

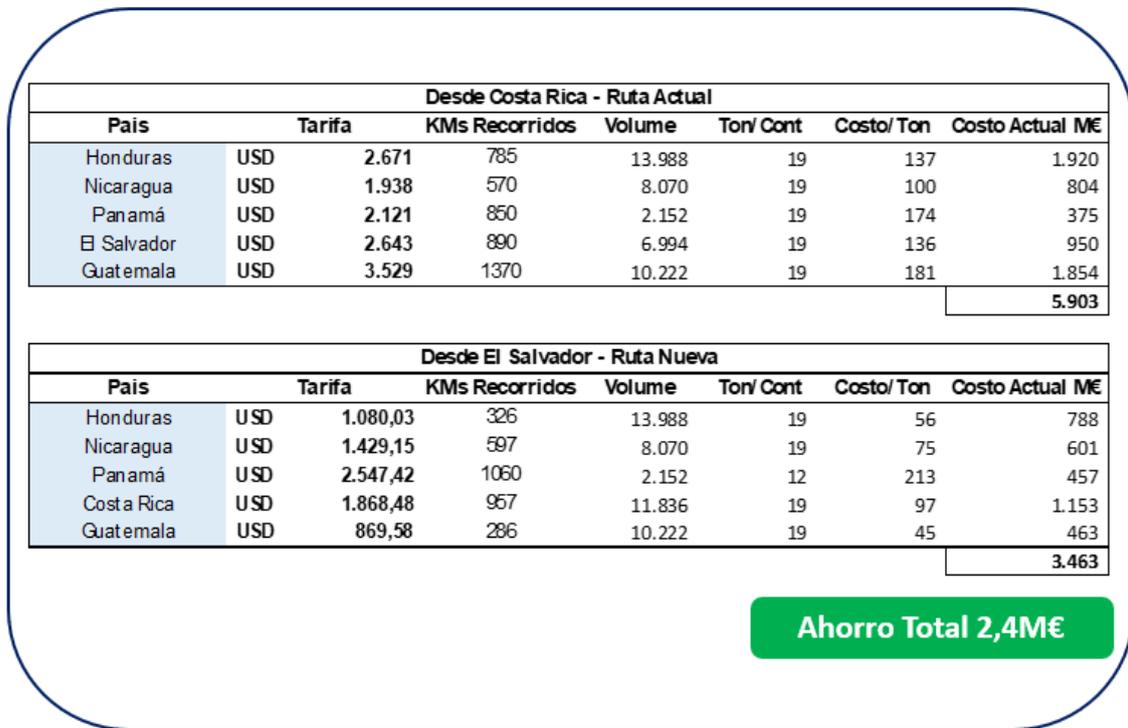


Figura 11: Cálculo de Costos logísticos desde Costa Rica y El Salvador

3.2.1.5 Resumen de las oportunidades detectadas y conclusiones iniciales

En resumen, las oportunidades detectadas fueron las siguientes:



Figura 12: Oportunidades Detectadas

Con cual se verifica que existe una oportunidad en mejora de costos operacionales y en mejora de eficiencias al trasladar las operaciones de Costa Rica al predio vacante de El Salvador.

3.2.2 Análisis Técnico

3.2.2.1 Análisis de Lay-Out

Se define como “lay – out” a la disposición de máquinas, equipos, materiales, personal y servicios auxiliares, que permite fabricar un producto a un costo adecuado.

Los principales objetivos a alcanzar con un buen lay out son:

- Optimizar el flujo de la información de materiales y personas
- Mejorar la utilización del espacio, de las maquinarias y de las personas
- Conseguir flexibilidad para adaptarse a cambios estructurales
- Incrementar la comodidad y seguridad del trabajador
- Mejorar la interacción con el cliente

Cuando se decide realizar la distribución de la planta siempre será necesario conocer y disponer de toda la información posible de los factores o elementos que conforman la planta, como, por ejemplo:

- **La maquinaria:** Es importante determinar el tipo de proceso productivo que lleva, el espacio, el herramental u otros elementos que necesita
- **Los materiales:** Se tendrá que disponer de información del tamaño, el volumen, el peso, la forma, así como la secuencia y orden en el que son incorporados
- **Mano de obra:** Será preciso disponer del número de empleados. Determinar los estándares de seguridad en el trabajo (luz, sonido, temperatura, etc.)
- **Servicios de seguridad:** Tanto para el personal (accesos, protocolos, etc.), material (inspección, control de calidad, etc.) y maquinaria (mantenimiento)

- **El movimiento:** El flujo que siguen la mano de obra y los materiales (métodos de transporte, recorridos, horarios, dotaciones, etc.)

Existen 5 tipos distintos de distribución en planta o de “lay – out”:

- Distribución por posición fija
- Distribución por proceso
- Distribución por producto (o en línea)
- Tecnología de grupo o celular
- Combinados

La utilización de cada uno depende de la variedad de productos, cantidades y procesos. En una misma planta pueden coexistir 2 o 3 tipos de distribución. La implementación del mejor tipo de Lay-out es clave para reducir costos de producción y aumentar la productividad.

- **Distribución en posición Fija:** El producto o componente principal, sobre el que se realiza el montaje, permanece fijo mientras que los equipos, maquinaria, instalaciones y personas se trasladan hacia él en la medida que sea necesario. Se aplica principalmente en los siguientes casos:
 - Cuando en las tareas se utilizan únicamente herramientas manuales o simples
 - Cuando se fabrican una o algunas piezas de un producto de grandes dimensiones
 - Cuando el costo de movimiento es elevado
 - Cuando se trata de un producto delicado evitando así su movimiento



Figura 13: Distribución por posición fija

- Distribución por proceso o por funciones:** Las operaciones de un mismo tipo de proceso se agrupan en sectores determinados. Se aplica principalmente cuando la maquinaria es costosa y difícil de mover y cuando existen diferencias amplias en los tiempos de fabricación de las operaciones.

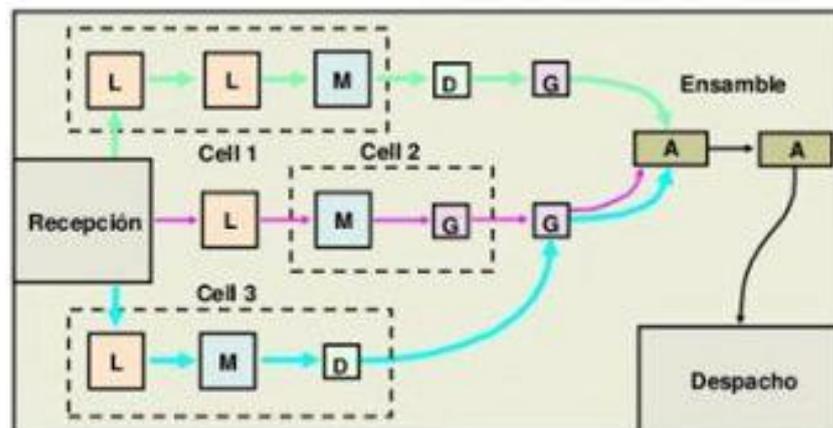


Figura 14: Distribución por proceso

- Distribución en línea o por producto:** El producto se fabrica en un área determinada, el material se mueve según la secuencia de operaciones desde la materia prima hasta el producto final. Se dispone cada operación adyacente a la siguiente. Las máquinas y equipos utilizados, independientemente del proceso que

realicen, estarán colocados siguiendo el Flujo de Producción. Se aplica principalmente cuando

- Se produce gran cantidad de productos o piezas.
- El diseño del producto está normalizado.
- Los tiempos entre operaciones están equilibrados y hay continuidad en el flujo del material.

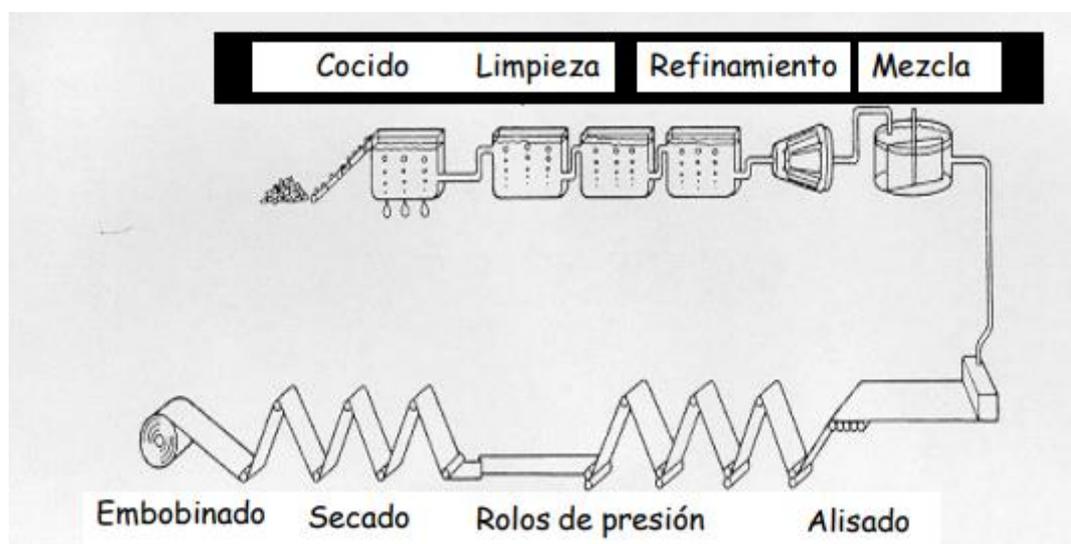


Figura 15: Distribución en línea

- **Tecnología de grupo o celular:** Consiste en agrupar máquinas y equipos de forma tal que cada uno de los conjuntos sea capaz de realizar la producción de todos los componentes de una misma familia. En la tecnología de grupo, las piezas con rutas y operaciones comunes son agrupadas e identificadas como una familia de piezas.

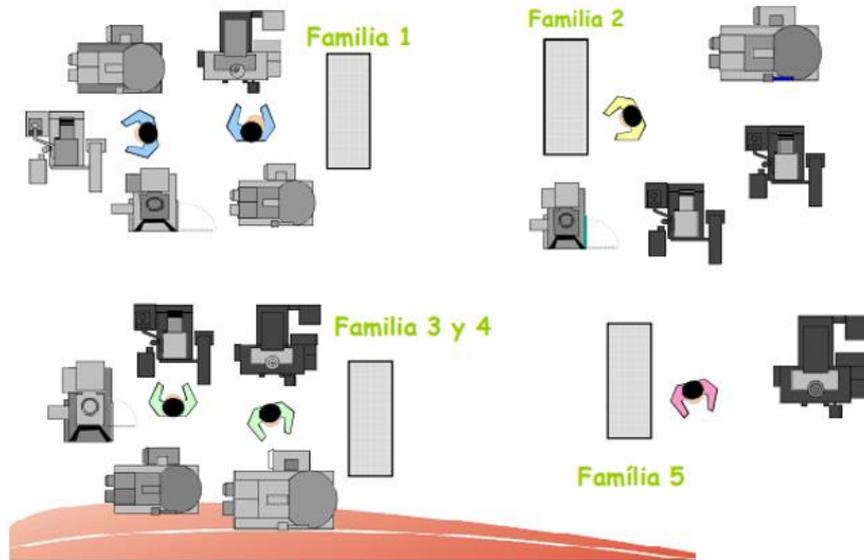


Figura 16: Distribución celular

El Lay-out de la fábrica actual de Costa Rica es el siguiente y está distribuido por proceso:

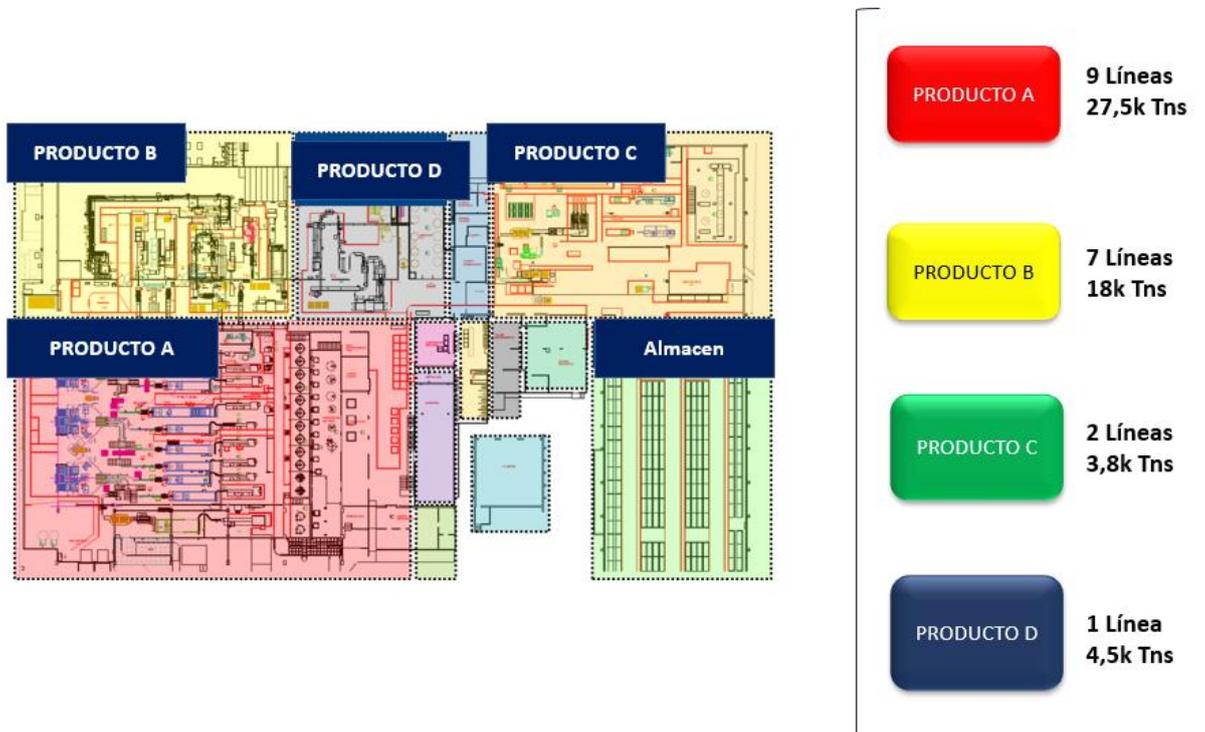


Figura 17: Lay-out actual en Planta Costa Rica

El mismo cuenta con cuatro áreas productivas delimitadas para la fabricación de los productos A, B, C y D. El área de producción del producto A es la más extensa y cuenta con 9 líneas que producen un total de 27,5 k toneladas anuales, el área de producto B cuenta con 7 líneas que producen 18k toneladas anuales, el área de producto C cuenta con 2 líneas que producen 3,8 k toneladas anuales y por último el área de producto D cuenta solamente con una línea que produce 4,5 k toneladas anuales.

El lay out de la instalación actual en el predio de El Salvador es el siguiente:

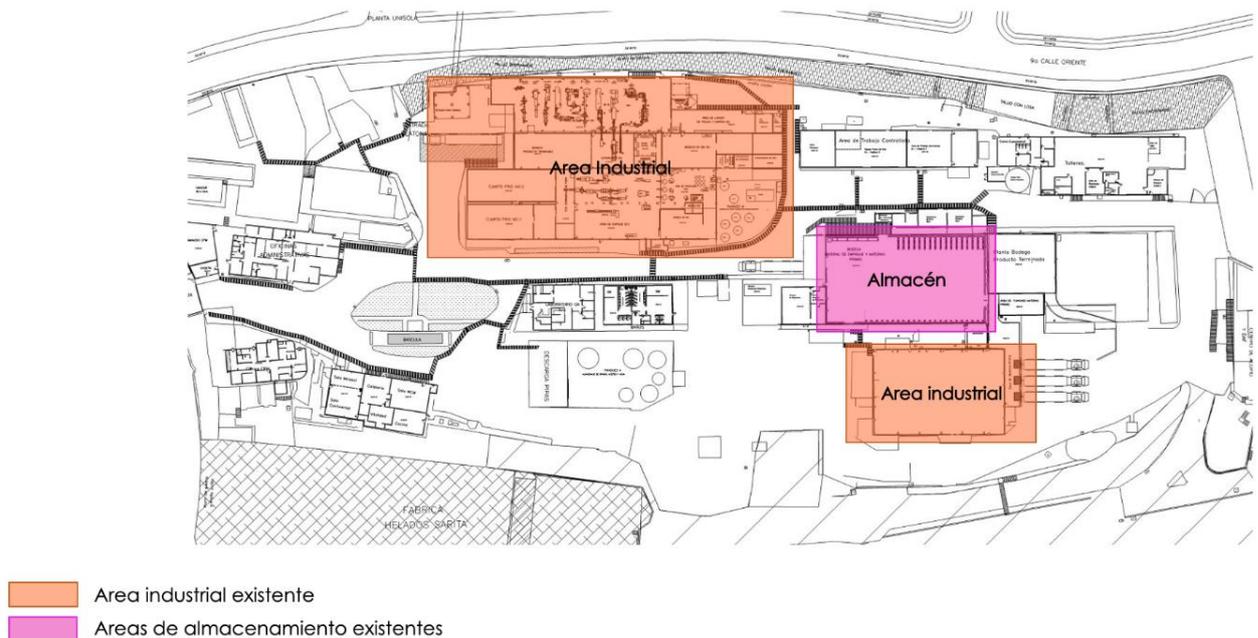


Figura 18: Lay-out actual en Planta El Salvador

En el caso del predio de El Salvador, mantendremos una distribución en planta o Lay Out por proceso.

El predio tiene un total de 49.250m² y cuenta con áreas industriales, de almacenamiento y de servicios. También cuenta con espacios de circulación de vehículos dentro del predio y dos accesos vehiculares.

Las áreas industriales cuentan con servicios instalados, como aire comprimido, y también cuentan con instalaciones eléctricas y luminarias, por lo que se decide ocupar estas

áreas aprovechando las facilidades existentes y realizando los mínimos cambios necesarios para la adecuación. La superficie de estas áreas, que en adelante llamaremos área 1 y área 2, es de 13.656m² y 5.875m², respectivamente.

Teniendo en cuenta la superficie de áreas industriales existentes y el espacio necesario para realizar la instalación de las líneas de procesos A, B, C y D, se decide utilizar el área 1 para trasladar las líneas de producción A y B y el área 2 para trasladar las líneas de producción C y D. El área 1 necesitará adecuaciones mínimas para el traslado de las líneas de producción de los productos A y B, que incluyen movimiento de las líneas de aire comprimido e instalaciones adicionales de tomas de corriente para las líneas, y también serán necesarias modificaciones para realizar el set-up de los procesos A y B. Las modificaciones necesarias en el área 2 serán únicamente para realizar el set-up de los procesos C y D, utilizando las instalaciones actuales para el traslado de las líneas.

Adicionalmente, se adecuará parte del área industrial 1 para crear un depósito de materias primas y se utilizará el almacén actual del predio El Salvador, de una superficie de 40m², para almacenar producto terminado y material de empaque. El área de servicios actual se utilizará con modificaciones y mantenimientos mínimos y se adecuarán las vías de acceso al predio y los espacios de circulación actuales.

Teniendo en cuenta todos los puntos mencionados anteriormente y habiendo utilizado como criterios principales la maximización del espacio actual y la mínima inversión, manteniendo un flujo eficiente de materiales dentro de la planta, la distribución de locales propuesta en el predio de El Salvador es el siguiente:

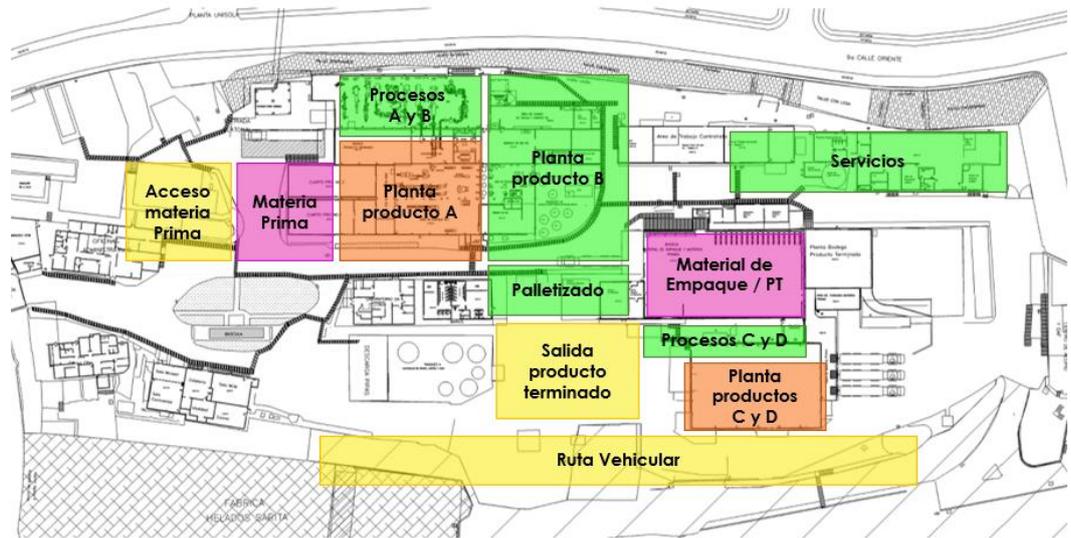


Figura 19: Distribución de locales en el lay-out de Planta El Salvador

A continuación, se detalla el lay-out propuesto para cada uno de los locales de procesos (“Procesos A y B” y “Procesos C y D”) y para las tres plantas industriales (“Planta producto A”, “Planta producto B” y “Planta productos C y D”), donde puede observarse la ubicación de los tanques stock y los mixers necesarios para los procesos productivos, y en el caso de las plantas de producto puede observarse la ubicación de las envasadoras, con sus respectivas medidas:

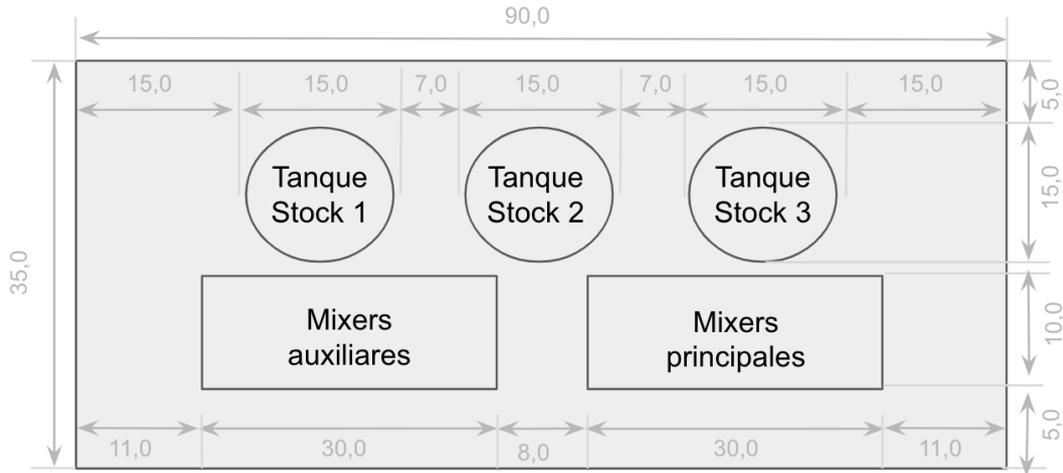


Figura 20: Lay-Out local Procesos A y B

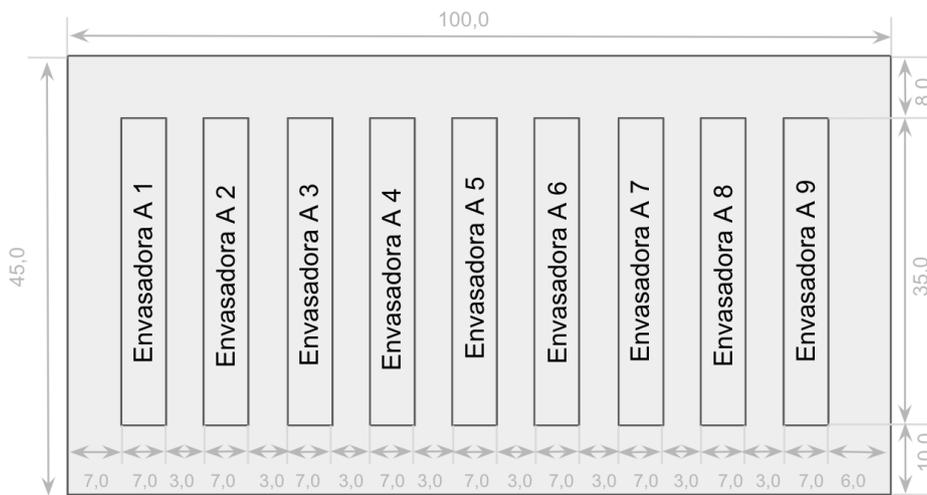


Figura 21: Lay-Out Planta producto A



Figura 24: Lay-Out Planta productos C y D

En todos los casos puede observarse que en los locales destinados tanto para procesos como para producción de la planta destino de El Salvador se cuenta con el espacio suficiente para la ubicación del equipamiento necesario para la producción. Adicionalmente, se observa que en el local destinado a la Planta Producto B se cuenta con un espacio vacante de aproximadamente 1400 m², el cual se reservará para ser utilizado en el futuro en el caso de que se requieran ampliaciones de capacidad productiva. También se observa que existe espacio disponible en el local de Procesos A y B para instalar un tanque stock adicional y para ampliar el área destinada a los mixers principales y secundarios, por lo que cualquier ampliación de capacidad productiva podrá ubicarse en la zona de producción donde actualmente se fabrican los productos A y B.

3.2.2.2 Análisis de Flujo de Materiales

Con el lay-out propuesto, si se analiza la disposición de las distintas áreas y en particular el posicionamiento de las calles internas se puede entender cómo es el flujo de materiales en la fábrica. Se asegura un flujo de materiales desde el ingreso de materia prima por el acceso este pasando por los procesos industriales, el llenado y almacenamiento y terminando en el acceso sur con la salida de producto terminado.

En un Lay-out la secuencia de operaciones y la fluidez de circulación de materiales es la base. Para el análisis se unen las operaciones con líneas que permiten visualizar los recorridos y sus características sobre el plano de la distribución.

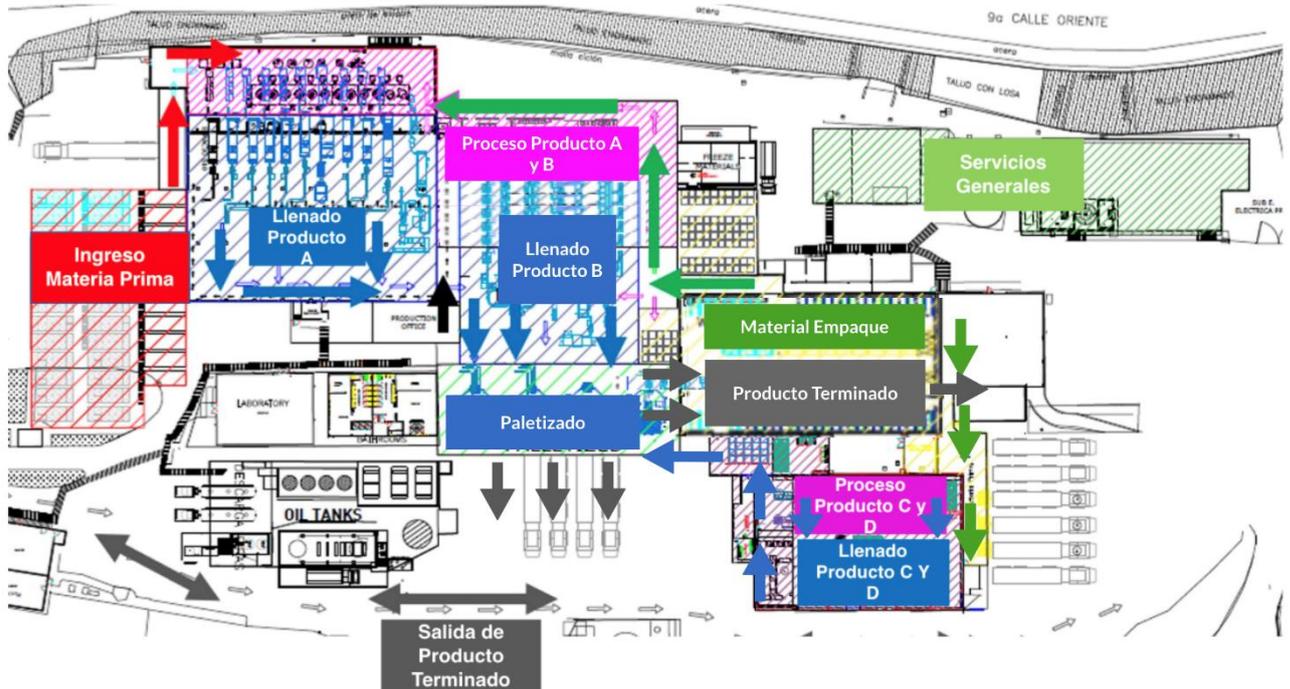


Figura 25: Flujo de materiales y producto terminado en Planta El Salvador

Con el lay-out propuesto anteriormente, es posible detectar una ineficiencia en el flujo de materiales dada por la ubicación de la materia prima en relación con la zona productiva de los productos C y D. En este sentido, se observa que la materia prima debe salir desde la zona de almacenamiento en el extremo este de la planta y atravesar por las calles internas los procesos de producto A y B, el llenado de producto B y la zona de almacenamiento de los materiales de empaque y producto terminado, constituyendo de esta forma uno de los ocho desperdicios que se buscan minimizar en un esquema de Manufactura Lean: el excesivo transporte de materiales. Luego de efectuado este análisis, se propone sumar una adecuación al predio productivo de El Salvador, adicional a las ya mencionadas anteriormente, puntualmente en la zona que se designó en un principio como de almacenamiento de material de empaque y producto terminado. La adecuación propuesta apunta a designar una zona de almacenamiento transitorio de materia prima para los procesos C y D, la cual se utilizará para almacenar los materiales necesarios para completar el programa de producción diario de estos productos. De

esta forma, los transportes de materia prima C y D se vuelven más eficientes, acercando los materiales al área de procesos y logrando un flujo directo desde la nueva zona designada.

Luego de la propuesta de mejora planteada anteriormente, el flujo de materiales final en la planta El Salvador es el siguiente:

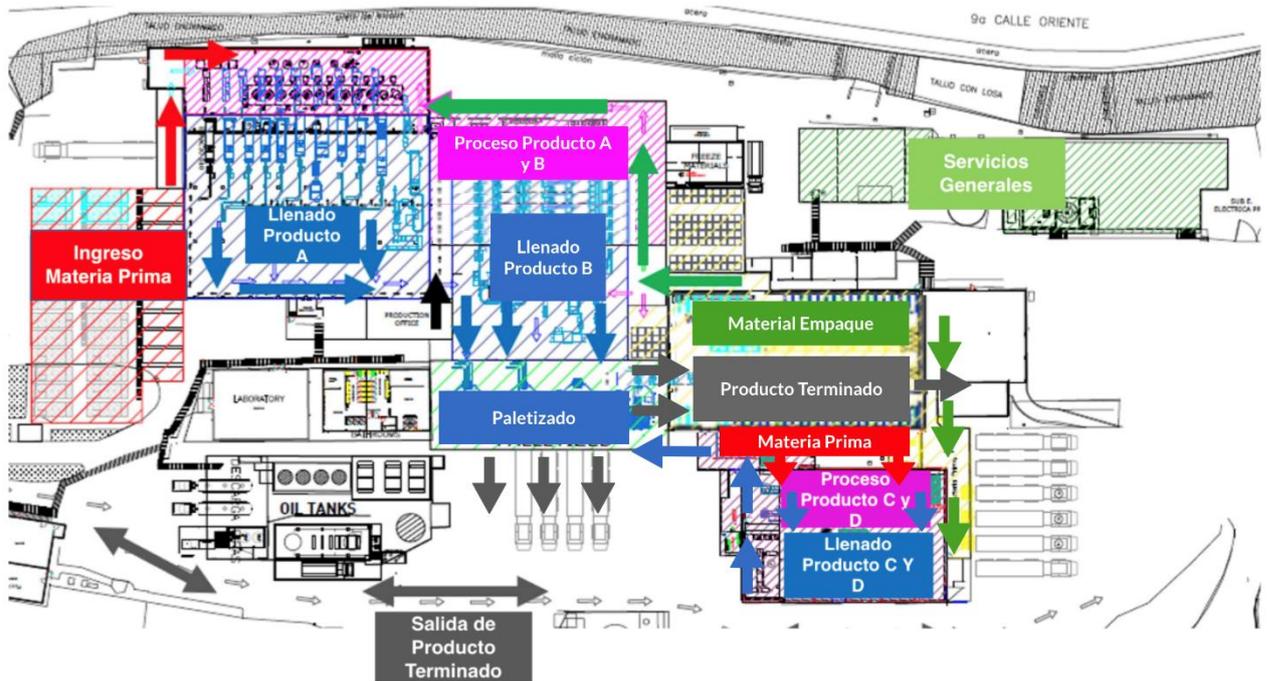


Figura 26: Flujo final de materiales y producto terminado en Planta El Salvador

3.2.2.3 Análisis del proceso productivo

El proceso productivo consta de las siguientes fases:

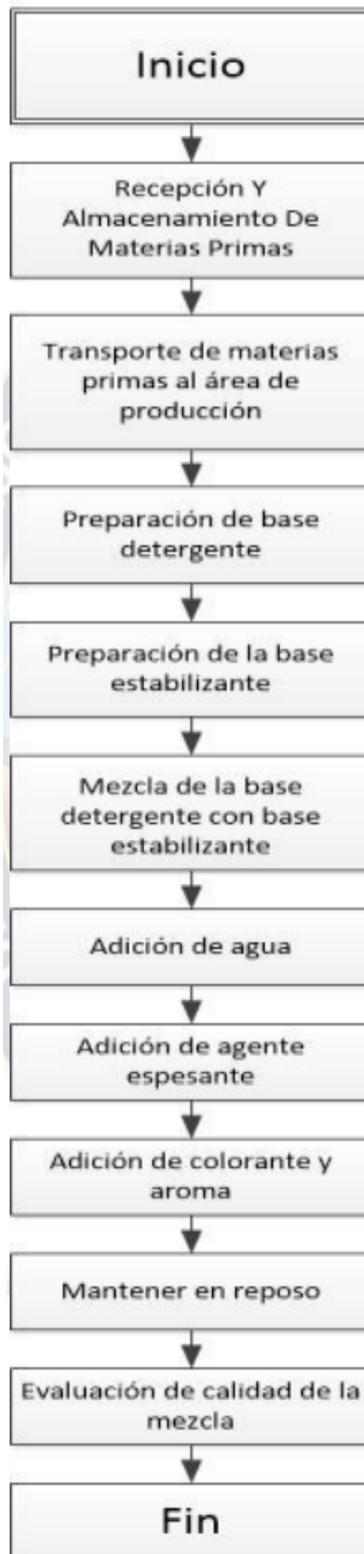


Figura 27: Proceso Productivo

- **Recepción y Almacenamiento de Materias Primas:** Se efectúa la recepción y el almacenamiento temporal de las materias primas necesarias, se registran los datos del proveedor, procedencia, costo y cantidad entregada.
- **Trasporte de Materias Primas al Área de Proceso:** Las materias primas se trasladan por medio de pallets al área de proceso, las cuales se distribuyen para la preparación de la base detergente.
- **Preparación de Base Detergente:** En primera instancia se procede al pesado de los materiales necesarios para la base jabonosa la cual se calienta hasta su disolución y se mezcla por agitación en agua.
- **Preparación de la Base Estabilizante:** En forma paralela y simultánea se efectúa el pesado y vaciado del estabilizante a un contenedor agitando a temperatura ambiente hasta su disolución en agua.
- **Mezcla de la Base Detergente con la Base Estabilizante:** Efectuando el vaciado de la base estabilizante en un contenedor aparte con la base detergente, se unen ambos, siempre por agitación constante y manteniendo la temperatura elevada.
- **Adición de Agua:** Una vez que se hayan incorporado y homogenizado todas las sustancias se suspenderá el calentamiento para bajar la temperatura, la mezcla continuará con agitación constante a la cual se le agregara el resto de agua en base a la formulación establecida.
- **Adición del Agente Espesante:** Manteniendo la temperatura constante se procede a adicionar el espesante para aumentar la viscosidad del producto.
- **Adición de Colorante y Aroma:** Reduciendo la temperatura se procede al vaciado del colorante y el aroma, la agitación debe continuar constante con el propósito de homogenizar la mezcla.

- **Reposo:** En este periodo la solución adopta su volumen final de mezcla, color, viscosidad y cuerpo de la solución, se debe mantener en reposo hasta que la mezcla enfríe por completo para su posterior evaluación de calidad.

En la formulación del shampoo, el tensioactivo aniónico utilizado es el SLES (lauril eter sulfato de sodio), categorizado como el surfactante primario. También es necesario agregar uno secundario, anfótero, con el fin de mejorar la viscosidad, estabilidad de la espuma, suavidad y facilidad de enjuague. En este caso se utiliza la Cocamidopropyl Betaína.

Además de dichos químicos, el producto contiene una gran variedad de materias primas en muy bajas proporciones, necesarias para la correcta elaboración del mismo. La tabla 22 muestra la fórmula de un shampoo típico de nuestra planta, con el porcentaje de cada componente, ordenado de mayor a menor, y su respectiva función.

Las distintas variantes de la marca se caracterizan simplemente por un cambio en los Ingredient Claims, que incluyen los perfumes, colorantes y el emotive, aquello particular que lo diferencia (ejemplo: ceramidas, arginina, etc.), pero conforman menos del 0,6% de la composición total.

Componente	% en composición	Función
AGUA	74.9%	
SLES (70%)	12.0%	Tensoactivo primario, propiedades detergentes
GLYCOL DISTEARATE	4.5%	Agente perlante
NaCl (25%)	4.0%	Ajuste de Viscosidad
COCAMIDOPROPYL BETAINE	2.9%	Tensoactivo secundario, mejora de calidad
PERFUME	0.5%	Perfume
CARBOMER 980	0.4%	Agente de suspensión
NaOH (50%)	0.2%	Ajuste pH
EDTA	0.1%	Conservante
JAGUAR	0.1%	Acondicionador
METHOCEL 40-100	0.1%	Espesante
MICA/TITANIUM DIOXIDE	0.1%	Pigmento
SEDAL Emotive	0.1%	Característica de la variante
CLORO METHYL ISO THIAZOLINONE	0.1%	Conservante
PEG 45 (POLYETHYLENE GLYCOL)	0.05%	Ajuste de Viscosidad
CITRIC ACID	0.03%	Ajuste pH
NaCl	0.02%	Ajuste de Viscosidad
SILICONE DC	0.02%	Acondicionante
ETHYLHEXYL METHOXYCINNAMATE	0.02%	Filtro solar
CI 15985 87% COSMETIC GRADE	0.0003%	Colorante

Figura 28: Lista de ingredientes del Shampoo producido en Costa Rica

Como se puede ver en la tabla, el mayor componente del shampoo es agua, conformando casi un 75% del mismo. Le sigue el SLES diluido al 70%, en una proporción 1:16 respecto al anterior. Los siguientes tres, el último siendo la betaína mencionada anteriormente, son los únicos en concentraciones mayores al 0.5%.

La materia prima, una vez aceptada por el control de calidad, debe ser almacenada teniendo en cuenta distintos criterios esenciales según de qué se trate. La tabla 23 los muestra

Componente	Condiciones de Almacenamiento
SLES (70%)	IBC herméticamente cerrados o tanques de almacenamiento. De ser necesario se requiere camisa de refrigeración/calefacción para mantener $20^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$, evitando que la viscosidad incremente significativamente o que hidrolíce.
Betaina	Debido a su contenido de hasta 6% de NaCl los tanques de almacenamiento y cañerías deben ser de acero inoxidable de alto molibdeno dado que sino resulta corrosivo. Como alternativa puede utilizarse un tanque de polipropileno forrado de plástico con fibra de vidrio reforzado y cañerías de polietileno de alta densidad.
NaCl	Las sales que llegan se mezclan con agua tratada para formar la solución deseada, esta se almacena en el mismo tanque mezclador de resina de poliéster laminado de fibra de vidrio. Es preferible mantener al tanque en el exterior de la fábrica dada la naturaleza corrosiva de las sales.
Líquidos en menores cantidades	Almacenados en tambores (std. 200 litros) o IBC (std. 1000 litros) de acero dulce lacado o HDPE. Los tambores se transportan en pallets (plásticos o metálicos) y son almacenados en racks a la máxima altura disponible con chequeos periódicos de temperatura y derrames. Se debe seguir un sistema de almacenado del tipo FIFO.
Agentes Perlantes	Son susceptibles a contaminación microbiológica, por lo que necesitan un conservante, y deben ser almacenados a temperaturas menores a 40°C , para evitar su fundición.
Siliconas	Son sensibles a la contaminación microbiológica debido a su contenido de agua y su volatilidad los hace inflamables y explosivos. No deben ser calefaccionados para evitar coagulación. Las paredes de los tanques deben ser monitoreados constantemente y eliminadas las gomas formadas.
Polvos, sólidos, ceras	Son recibidos en bolsas plásticas de hasta 25 kg. Para su transporte pueden ser palletizadas y protegidas mediante envolturas retractibles (shrink film) o movido manualmente. Los pallets son almacenados en racks en altura asegurando no superar la máxima temperatura admisible, ingreso de humedad y proximidad a materiales odoríferos, además de asegurar un sistema FIFO. En caso de no ser palletizado se almacena con un sistema de autoestiba de entre 8 a 10 bolsas, encima de plataformas de plástico o metal para evitar su humidificación. También se recomienda cubrir cada pila con una lámina plástica para evitar polvos y asegurar identificación.
Perfumes	Son recibidos y almacenados en tambores en un lugar de baja temperatura.

Figura 29: Condiciones de almacenamiento de los materiales

El agua utilizada para la elaboración del shampoo conlleva un tratamiento que será posteriormente explicado. La tabla 24 explica las consideraciones a tener en cuenta para su Almacenamiento.

Componente	Condiciones de Almacenamiento
Agua tratada	<p>Consideraciones a tener en cuenta para la elección del material de tanques de almacenamiento y cañerías: (1) Reactividad con hipoclorito de sodio (2) Potencial de crecimiento de biofilm/biopelícula (3) Costo y durabilidad.</p> <p>(1) A altas concentraciones de cloro, el acero inoxidable es susceptible a corrosión, por lo que es necesario grados de 316L. También pueden utilizarse plásticos resistente a corrosión.</p> <p>(2) La promoción del bio-film es independiente del material, sino que depende de su rugosidad, siendo necesario que sea lo más baja posible. El acero inoxidable de grado más alto tiene un Ra (roughness average) de 0,254 µm, mientras que plásticos como PVDF (fluoruro de polivinilideno) llega a 0,1905 µm, superándolo.</p> <p>(3) El PVDF es un material de menor costo que el acero inoxidable 316L, pero este último presenta mayor durabilidad.</p>

Figura 30: Condición de almacenamiento para el agua tratada

Para el proceso de mezclado, la maquinaria utilizada para la producción es la representada en el siguiente esquema:

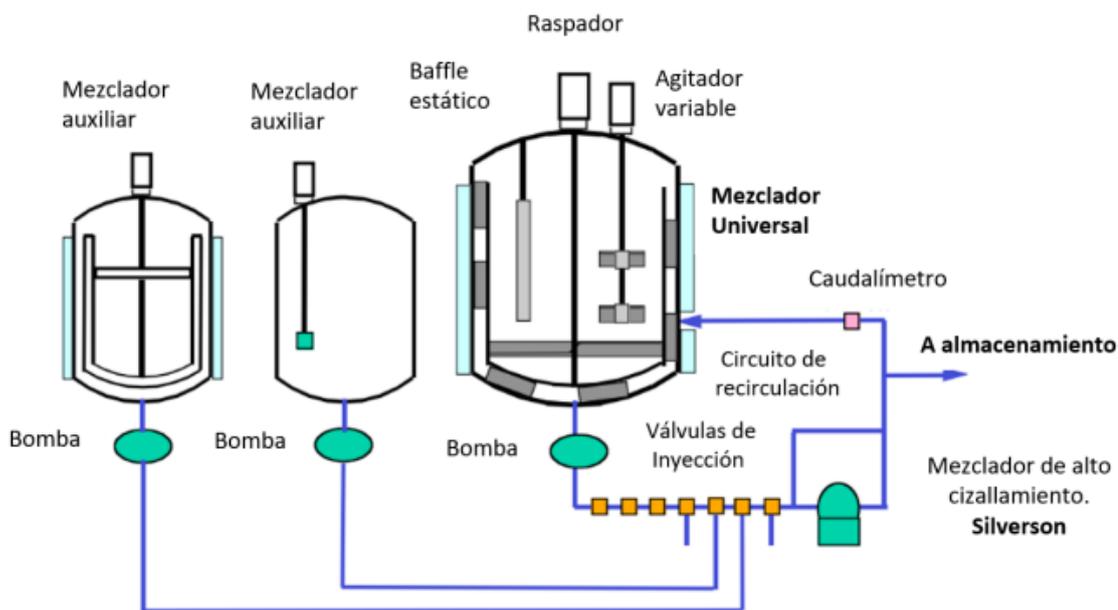


Figura 31: Proceso de elaboración de Shampoo

La figura 25 muestra un diagrama esquemático de la actual elaboración de shampoo en la fábrica. El mismo consiste principalmente en tres tanques mezcladores, uno principal y otros dos auxiliares. Estos últimos tienen entre un 30% y 40% de la capacidad del tanque principal.

El mezclado es un proceso batch en el que se comienza trabajando en paralelo con los tres mezcladores para eficientizar los tiempos del proceso completo. Como se puede observar, ciertas materias primas se introducen en el mezclador principal a través de válvulas de inyección, pero la mayoría son ingresadas con la ayuda de bombas hidráulicas, a partir de los pre-mezcladores.

En el pre-mezclador que posee camisa de refrigeración/calefacción se colocan aquellos componentes que necesitan fundirse previamente, como el Jaguar y Carbomer 980, que llega del proveedor en formato sólido.

Una ventaja del proceso es que posee muy pocos desperdicios y mermas: sólo se pierde líquido que queda pegado en las paredes de los tanques al ser movido hacia otro equipo. En total se calcula un 1,33% de mermas, distribuidas equitativamente entre el mezclador principal y el tanque stock previo al envasado.

Es necesario tener en cuenta que es imprescindible contar con un sistema de recirculación en el tanque principal en el que los componentes mantienen un mezclado uniforme re-ingresando por tres entradas laterales. Además, garantiza una agitación adecuada la incorporación de un baffle, un agitador variable y un raspador.

En el circuito se utiliza un mezclador de alto cizallamiento, marca Silverson, responsable de generar una turbulencia extremadamente alta, suficiente como para diluir el SLES al 70%. La turbulencia puede llegar a ser tan fuerte que es necesario tener un sistema de by-pass, en especial al momento de enviar el producto hacia los tanques de stock.

Una vez terminado el proceso de elaboración del shampoo, se debe enviar el producto hacia un tanque de almacenamiento a través de bombas, para luego pasar a la línea de envasado.

Para el envasado, actualmente la planta cuenta con máquinas envasadoras Ronchi para las botellas, según se observa en la figura 26. Estas constan de tres secciones: un ordenador de botellas, en donde son acomodados los envases provenientes de las tolvas, un llenador carrusel giratorio y una tapadora giratoria.



Figura 32: Envasadora Ronchi packaging utilizada en Costa Rica

Los doypacks, por otro lado, son envasados en equipos que rellenan entre dos láminas de film, pegando los bordes y cortando. Estas envasadoras son útiles para los tamaños y empaques que actualmente se utilizan, pero tienen la desventaja de no poder variar su volumen significativamente.

Las bolsas serán luego colocadas en cajas de cartón corrugado (1 bolsa en cada caja) para ser llevadas al área de paletizado y, posteriormente, al sector de “staging-out” (preparación para el transporte fuera de la fábrica). Esta secuencia de operaciones es la misma que actualmente se toma en los demás productos de la empresa.

Luego, en el área de almacenamiento, todos los productos son almacenados en racks selectivos hasta ser enviados a los puntos de venta.

3.2.2.4 Análisis de condiciones de almacenamiento

El almacenamiento implica todas las actividades relacionadas con la recepción, el depósito y el envío de materiales hacia y desde los lugares de producción o distribución y puede contribuir ampliamente a los objetivos logísticos de una organización de varias maneras:

- **Responder rápidamente a los cambios en el mercado o a las órdenes de los clientes:**
Para permitir respuestas rápidas, las organizaciones utilizan datos de planificación de la demanda, como pronósticos y análisis de mercado para anticipar cambios en el mercado o necesidades del cliente para que haya tiempo de hacer cambios. Los cambios pueden incluir el número y la ubicación de almacenes en relación con los mercados, la

gestión de los niveles de inventario, la eficiente distribución de los productos a través de la instalación y tecnología para rastrear los mismos.

- **Minimizar las variaciones en el servicio de logística:** En los tiempos actuales de cambios rápidos, el seguimiento y manejo eficiente del inventario en el almacén es fundamental para lograr un servicio predecible. Carga, descarga, embalaje y preparación de pedidos cada uno tiene un papel en la minimización de la variabilidad en el servicio.
- **Minimizar el inventario para reducir los costos:** Cuanto más eficientemente sean gestionadas y más estratégicamente se coloquen los almacenes en relación con los mercados y el transporte, menos inventario se acumulará en el sistema.

Existen, además, varios tipos de clasificación del inventario en diferentes puntos de la cadena de suministro. Los tres tipos más importantes de inventario son las materias primas, el inventario de trabajo en curso (WIP – Work In Progress) y los productos terminados. Hay algunas otras categorías en las que se pueden clasificar otros artículos que representan el inventario de una empresa, pero las mencionadas son las más comunes globalmente.

- **Inventario de Materia Prima:** Las materias primas son los materiales básicos que una empresa de fabricación compra a sus proveedores y que son utilizados para convertirlos en productos finales mediante procesos de fabricación. Es importante optimizar el inventario de materia prima. Esto se debe a que, si una empresa mantiene demasiado inventario de materia prima en stock, incurrirá en mayores costos de mantenimiento y la posibilidad de que los materiales caduquen. Por otro lado, una empresa debe tener un cierto nivel mínimo de inventario en todo momento para atender la demanda y producción.
- **Inventario de Trabajo en Curso (WIP Work In Progress):** El inventario de trabajo en progreso también se puede llamar productos semiacabados. Son las materias primas que se han sacado de la tienda de materias primas y ahora están en proceso de conversión en productos finales, por lo que no son ni materias primas ni productos finales. Lo más deseable es que el volumen de inventario que se encuentra en este punto se minimice, ya que aquí se bloquea una gran cantidad de dinero que, de otro modo, se puede usar para obtener mejores rendimientos. La administración lo considera como un desperdicio.

- **Inventario de Productos Terminados:** Los productos terminados son los productos finales obtenidos después de la aplicación de los procesos de fabricación sobre las materias primas. Estos se pueden vender, contribuyendo completamente a los ingresos de las operaciones principales de la compañía. En cuanto al nivel de inventario de productos terminados, hay dos tipos de industrias que es necesario analizar. Hay dos tipos de industrias manufactureras. Uno, donde el producto primero se fabrica y luego se vende. En segundo lugar, donde se recibe la orden primero y luego se fabrica según las especificaciones. En el primero, es inevitable mantener el inventario de productos terminados, mientras que en el segundo se puede evitar.
- **Otro tipo de Inventario:** El inventario de mantenimiento, reparación y operación son todos los elementos que una organización necesita para operar, como equipos de oficina, cajas de embalaje y herramientas para reparar el equipo. También hay otros tipos de inventario que se clasifican en función del objetivo al que sirven. Estos incluyen el inventario de tránsito, que son productos o componentes que se trasladan de un lugar a otro, como desde un almacén a una fábrica; inventario de almacenamiento intermedio, que son artículos de inventario en exceso que se mantienen a mano para protegerlos contra problemas de suministro, como la mala calidad o la entrega lenta de materias primas; y el inventario de anticipación, que son artículos que una organización acumula en caso de exceso de demanda, como en el caso de las compras navideñas.

La fábrica de El Salvador cuenta con un local adecuado para el almacenamiento donde se almacenan tanto materias primas como producto terminado.

3.2.2.5 Cálculo de Servicios

En la siguiente figura se detallan todos los consumos de aire comprimido en la planta de El Salvador, con el fin de obtener el caudal total requerido por los nuevos procesos a instalar en la planta destino. Se tendrán en cuenta tanto los aspectos productivos reflejados en los procesos A, B, C y D, los llenados de los mismos procesos, el transporte de materiales, los mixers y los palletizados; como las necesidades de consumo de aire para realizar tareas de mantenimiento y otros servicios:

Cálculo de caudal requerido en la planta destino

Consumo	Caudal de aire (l/s)	Presión (bar)
Mixers	400	8
Transporte	80	1,6
Proceso A	500	10
Llenado A	200	4
Proceso B	400	8
Llenado B	150	3
Proceso C	100	2
Proceso D	100	2
Llenados C y D	50	1
Palletizados	20	0,4
Mantenimiento y servicios	100	2
Caída de presión máxima		1
	<i>SUM(caudales)*FS</i>	<i>Pmax + CP</i>
TOTAL (factor de seg 15%)	2415	11

Figura 33: Detalle de consumos de aire comprimido en Planta El Salvador

En la siguiente figura se detalla la capacidad de los compresores que posee actualmente la planta El Salvador, utilizados para el proceso productivo que operaba anteriormente en la planta:

Compresores actuales

Capacidad (l/seg)	20 - 2500
Presión de trabajo (bar)	3,5 - 13
Potencia instalada (kw)	15 - 900

Figura 34: Detalle de consumos de aire comprimido en Planta El Salvador

Realizando la comparación entre el caudal requerido por los nuevos procesos productivos y la capacidad de los compresores que se encuentran actualmente instalados en la planta, se observa que la capacidad requerida se encuentra en un 97% de la capacidad instalada. En este escenario no sería posible absorber variaciones en la demanda del caudal que puedan presentarse en la operación normal de los procesos productivos, y esto podría implicar paradas

de planta y pérdidas económicas. Tampoco sería viable en este escenario absorber aumentos en la demanda de aire comprimido producto de aumentos en la producción.

Teniendo estos aspectos en cuenta, se decide adicionar un compresor a la línea de compresores actualmente instalados en la planta, el mismo es el modelo ZR 90-160 VSD, el cual es similar a los compresores que se encuentran actualmente, simplificando las tareas de operación y mantenimiento. La adición de este compresor suma una capacidad máxima de 1000 l/s a la capacidad máxima total de los compresores, la cual queda en 3500 l/s, con una ocupación del 68%.

En la siguiente figura se detallan las especificaciones técnicas del compresor ZR 90-160 VSD a adicionar en la planta El Salvador:



Figura 35: Compresor ZR 90-160 VSD

Especificaciones técnicas ZR 90-160 VSD

Capacidad (l/seg)	8 - 1000
Presión de trabajo (bar)	1,5 - 9
Potencia instalada (kw)	5 - 500

Figura 36: Especificaciones del compresor ZR 90-160 VSD

3.2.3 Traslado de operaciones

3.2.3.1 Pre-Construcción de Stock

Para la pre – construcción de stock de producto terminado, se toma en cuenta la GANTT del proyecto y la demanda mensual de cada una de las líneas de producción.

Para determinar el orden en el que se trasladarán las maquinarias se deben tener en cuenta principalmente dos factores:



Figura 37: Criterios clave para determinar el orden de traslado

El primer criterio para trasladar las líneas será el de mover, en primer término, aquellas que fabriquen la mayoría de los productos A, siendo este el producto menos crítico. Esto se debe a que en las primeras líneas a instalar pueden surgir imprevistos que retrasen la puesta en marcha de las mismas, como ser una mala instalación de servicios de energía, o desagües no aptos para su utilización. Con lo cual, de esta manera se prueba el nuevo ámbito de trabajo con las referencias menos críticas de la cartera. Esto se hace para prevenir quiebres de stock en las referencias D, que deben ser mudadas una vez que se posea la certeza de que la nueva planta se encuentra en perfecto funcionamiento.

Para el caso de estudio, el diagrama de GANTT de la mudanza de las líneas será el siguiente:

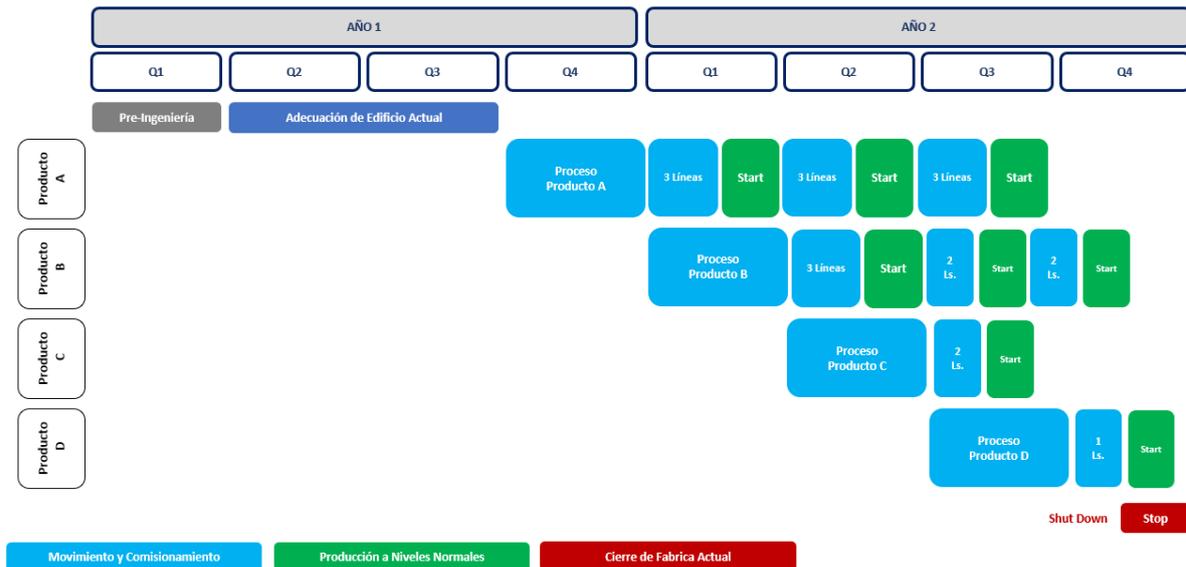


Figura 38: GANTT del Proyecto

Al comenzar a instalar las líneas, por un periodo de tiempo se tendrán dos operaciones: la de la fábrica que se está abandonando y la que comienza en la nueva planta. Esto genera que se deba abastecer de materiales a ambos centros productivos.

Al trasladar una línea, se comenzarán a elaborar los productos en la nueva planta. Para abastecerla de materiales hay que tener en cuenta que:

- Existen materiales exclusivos de esas referencias y por ello pueden ser trasladados hacia la nueva fábrica sin inconvenientes.
- Otros materiales que componen estos bienes son comunes a la mayoría de los productos y que, por esta razón, su abastecimiento no puede ser realizado en una sola planta.

De esta manera, poco a poco se irá trasladando el abastecimiento de los materiales junto con el movimiento de las líneas productivas, en función de los productos que se comiencen a elaborar en la nueva planta.

El flujo de materiales se comportará de la siguiente manera:

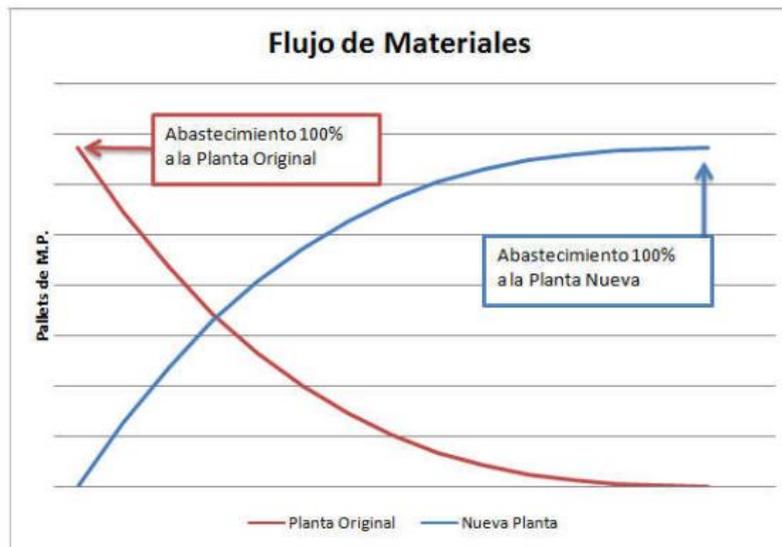


Figura 39: Flujo de materiales en función del tiempo

El abastecimiento irá decreciendo en la planta original, a medida que aumente en la nueva planta, hasta que se traslade por completo a ésta última.

Para el abastecimiento de los materiales exclusivos se debe rearmar el recorrido de entregas de los proveedores para que éstos depositen las materias primas en el lugar en el que se utilizarán, y se evite así un costo adicional de traslado de una planta a otra.

Sin embargo, esto último no es posible en el caso de los materiales comunes, ya que se necesita de su abastecimiento en ambas plantas. Aquí se debe realizar un análisis de costos para determinar la opción que genera un menor gasto para la compañía:

- Entregas de proveedores a ambas plantas (con un costo adicional al de despachar en una sola).
- Entregas de proveedores en una sola planta y utilizar un transporte propio que rote entre ambas plantas abasteciéndolas de los materiales que precisen.

Una vez definido el plazo de duración del proyecto, se debe planificar la política de fabricación que se adoptará para no desabastecer el mercado cuando las líneas de producción no estén disponibles para su uso.

A este proceso se lo denomina pre-construcción de stock, ya que se trata de generar un inventario adicional de producto terminado que sirva de “buffer” para superar el período de ejecución del proyecto, sin generar faltantes de producto en el mercado.

Para planificar la pre-constucción de stocks se deben tener en cuenta varios factores:

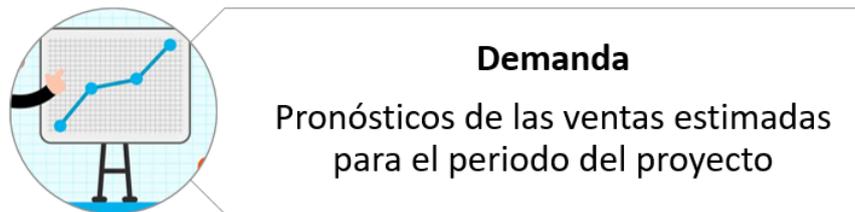


Figura 40: Definición de demanda

Para minimizar el impacto de las variaciones de la demanda, lo ideal es trasladar la planta en períodos de temporada baja. La factibilidad de esto último dependerá de cuán marcada sea la estacionalidad de los productos, así como también de la duración de los períodos de alta y baja venta.

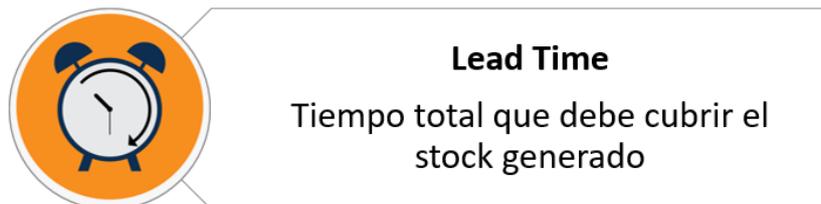


Figura 41: Stock generado debido al lead time de la operación

El stock a fabricar tiene que ser suficiente para superar:

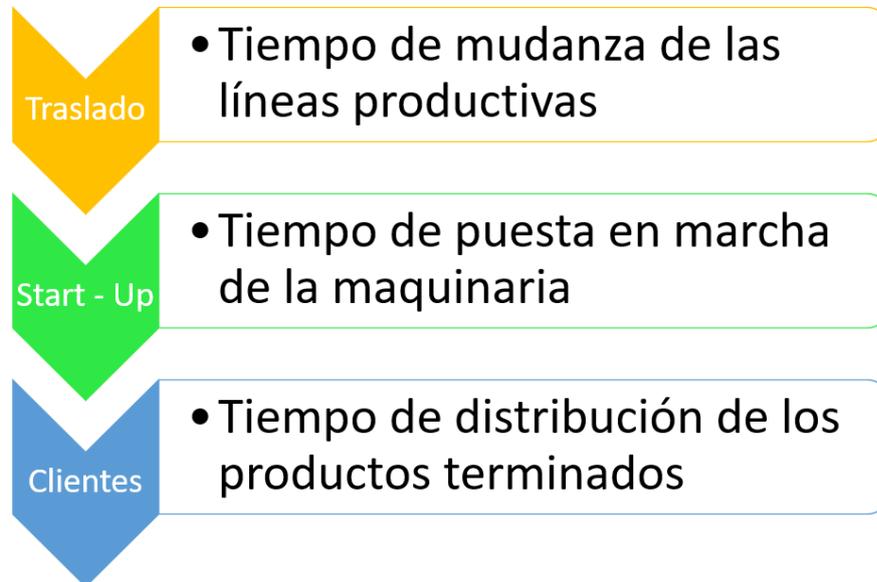


Figura 42: Condiciones a cumplir en el stock a pre-construir

Solo analizando el tiempo total que se requiere para volver a llevar productos a los clientes desde la nueva fábrica se puede planificar correctamente la generación de inventarios.

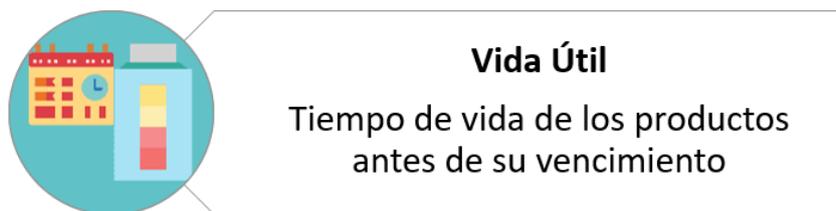


Figura 43: Definición de vida útil

La pre-construcción de stock no solo implica un costo de inventario alto de producto terminado, sino que también se corre el riesgo de que los bienes producidos superen su periodo de vida útil y no pudieran ser comercializados.

Es por ello que la fecha de vencimiento de los productos debe ser tomada muy en cuenta ya que, de lo contrario, el costo de perder dicha mercadería por volverse obsoleta conllevaría consigo además de la pérdida de las ventas, el costo de fabricación de dichos productos.

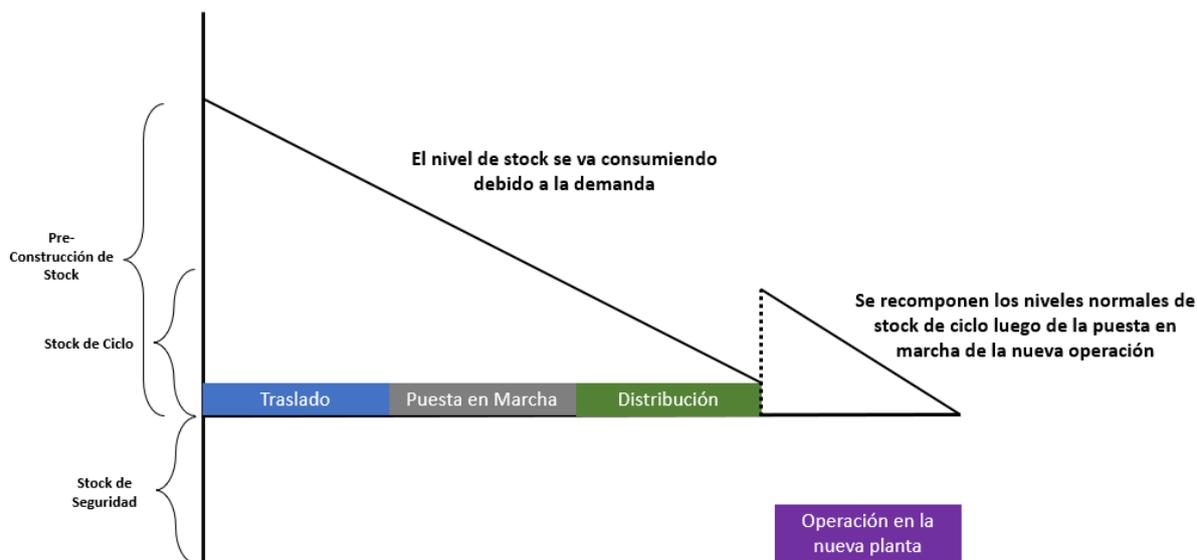


Figura 44: Descripción grafica del comportamiento del stock preconstruido a lo largo del tiempo

Teniendo en cuenta que el producto A y B tendrán 3 fases (cada fase teniendo una duración de 1,5 meses, tal como se ha visto en el diagrama GANTT anterior) de traslado y el producto C y D solo una, tomamos en cuenta el tiempo sin producción por fase y lo multiplicamos por el volumen mensual de cada set de líneas para poder obtener la cantidad de stock necesario para poder realizar las operaciones sin perjudicar las operaciones de venta, que resultan en 5,9K tons de producto terminado.

	Demanda Anual (K Tons)	Volumen por Línea Anual (K Tons)	Volumen por Línea Mensual (K Tons)	
Producto A	27,5	3,1	0,3	
Producto B	18,0	2,6	0,2	
Producto C	3,8	1,9	0,2	
Producto D	4,5	4,5	0,4	
	Meses sin producción*	Meses sin producción*	Meses sin producción*	
Producto A	4,5	1,5	1,5	
Producto B	4,5	1,5	1,5	
Producto C	4,5	-	-	
Producto D	4,5	-	-	
	Pre Construcción Necesaria Fase 1**	Pre Construcción Necesaria Fase 2**	Pre Construcción Necesaria Fase 3**	
Producto A	1,1	0,4	0,4	
Producto B	1,0	0,3	0,3	
Producto C	0,7	-	-	
Producto D	1,7	-	-	
	4,5	0,7	0,7	5,9 K Tons

*Meses sin producción debido a traslado de líneas

**Meses sin producción x Volumen por Línea Mensual (k Tons)

Figura 45: Calculo de Pre-Construcción de Stock

3.2.3.2 Traslado de las operaciones

Para poder llevar a cabo el proyecto de traslado, se debe contar con una asistencia externa que permita realizar las operaciones de desmontaje, traslado y montaje de las líneas productivas de manera eficaz. En general, se contratan empresas que se especializan en la ingeniería de los traslados.

De manera tal de poder contratar a la o las empresas que prestarán dichos servicios, se deben detallar los requerimientos que éstas deberán cumplir en una especificación de carácter técnica. En ella se exponen los trabajos a realizar y las condiciones para que las empresas aspirantes puedan presentarse al pliego de licitación.

Previo a la presentación de la cotización y a fin de tomar un total conocimiento de las características de las tareas a realizar, el proveedor de servicios debe efectuar visitas a las plantas en donde efectuará los trabajos (planta original y planta nueva).

Además, debe concertar reuniones y hacer todas las consultas que considere necesarias para la realización de su trabajo, ya que no le serán reconocidos adicionales por desconocimiento de la tarea solicitada en la especificación técnica.

Se debe dejar en claro también que, durante su permanencia en las plantas, el proveedor deberá cumplir con los procedimientos de seguridad, salud ocupacional y cuidado del medio ambiente vigentes en las mismas.

Las tareas comprendidas en la especificación técnica deben ser detalladas de forma tal que no queden dudas de cómo deben efectuarse, e igualmente importante, quién es responsable de su cumplimiento.

Los trabajos a realizar durante el traslado son:

- **Preparación del área de trabajo:**
 - Se debe demarcar un área de trabajo, la cual estará delimitada de acuerdo con los planos de la planta según el equipo o línea productiva que se traslade en su momento. Esta área de trabajo se utiliza para separarla del resto de las líneas y/o equipos y se debe realizar con paneles/módulos desmontables para su posterior reutilización.
 - En general, se utilizan paneles con una estructura de aluminio y un cobertor de nylon transparente para que, ante cualquier circunstancia, no contaminen los sectores lindantes al área de trabajo. También debe tener una puerta de acceso al área de trabajo por donde ingresará y egresará el personal afectado.
- **Desmontaje de líneas**
 - Una vez delimitada el área de trabajo se debe proceder al desmontaje conveniente de las líneas o equipos con los recaudos correspondientes para no estropear ninguno de los componentes a trasladar.
 - La empresa actuante debe contar con la cantidad de herramientas adecuadas y personal capacitado, para no entorpecer la normal actividad de la planta, y los recursos deben ser los suficientes para cumplimentar los tiempos acordados.
- **Movimiento de los Equipos**

- Los equipos se deben trasladar por un “corredor” previamente estudiado para no entorpecer las restantes líneas de producción y/o equipos en funcionamiento.
- Para ello se deben adjuntar a la especificación los planos correspondientes por cada línea y/o equipo a modo orientativo. Es responsabilidad de la empresa actuante toda acción y/o preparación del movimiento de equipos que hubiere que realizar anticipadamente.
- **Embalaje**
 - Para realizar el traslado y evitar golpes, rayaduras y/o desperfectos en el equipamiento, es conveniente embalar el equipamiento con nylon negro de 250 μ termosellado. Luego se debe colocar el equipamiento en pallets, fijándolos a ellos con zunchos plásticos y/o tornillos para evitar su deslizamiento sobre estos, y su posterior ubicación en el transporte.
 - El proveedor debe analizar económicamente la factibilidad de implementar pallets o containers para esta operación, siendo este análisis una condición de contratación.
 - Por otro lado, el proveedor debe definir una codificación de identificación de todas las piezas, bulonería, uniones, etc., a fin de facilitar el montaje en la nueva planta y minimizar, a punto de anular la posible pérdida de piezas esenciales para el funcionamiento del equipamiento. Esta codificación deberá poseer colores y números de referencia por cada línea y/o equipo que la vincule con el embalado (cajas o contenedores codificados) y con la ubicación en el equipo, presentando ante la empresa antes de cada traslado un listado con todas las piezas y equipos con su respectiva codificación. Es deseable que las piezas de menor tamaño se trasladen en cuñetes plásticos o latas de metal

con tapas, encintados y etiquetados en más de uno de sus lados para la correcta visualización desde todos los ángulos.

- **Carga de Equipos**

- Los equipos se deben izar hasta el transporte que los llevará a destino con grúas, auto elevadores, hidrogrúas y/o equipos correspondientes para el manejo debido de las máquinas y/o bultos.
- En caso de ser necesario, se utilizarán todos los procedimientos para el corte de calles siendo responsabilidad del proveedor la ejecución y gestión ante las autoridades correspondientes. La empresa actuante se hará responsable por posibles daños causados en los equipos y/o bultos, así como también a terceros durante la ejecución del proyecto.
- En caso de roturas en las instalaciones de la empresa, el proveedor deberá
- subsanar dicha acción inmediatamente.

- **Transporte**

- El proveedor debe contar en todo momento con sistema de seguridad satelital y vigilancia de carga personal, como también comunicación permanente con algunos de los entes de seguridad (policía, gendarmería, etc.)
- Se deben preparar dos recorridos posibles para el traslado de los equipos de manera tal de evitar inconvenientes e improvisaciones durante el trayecto entre la planta original y la nueva planta.

- **Desembalaje**

- Se debe preparar una zona similar a la efectuada en la planta original, cumplimentando siempre los recaudos y normas anteriormente nombradas, y ésta debe ser especificada con

anterioridad (no menos de 48 horas) al día del traslado debiendo realizar una visita para su confirmación.

- Se deberá tener especial cuidado con el desembalaje para evitar golpes y/o rayaduras como también algún desperfecto en los componentes de los equipos.

- **Montaje de Líneas**

- Los equipos se deben ubicar en su posición final y montarse según las indicaciones de los técnicos responsables para el posterior conexionado de los servicios.
- La empresa actuante deberá asegurarse del emplazamiento final de los equipos con una visita previa a la nueva planta, al menos dos días antes del embarque de ellos, a fin de evitar inconvenientes y/o contratiempos en el día del traslado.
- Existe la posibilidad que al momento de trasladarse algunos de los equipos no se haya definido una posición final en la nueva planta. En estos casos el proveedor debe depositarlos en un lugar temporal definido por la empresa contratante.
- Luego de ello, cuando se defina la posición final el proveedor deberá realizar el emplazamiento y montaje si así lo requiera.

3.2.3.3 Instalación de Operaciones y Puesta en Marcha

Una vez trasladadas las líneas productivas hacia la nueva planta, se debe proceder a su instalación y puesta en marcha. Ésta última dependerá del tipo de maquinarias que se estén utilizando. Algunas tecnologías más sencillas permiten un arranque más vertical de la línea, logrando alcanzar en poco tiempo su eficiencia nominal. Otras, por el contrario, pueden tener un comienzo de fabricación posterior al traslado más lento, llegando a requerir varias semanas hasta alcanzar el nivel de operación que poseían en la planta original.

Lo primero que se debe verificar es que se encuentren habilitados todos los servicios de infraestructura necesarios para poder instalar la línea. Si ello no ocurriera, no se podrá comenzar a testear la máquina en su nuevo ambiente.

Al lograr instalar la línea productiva, se puede comenzar con su comisionamiento y puesta en marcha.

El comisionamiento de la línea es lo primero que se realiza una vez que ésta ha sido conectada. Se necesita del soporte del personal de mantenimiento para que acompañe al equipo de producción en las primeras fabricaciones, de manera que puedan dar auxilio en caso de que la línea presente complicaciones en su funcionamiento.

Para comisionar la línea, muchas veces se empieza por probar las partes que la componen de manera separada, para luego regular toda la máquina en su conjunto.

En algunos casos es común también probar los materiales que utilizará la línea de manera aislada. En el caso de estudio, en un principio se debería probar la línea de empaque sin el semielaborado, para testear el sellado de los materiales de empaque y las regulaciones de las pinzas, entre otras cosas.

El hecho de probar primero el material de empaque permite un ahorro importante en materia de semielaborado, ya que, si por ejemplo se encontraran problemas en el sellado de los empaques, se perdería mucho producto en su dosificación.

De esta forma, al testear primero que el material de empaque se adapte a la línea correctamente, se puede comenzar a dosificar producto solo cuando se posee la seguridad de que no existirá una merma importante de semielaborado, cuyo costo es elevado.

Los productos fabricados durante la etapa de comisionamiento en general no son comercializados, ya que han sido producidos en condiciones de testeo, y no necesariamente cumplen con todos los requisitos de calidad que precisan para poder ser vendidos. Sin embargo, esto último dependerá del tipo de producto que esté en análisis.

Al encontrarse comisionada la línea, se puede comenzar con su puesta en marcha, comúnmente denominada Start – Up.

Como se mencionó anteriormente, la velocidad de puesta en marcha hasta alcanzar el régimen puede variar entre una máquina y otra.

Tomando como 100% el standard de producción que la línea poseía en la planta original, se construye la rampa en función del tiempo que se estime que la misma tardara en volver a su eficiencia nominal.

Si por ejemplo tomamos un periodo de cuatro semanas de puesta en marcha, algunas líneas que poseen un arranque más progresivo podrán funcionar con el siguiente ramp-up:

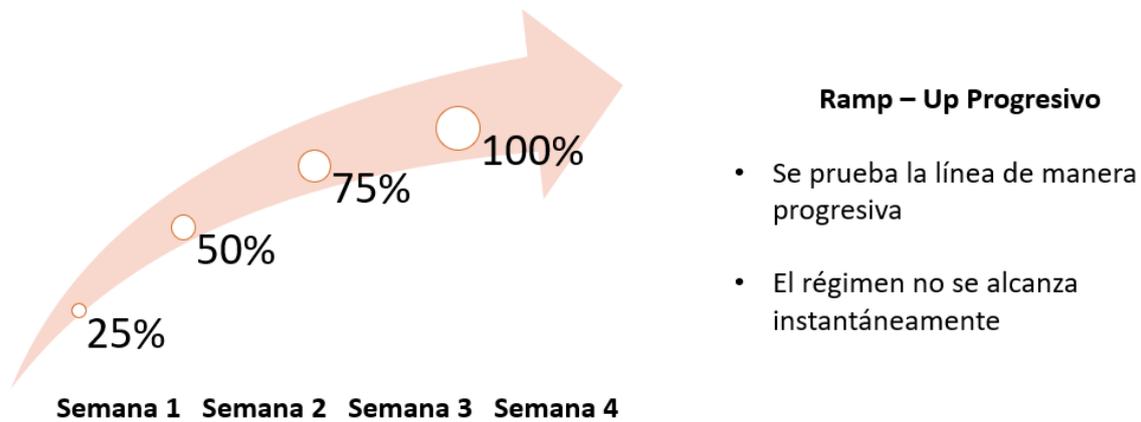


Figura 46: Descripción del Ramp-Up progresivo

Otras líneas, de mayor facilidad de puesta en marcha, podrán comenzar a fabricar de manera más vertical, alcanzando su output nominal en menor tiempo.

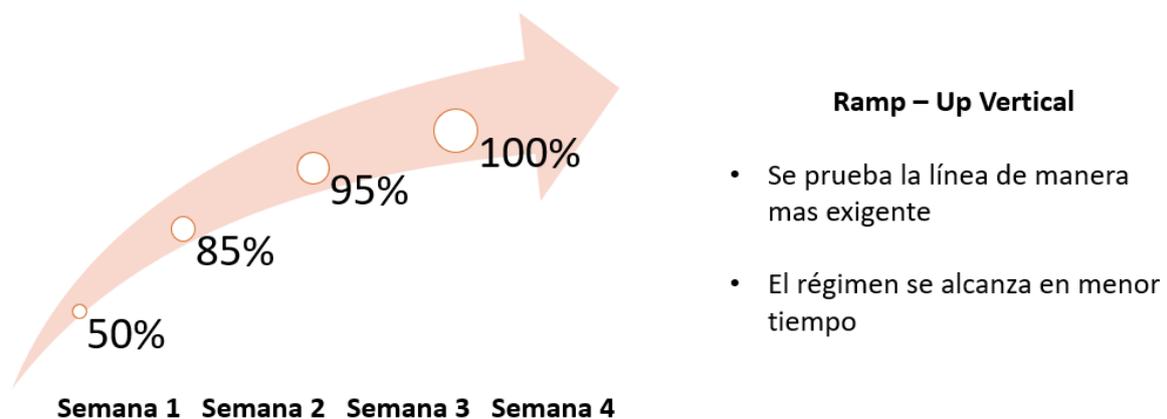


Figura 47: Descripción del Ramp-Up vertical

En el caso de estudio, el ramp – up será del tipo progresivo, ya que la complejidad de las tecnologías utilizadas no permite que las líneas se pongan en funcionamiento de manera vertical.

Esto se ha tomado en consideración al definir un tiempo de puesta en marcha para la pre-construcción de stocks. Es fundamental prever que las maquinas no arrancaran de manera vertical, ya que, de otro modo, se puede caer en el error de creer que una vez instalada la línea esta poseerá su capacidad de producción nominal.

Planificando un arranque progresivo, se pueden tomar las medidas preventivas para poder dar tiempo a las líneas hasta que alcancen su estado de régimen, abasteciendo al mercado con el stock preconstruido antes de la mudanza.

3.2.4 Optimización y seguimiento del proyecto de relocalización

Habiendo estudiado anteriormente los aspectos críticos a ser tenidos en cuenta para la correcta planificación de la relocalización de un establecimiento industrial, es necesario aplicar métodos para la optimización del desarrollo del proyecto y el seguimiento de las metas propuestas en el mismo. Para este fin, se introducirá el concepto de un tablero de comando.

Inicialmente se explicarán los fundamentos básicos de un tablero de control y las ventajas que se obtienen a partir de su implementación, para posteriormente detallar su aplicación al caso de la relocalización que se estudia en este trabajo.

3.2.4.1 Fundamentos de tableros de control

Los tableros de control son utilizados por todo tipo de organizaciones como una herramienta de gestión que permite realizar el seguimiento del cumplimiento de una estrategia determinada. Es un sistema de gestión que traduce la estrategia de la organización en un conjunto de medidas objetivas, y que vincula los objetivos a largo plazo con una serie de indicadores estratégicos.

A la hora de construir un tablero de control es necesario tener en claro tanto la estrategia que persigue la compañía como su visión de largo plazo, y cómo éstas dos se

relacionan entre sí. Con objetivos claramente definidos, se puede dar conocimiento a todos los actores de la organización y comenzar la elaboración e implementación del tablero.

Con esta metodología se busca traducir la estrategia de la compañía en:

- Objetivos a alcanzar por la organización
- Indicadores utilizados para medir el cumplimiento de los objetivos
- Resultados que puedan ser seguidos en el tiempo
- Acciones específicas que determinen el logro de los resultados

Existe un marco conformado por cuatro perspectivas fundamentales de negocio que agrupa a los objetivos perseguidos por la organización y a sus indicadores de gestión asociados:



Figura 48: Las 4 perspectivas para la construcción de un tablero de comando

La **perspectiva financiera** permite realizar el seguimiento del cumplimiento de los objetivos estratégicos de la compañía, y se utiliza como enfoque para el resto de los objetivos

comprendidos por las demás perspectivas. Los indicadores financieros muestran el resultado que perciben los accionistas de la compañía.

La **perspectiva del cliente** permite identificar cuáles son los actores cuyas necesidades se desea satisfacer, y en consecuencia definir la mejor estrategia para lograrlo. Estos aspectos se toman en cuenta con el fin de alcanzar mejores resultados financieros en el largo plazo.

La **perspectiva de procesos internos** permite definir cuáles son los procesos críticos que la compañía debe perfeccionar para cumplir su estrategia. El tablero de control busca mejorar los procesos existentes y también sirve para identificar otros procesos en los cuales la compañía debe enfocarse para alcanzar sus objetivos financieros y de satisfacción del cliente.

La **perspectiva de formación y crecimiento** permite definir la infraestructura de recursos humanos que la organización debe crear para crecer de forma sostenible en el tiempo. Del análisis de las anteriores perspectivas surgen brechas entre las capacidades actuales del personal y de los sistemas, y los necesarios para alcanzar los objetivos.

El tablero de control no sólo pone énfasis en la medición de los objetivos a través de los indicadores clave, sino que también establece cuáles son los resultados a alcanzar para considerar que el cumplimiento de dichos objetivos fue satisfactorio. Cada uno de los indicadores clave dentro del tablero de control deben tener asociados sus respectivos resultados esperados para comunicar cómo se deben alcanzar dichos objetivos. De esta manera, se aporta previsión para reaccionar ante la aparición de desvíos entre los resultados obtenidos y los resultados esperados, para poder realizar modificaciones tendientes a minimizar posibles dispersiones.

De acuerdo con lo analizado hasta aquí en esta sección, para construir un tablero de control de forma adecuada se deben definir para cada perspectiva:

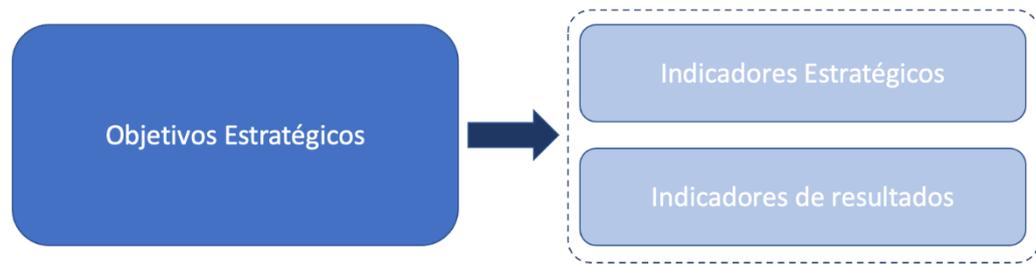


Figura 49: Definiciones para poder armar un tablero de comando

Una última consideración a tener en cuenta a la hora de construir un tablero de control es que las mediciones realizadas no se deben usar para evaluar el pasado, sino que deben ser utilizadas para articular la estrategia del negocio con vistas al futuro.

3.2.4.2 Aplicación de tablero de comando al proyecto de relocalización industrial

En el caso evaluado en este trabajo sobre la relocalización de las operaciones de la compañía en la planta de El Salvador, se definieron dos estrategias fundamentales que deben ser perseguidas.

En primer lugar, se encuentra la necesidad de realizar el traslado de las operaciones industriales de la manera más efectiva posible, definiendo la estrategia como “alcanzar la mayor efectividad del proyecto”, basada fundamentalmente en optimizar los procesos que establecen la organización del proyecto.

En segundo lugar, se encuentra la necesidad de abastecer al mercado durante el período de duración del proyecto, definiendo la estrategia como “cumplir con la demanda”, y se enfoca en el servicio otorgado por la compañía a sus clientes externos.

Una vez establecidas las estrategias, éstas se tradujeron en objetivos estratégicos, mostrados en la siguiente figura.

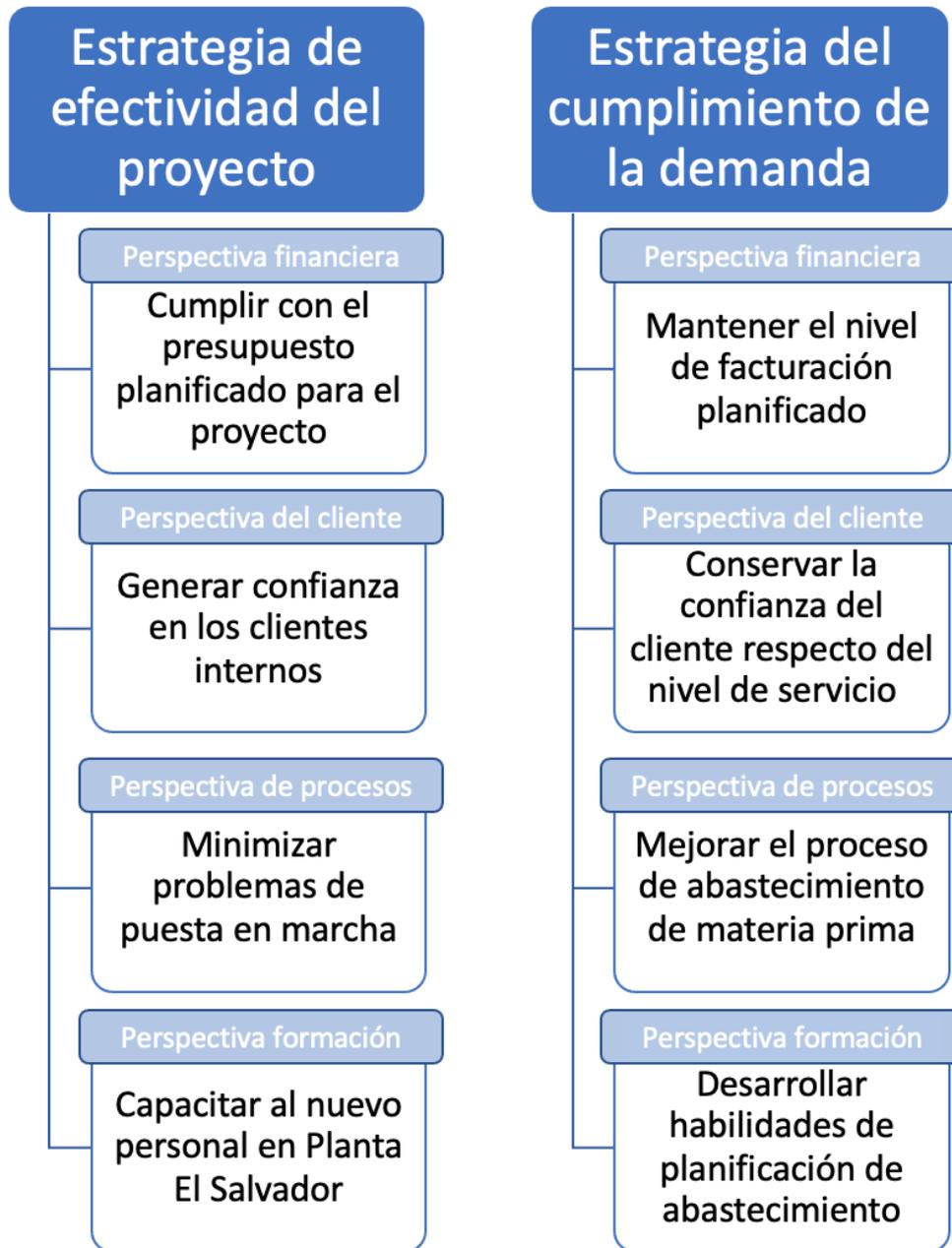


Figura 50: Objetivos estratégicos según perspectiva

En lo que respecta a la estrategia de la efectividad del proyecto, el objetivo financiero definido fue el de cumplir con el presupuesto originalmente destinado al mismo. Esto

implica, no incurrir en gastos adicionales derivados de una mala planificación y/o ejecución de las actividades inherentes al proyecto.

El objetivo relacionado a la perspectiva de los clientes será el de generar confiabilidad entre las distintas áreas involucradas en el desarrollo del proyecto, para que cada equipo pueda desarrollar sus tareas con seguridad. Este aspecto es de gran importancia, especialmente en aquellas tareas cuya ejecución está vinculada con el comienzo o finalización de otra predecesora.

En cuanto a los procesos internos, se pueden mencionar dos que deben ser planificados y ejecutados a la perfección para lograr un óptimo desarrollo del proyecto:

- ✓ La puesta en marcha de las líneas productivas en la planta destino
- ✓ El abastecimiento de los materiales para comenzar la producción en la planta destino

Los objetivos de formación y crecimiento para esta estrategia se basarán en el traslado de conocimiento y en el desarrollo de los nuevos equipos incorporados en planta destino, para que el comienzo de las actividades productivas pueda darse sin sobresaltos y a un ritmo similar al de la planta origen.

En cuanto a la estrategia de cumplimiento de la demanda, el objetivo financiero definido es cumplir con la facturación planificada, es decir, lograr abastecer las necesidades de los clientes.

El objetivo relacionado a la perspectiva de los clientes es lograr mantener la confianza de éstos en que la compañía será capaz de abastecer sus pedidos en tiempo y forma. De no conseguirse este objetivo, es posible que los clientes comiencen a especular con la idea de que la empresa no será capaz de cumplir con sus demandas, y pueden empezar a adquirir productos en la competencia.

En el plano de los procesos internos se detectó la necesidad de monitorear más de cerca el cumplimiento de los pronósticos de venta, para detectar a tiempo la necesidad de modificar el abastecimiento a los clientes. De esta manera se busca que el traslado del centro productivo no impacte en el servicio al cliente.

Para lograr esto último, se debe desarrollar al personal en el uso de herramientas de pronósticos, así como también optimizar el flujo y acceso a información de los clientes, y así poseer una mayor sensibilidad de cuáles son sus requerimientos.

Teniendo en claro los objetivos que se persiguen con cada estrategia, se construyeron los indicadores estratégicos necesarios para monitorear y ayudar al cumplimiento de dichos objetivos. De esta forma quedó confeccionado el tablero de comando que se muestra a continuación:

Objetivos Estratégicos	Indicadores Estratégicos
<p>Perspectiva Financiera</p> <p>F1 - Mantener el nivel de facturación</p> <p>F2 - Cumplir el presupuesto del proyecto</p>	<p>Indicadores de Resultados</p> <p>Facturación real vs Forecast de facturación</p> <p>ROI del proyecto = Rendimiento/Inversión</p> <p>Variación de costos del proyecto</p> <p>Inductores de Actuación</p> <p>Cumplimiento de pedidos</p> <p>hs/días de retraso en actividades</p>
<p>Perspectiva del Cliente</p> <p>C1 - Mantener la confianza de los clientes</p> <p>C2 - Generar confiabilidad de los clientes internos</p>	<p>Cantidad de reclamos</p> <p>Cumplimiento del cronograma de traslado</p> <p>Nivel de servicio = Pedidos satisfechos/Pedidos totales</p> <p>Número de incumplimientos en la programación</p>
<p>Perspectiva de Procesos Internos</p> <p>I1 - Monitorear los pronósticos de ventas</p> <p>I2 - Minimizar problemas en la puesta en marcha</p> <p>I3 - Mejorar el abastecimiento de materiales</p>	<p>Desvío de forecast de ventas = (Real - Fcst)/Fcst</p> <p>% de output de líneas versus plan</p> <p>Hs.de máquina parada por falta de materiales</p> <p>% de cumplimiento del plan comercial</p> <p>Cantidad de fallas mecánicas o eléctricas</p> <p>Stock de materiales versus stock de seguridad</p>
<p>Perspectiva de Formación y Crecimiento</p> <p>L1 - Desarrollar habilidades estratégicas</p> <p>L2 - Alinear esfuerzos conjuntos</p>	<p>Cumplimiento de asignaciones de responsabilidades</p> <p>Satisfacción de los empleados con el proyecto</p> <p>Auditoría de las capacitaciones</p> <p>Auditoría de las comunicaciones</p>

Figura 51: Balanced Scorecard

Para el objetivo financiero de mantener el nivel de facturación prevista se tomó como indicador “facturación real vs. facturación prevista”. El target utilizado para medir la mejora en este indicador fue definido como “cumplimiento de pedidos”. Un mayor cumplimiento en los pedidos llevará a alcanzar la facturación esperada.

De manera de poder verificar el cumplimiento del presupuesto previsto para el proyecto se tomaron como indicadores el “R.O.I” del proyecto y la “variación de costos” en su ejecución. Se estableció como inductor en este caso a las “horas / días de retraso” en las actividades del proyecto, ya que un aumento de este inductor llevaría a mayores costos en el desarrollo del proyecto, y por tanto un menor rendimiento en éste.

Respecto al objetivo de mantener la confianza de los clientes externos, se decidió monitorear la “cantidad de reclamos” que llegan a la empresa por pedidos incumplidos. Un inductor cuya medición puede ayudar a disminuir la cantidad de reclamos es el “nivel de servicio” que brinda la compañía, ya que sólo cuando éste sea alto se podrá alcanzar la meta prevista. De esta manera se puede observar que a través de la mejora en el nivel de servicio disminuirán los reclamos de pedidos incumplidos y como consecuencia se mantendrá la confianza de los clientes hacia la empresa.

La medida de la confiabilidad entre los clientes internos se establece mediante el “cumplimiento del cronograma del traslado”. Los involucrados en el proyecto confiarán en la correcta ejecución del proyecto siempre y cuando observen que cada parte cumple con sus funciones en el plazo estipulado. Un inductor claro de esto es la “cantidad de incumplimientos” en la programación del proyecto, ya que éstos devendrán en una extensión de su duración

Para monitorear los pronósticos de ventas se utiliza como indicador el “desvío de las ventas” respecto del forecast. Como inductor se toma el “porcentaje del cumplimiento del plan comercial en los puntos de venta”. El proceso se desarrolla de la siguiente manera: se releva la información de la comercialización de los productos en los distintos puntos de venta y se la compara con la prevista. Esta información se utiliza como base para calcular el desvío en los pronósticos de las ventas, y ayuda a lograr el objetivo de monitorear los pronósticos y detectar movimientos del mercado.

De manera de poder minimizar los problemas en la puesta en marcha de las líneas se utiliza como indicador el “porcentaje de output” de la máquina contra el estimado. Los inductores que pueden llevar a que dicho nivel de producción no se alcance según lo planeado son la “pérdida de personal especializado” en el traslado (que puede abandonar la compañía por diversas razones) y la “cantidad de fallas” de la línea.

El correcto abastecimiento de materiales se mide a través de la “cantidad de horas de parada de línea” por falta de material. La causa que puede llevar a que este indicador aumente, haciendo que el abastecimiento empeore, es el de poseer un escaso stock de materia prima que limite la fabricación de los productos terminados.

En lo que respecta al desarrollo de habilidades, éste puede ser medido mediante el “cumplimiento de las asignaciones de responsabilidad”, verificando que cada involucrado en el proyecto cumpla con su misión. Efectuando “auditorías de las capacitaciones” realizadas al personal se puede tener una idea de si realmente se llegará a cumplir el objetivo de desarrollar habilidades en éste.

El objetivo de “alinear los esfuerzos” de los participantes del proyecto se ve desde la “satisfacción de los empleados” que participan en el mismo. Las “auditorías de las comunicaciones” se utilizan como inductoras en el cumplimiento de estas metas, ya que, si se demuestra que las comunicaciones entre áreas son fluidas, es muy probable que los empleados estén conformes con el desarrollo del proyecto, y que ello logre que aúnen esfuerzos para alcanzar sus objetivos.

Es fundamental realizar un continuo seguimiento de todas las variables mencionadas hasta aquí para que el tablero de comando descrito sea de utilidad. Con la correcta aplicación de esta herramienta se pueden alcanzar las estrategias propuestas, pero se requiere un gran compromiso de parte de toda la organización para observar resultados positivos.

3.2.5 Análisis económico Financiero

3.2.5.1 Cálculo de ahorros

Habiéndose tenido en cuenta todos los puntos anteriores, se desarrolla el análisis económico financiero contando con 5,2 m€ de ahorros anuales impulsado por 2,8 m€ por ahorro de mano de obra y 2,4 m€ por optimización de costos logísticos al acercarnos al centro de demanda de la región.

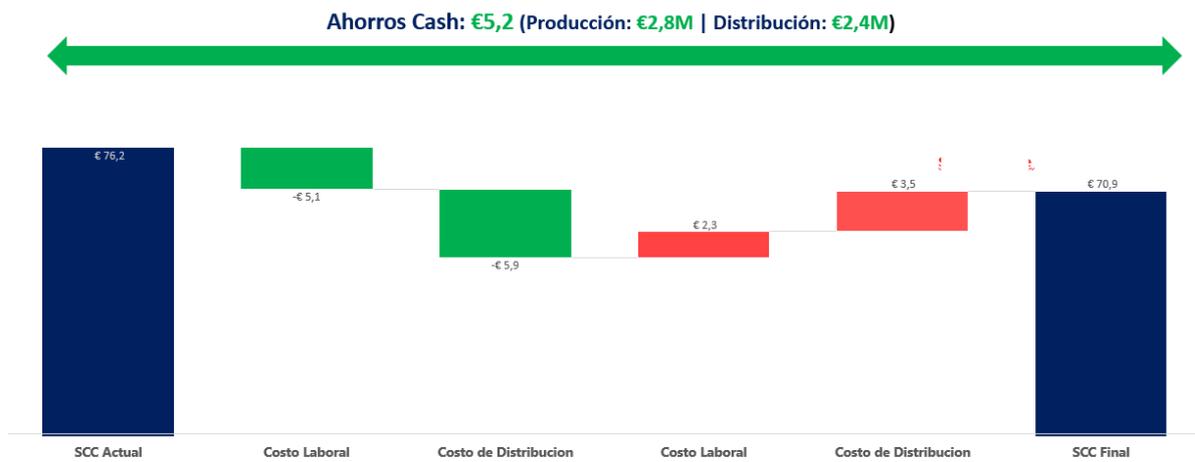


Figura 52: Bridge comparativo entre situación actual (rojo) y propuesta (verde)

Con respecto a las inversiones, se calculó un total de 15,2 m€ para realizar el traslado (3,5 m€) y adaptación del predio de El Salvador (11,7 m€) siendo la obra civil necesaria para la adecuación del predio el costo más relevante.

Ítems	(€ '000)
Obra Civil	8.057
Equipamientos de Proceso	299
Equipamientos de Línea de Envase	304
Otros Equipamientos de Planta	590
Instalaciones Eléctricas	384
Servicios y Utilidades	752
Instalaciones Mecánicas	808
Otros Servicios	551
CAPEX	11.747
Obra Civil	1.606
Equipamiento de Proceso	201
Equipamiento de Líneas de Envase	1.211
Otros Equipamientos de Planta	209
Servicios y Utilidades	312
Costos de Traslado	3.539
Total Inversión	15.286

Figura 53: Detalle de Inversiones

3.3 Resultados

Teniendo en cuenta los ahorros, las inversiones y los costos necesarios para llevar a cabo el traslado de la planta de Costa Rica a El Salvador, se calcula el VAN del proyecto con la formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Figura 54: Detalle de la fórmula del VAN

El valor actual neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. Para ello, trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado.

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son realizables y, en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- **VAN > 0:** El valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- **VAN = 0:** El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- **VAN < 0:** El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Realizando los cálculos pertinentes, se obtuvieron los siguientes resultados tomando una WACC del 6% compuesta por 2% de rendimiento del TBONE (Bono del Tesoro de los estados unidos) y 4% por riesgo asociado a ser una empresa privada. También se

realizaron sensibilidades con una WACC del 10% y 12% agregándole un riesgo adicional por estar desempeñándose el proyecto en América Latina.

Inversiones		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	TOTALES
Cash	Equipamiento/Procesos	(11.7)								(11.7)
Cash	Costos de Traslado	(3.5)								(3.5)
Cash	Preconstruccion de Stock	(2.1)								(2.1)
Cash	Despidos	(5.0)								(5.0)
	Inversion Total	(22.3)	-	-						(22.3)

Fuente de Repago		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	TOTALES
Cash	Costos de Produccion		2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	19.6
Cash	Costos de Distribucion		2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	16.8
Cash	Ahorros Totales del Proyecto		5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	36.4
Cash	Venta de Terreno	5.20								5.2

Cash	Flujo de Fondos	(17.1)	5.2	19.3						
------	------------------------	---------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

Indicadores Financieros	7 años
Inversion	-22.3
VAN @6% WACC (M€):	11.9
TIR:	23%
Payback @7 Años	3.3

VAN @10% WACC (M€ Avg):	8.2
VAN @12% WACC (M€ Avg):	6.6

Figura 55: Detalle del cálculo del VAN del Proyecto

Estos valores son consistentes en el tiempo ya que El Salvador tiene un contexto inflacionario estable.

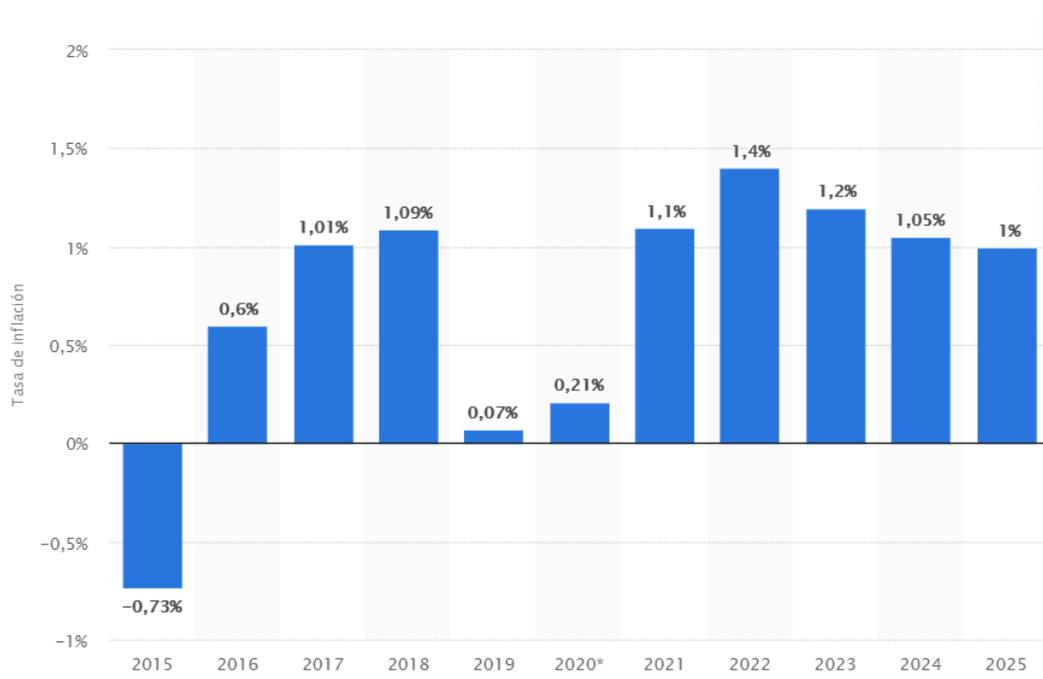


Figura 56: Evolución de la tasa de inflación interanual en El Salvador

3.4 Detección de Oportunidad para Internalización de Volumen Importado

Como se detalla en la figura 4 de la página 10 de este trabajo, existen 4,7k toneladas anuales del producto E que actualmente se importan desde México debido a que la capacidad de la fábrica en Costa Rica no era suficiente para poder producir este volumen adicional y tampoco poseía la tecnología necesaria para poder hacerlo. Debido al proyecto de transformación que sucedió en la fábrica de México (razón por la cual el predio de El Salvador quedo vacante) el producto E ya no podrá ser abastecido desde este país. Se definió investigar la viabilidad técnica para la capitalización de este volumen de importación, con el fin de poder seguir abasteciendo la totalidad de la demanda en la región de Centroamérica.

3.4.1 Tecnología necesaria y descripción de alternativas

Para poder hacer frente a la producción local del producto E, que actualmente se importa desde México, será necesaria la ampliación del proceso productivo actual, para poder contar con la capacidad y la tecnología productiva necesaria.

Tal como se detalló en la figura 25, el proceso de elaboración de shampoo consta de un mezclador principal y un circuito de recirculación que posee un mezclador en línea. Se requiere también la utilización de dos mezcladores auxiliares, uno equipado con un agitador de alto cizallamiento y el otro con un agitador de bajo cizallamiento y una camisa de refrigeración/calefacción. Una vez finalizada la elaboración, el producto se deposita en tanques de almacenamiento para proceder a la etapa de envasado.

A continuación, se describen las principales características técnicas implicadas en cada una de las tecnologías necesarias en el proceso, junto con un análisis comparativo de las máquinas utilizadas por la compañía y las máquinas de tecnología extranjera.

3.4.1.1 Mezclador principal

Como requisito para su instalación, el mezclador principal debe instalarse en celdas de carga y contener una camisa de refrigeración. Adicionalmente, debe poseer uno o dos agitadores de velocidad variable, raspadores de pared lateral y un baffle estático. Es conveniente

que presente una salida por debajo y otras tres entradas laterales para asegurar una recirculación correcta.

El agua puede agregarse durante el proceso mediante el circuito de recirculación, o bien a través de un tubo de entrada que está ubicado en la parte superior del mezclador y que apunta hacia las paredes interiores, con el fin de evitar la formación de espuma. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, si el agua debe ser agregada posterior a la introducción del detergente a la mezcla, sólo podrá ingresar a través del circuito de recirculación, con el fin de evitar aireación y formación de espuma.

Tecnología utilizada por la compañía

La compañía utiliza actualmente en la planta de Costa Rica mixers de la marca estadounidense Feldmeier Equipment Inc. El mismo es un mixer de 15 toneladas utilizado para la producción de shampoo.

Por las características y dimensiones de este proyecto (producción adicional de bajo volumen comparada con la producción actual de la fábrica), se propone utilizar un mixer de shampoo de 10 toneladas (como el que se muestra en la figura 57), cuyas especificaciones técnicas se encuentran detalladas en la tabla 1.

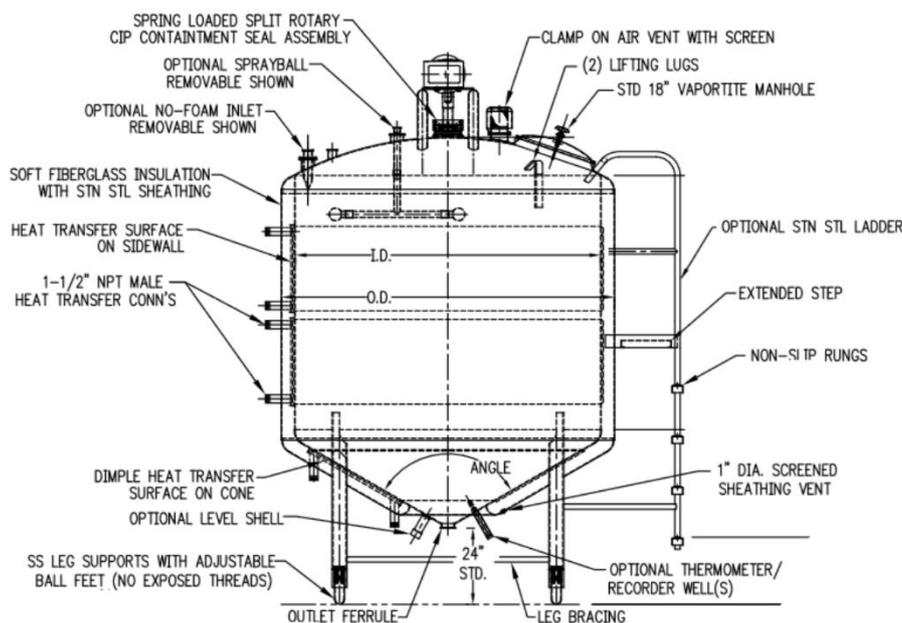


Figura 57: Mixer principal utilizado por la compañía (Feldmeier, 2020).

Características	Mixer FELDMEIER - Modelo EPC
Material	Acero inoxidable SAE 304
Capacidad	10.000 l
Cabezal inferior	Cónico - Ángulo 120°
Diámetro	2,28 m
Altura (incluyendo patas soporte)	3,17 m
Potencia del motor	25 HP
Precio	USD 80.000 + Transporte/Nacionalización (USD 7.000) = USD 87.000

Tabla 1: Especificaciones técnicas del mixer principal utilizado por la compañía (Feldmeier, 2020).

Alternativa de tecnología extranjera

Como alternativa extranjera para la adquisición del mixer principal se considera el de la marca china Yekey Automation Technology. El mismo posee una capacidad operativa de 4 toneladas con una potencia de 15kw. A continuación, se muestra una imagen del mismo (figura 58) junto con sus principales especificaciones técnicas (tabla 2).

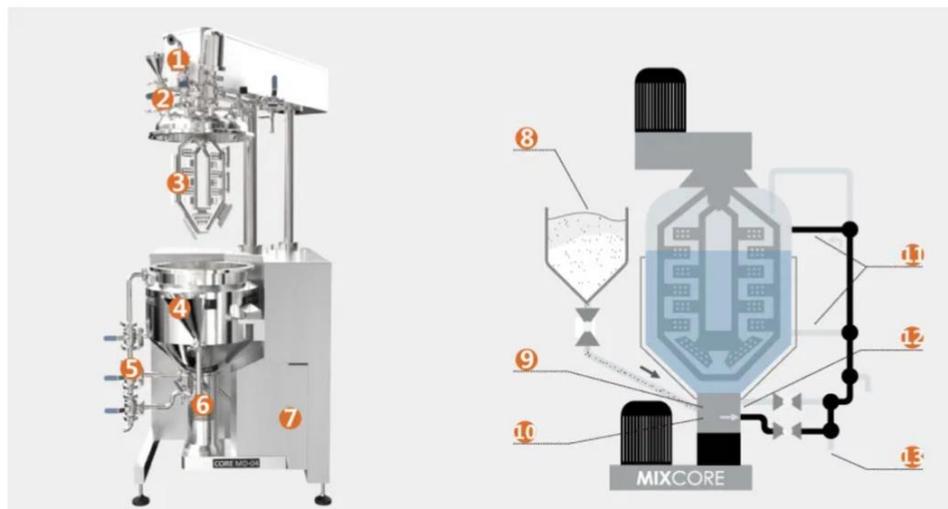


Figura 58: Alternativa extranjera de Mixer principal (Yeekey, 2020).

Características	Mixer YEKEYEY - Modelo MC2000
Material	Acero inoxidable SAE 304
Capacidad	4.000 l
Cabezal inferior	Cónico
Diámetro	2,21 m
Altura (incluyendo patas soporte)	4,95 m
Potencia del motor	15 kw
Precio	USD 30.000 + Transporte/Nacionalización (USD 12.560) = USD 42.560

Tabla 2: Especificaciones técnicas del mixer principal como alternativa extranjera (Yeekey, 2020).

Selección del mixer principal

Se utilizará una matriz de ponderación para determinar cuál de las opciones resulta más adecuada, comparando la alternativa de tecnología utilizada actualmente por la compañía con una opción de tecnología extranjera.

En la matriz serán tenidos en cuenta requisitos obligatorios y deseables. Cabe aclarar que los requisitos analizados serán replicados en todas las secciones operativas, con la correspondiente variación en las ponderaciones otorgadas a cada requisito, según el tipo de máquina y su función. Aquellas alternativas que no cumplan con los requisitos obligatorios serán descartadas, mientras que las que sí lo hagan serán luego puntuadas según los requisitos deseables.

Requisitos obligatorios

- Calidad de los materiales constructivos: se esperará que los materiales sean de calidad certificada, para garantizar que no se generará contaminación en el producto.
- Disponibilidad de repuestos y mantenimiento: se esperará que sea sencillo adquirir repuestos o mantenimiento especializado en caso de falla o en la realización de tareas de mantenimiento.

Requisitos deseables

- Inversión inicial: se tendrá en cuenta el factor económico en la inversión de maquinaria, el cual contempla además del costo de los equipos también los gastos de traslado y nacionalización si correspondieran.
- Facilidad de instalación: se refiere a las tareas necesarias para instalar la máquina y realizar la puesta en marcha.
- Espacio físico ocupado: las dimensiones de la máquina deberán poder adaptarse al espacio disponible en la planta para su utilización.
- Flexibilidad ante cambios: este aspecto es relevante dada la posibilidad de que existan en un futuro variaciones en la demanda que requieran la producción de otro tipo de shampoo o incrementos en la producción de los productos actuales.

En este caso, las dos alternativas analizadas cumplen con los requisitos obligatorios, por lo que la decisión final se realizará en base a la los requisitos deseables.

Mixer Principal					
Requisitos Obligatorios	FELDEMEIER			YEEKEY	
Disponibilidad de repuestos y mantenimiento	SI			SI	
Calidad de los materiales constructivos	SI			SI	
Requisitos Deseables	Peso	Valor	Total	Valor	Total
Espacio físico ocupado	15	5	75	5	75
Inversión inicial	20	5	100	5	100
Facilidad de instalación	10	5	50	3	30
Flexibilidad ante cambios	10	5	50	3	30
Total			275		235

Tabla 3: Matriz de selección de mixer principal.

El resultado final de la matriz indica que la mejor alternativa para el mixer principal es la de la marca Feldmeier con una puntuación de 275 en el cumplimiento de los requisitos deseables principalmente debido a que, dado el volumen de producción, deberíamos comprar 2 mixers Yekey Automation Technology para poder llevar a cabo el abastecimiento de la demanda (lo cual aumenta la inversión inicial) y al hecho de que el mixer de Feldmeier tiene mayor facilidad de instalación y flexibilidad ante cambios.

3.4.1.2. Mezclador auxiliar con camisa de refrigeración/calentamiento

Este recipiente de premezcla montado en celdas de carga, debe estar revestido con una camisa de refrigeración/calentamiento y presentar un agitador de anclaje de bajo esfuerzo cortante. Adicionalmente, su parte inferior y superior deben ser en forma de plato. En cuanto a la capacidad necesaria por el agitador de bajo cizallamiento, deberá abastecer aproximadamente el 30%-40% de la capacidad del mezclador principal.

Tecnología utilizada por la compañía

La compañía posee como mixer auxiliar de bajo cizallamiento el modelo 600-8864 de la marca estadounidense Müller que se observa en la figura 59. Tiene una capacidad de 600 galones, correspondiente al 40% de la capacidad del mixer principal. En la tabla 4 se detallan sus especificaciones técnicas restantes.



Figura 59: Mixer auxiliar con camisa utilizado por la compañía (BID-on-Equipment, 2020).

Características	Mixer MULLER - Modelo 600-8864
Material	Acero inoxidable SAE 304
Capacidad	2.271 l (600 gal)
Potencia del motor	0,75 kw
Cabezal inferior	Plato
Diámetro	1,88 m
Altura (incluyendo patas soporte)	2,69 m
Precio	USD 52.000 + Transporte/Nacionalización (USD 5.578) = USD 57.578

Tabla 4: Especificaciones técnicas del mixer auxiliar con camisa utilizado por la compañía (BID-on - Equipment, 2020)

Alternativa de tecnología extranjera

Se analiza como alternativa para este mixer auxiliar el correspondiente a la empresa Shree Bhagwatti, líder mundial en la fabricación y el diseño de instrumentos automáticos para la industria. Dentro de los modelos ofrecidos por esta empresa, se analiza para este proyecto el de capacidad de 2000 l, potencia de 5kw y con camisa de refrigeración/calentamiento, el cual se muestra en la figura 60.



Figura 60: Alternativa extranjera de mixer auxiliar con camisa (Shree Bhagwati, 2020).

Características	Mixer SHREE BHAGWATI - Modelo VFD
Material	Acero inoxidable SAE 304 y SAE 316
Capacidad	2.000 l
Potencia del motor	5 kw
Cabezal inferior	Plato
Díámetro	1,25 m
Altura (incluyendo patas soporte)	2,55
Precio	USD 19.700 + Transporte/Nacionalización (USD 13.880) = USD 33.580

Tabla 5: Especificaciones técnicas del mixer auxiliar con camisa como alternativa extranjera (Patent, 2020).

Mixer auxiliar con camisa de refrigeración/calentamiento					
Requisitos Obligatorios	MULLER		SHREE BHAGWATI		
Disponibilidad de repuestos y mantenimiento	SI		SI		
Calidad de los materiales constructivos	SI		SI		
Requisitos Deseables	Peso	Valor	Total	Valor	Total
Espacio físico ocupado	15	6	90	8	120
Inversión inicial	20	4	80	7	140
Facilidad de instalación	10	5	50	2	20
Flexibilidad ante cambios	10	8	80	7	70
Total			300		350

Tabla 8.9. Matriz de selección de mixer auxiliar con camisa de refrigeración/calentamiento.

La opción que mejor se adapta a los requisitos de esta sección resulta ser la tecnología ofrecida por Shree Bhagwati, con un puntaje de 350.

3.4.1.3. Mezclador auxiliar sin camisa de refrigeración/calentamiento

A diferencia del mezclador auxiliar detallado con anterioridad, este recipiente debe presentar un agitador de hélice con montaje vertical (de alto esfuerzo cortante) y no requiere revestimiento. Su forma debe ser cilíndrica, con ambas partes superior e inferior en forma cóncava. Dado que los mezcladores auxiliares alimentan a un mezclador principal únicamente, su capacidad deberá ser de alrededor del 30% de la capacidad del mezclador principal.

Tecnología utilizada por la compañía

La compañía utiliza el modelo Insulates Rapid Mixer de la marca Feldmeier que se observa en la figura 61. Este modelo tiene una capacidad de trabajo de 600 galones y una potencia de 15 kw. En la tabla 7 se muestran sus especificaciones técnicas.

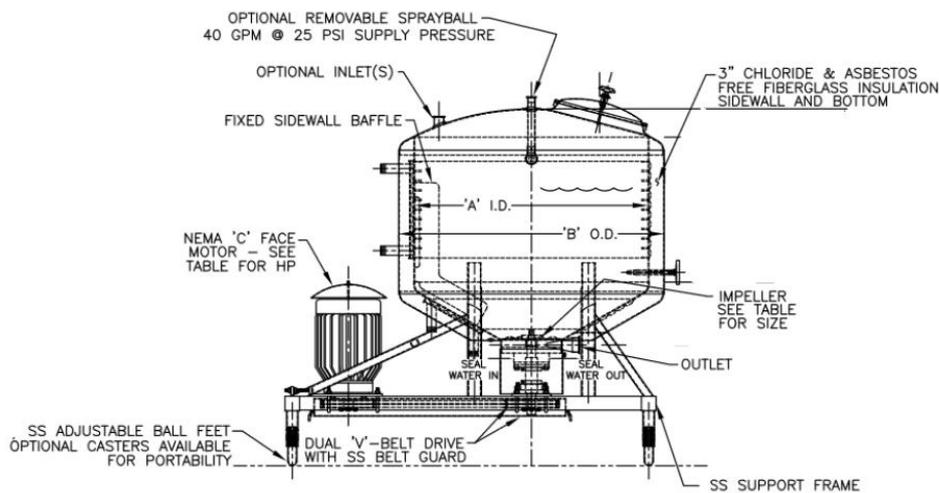


Figura 61: Mixer auxiliar sin camisa utilizado por la compañía (Feldmeier, 2020)

Características	Mixer FELDMEIER - Modelo Insulates Rapid Mixer
Material	Acero inoxidable SAE 304
Cabezal inferior	Cóncavo
Capacidad	2.271 l (600 gal)
Potencia del motor	15 kw
Diámetro	1,67 m
Altura (incluyendo patas soporte)	2,46 m
Precio	USD 75.000 + Transporte/Nacionalización (USD 4.235) = USD 79.235

Tabla 7: Especificaciones técnicas del mixer auxiliar sin camisa utilizado en la compañía

Alternativa de tecnología extranjera

Como alternativa internacional se evaluó al mixer de la marca Guangzhou Lianmeng Machinery Equipment Co (Lienm). Este mixer no presenta camisa de refrigeración y tiene una capacidad operativa de 2000 l con una potencia neta de 5kw. Se muestran a continuación una imagen del mixer evaluado (figura 62) y sus especificaciones técnicas más relevantes (tabla 8).



Figura 62: Alternativa extranjera de mixer auxiliar sin camisa (Jessica Peng, 2020).

Características	Mixer LIENM - Modelo SJ01
Material	Acero inoxidable SAE 304
Cabezal inferior	Cóncavo
Capacidad	2.000 l
Potencia del motor	5 kw
Diámetro	1,65 m
Altura (incluyendo patas soporte)	2,58 m
Precio	USD 11.500 + Transporte/Nacionalización (USD 10.561) = USD 22.061

Tabla 8: Especificaciones técnicas del mixer auxiliar sin camisa como alternativa extranjera (Jessica Peng, 2020).

Como ambas alternativas cumplen las necesidades requeridas, la decisión final se desprenderá del puntaje de la ponderación de los requisitos deseables. En la tabla 9 se muestra la matriz de ponderación para esta sección.

Mezclador auxiliar sin camisa de refrigeración/calentamiento					
Requisitos Obligatorios	FELDMEIER			LIENM	
Disponibilidad de repuestos y mantenimiento	SI			SI	
Calidad de los materiales constructivos	SI			SI	
Requisitos Deseables	Peso	Valor	Total	Valor	Total
Espacio físico ocupado	15	5	75	4	60
Inversión inicial	20	3	60	9	180
Facilidad de instalación	10	5	50	3	30
Flexibilidad ante cambios	10	7	70	7	70
Total			255		340

Tabla 9: Matriz de selección de mixer auxiliar sin camisa de refrigeración/calentamiento

La opción que mejor se adapta a los requisitos de esta sección resulta ser la tecnología ofrecida por LIENM con un puntaje de 340.

3.4.1.4 Tanques de almacenamiento

Posterior al proceso de fabricación, el producto se deposita en los tanques de almacenamiento a través de una entrada inferior o conexión de salida. Estos recipientes deben ser de acero inoxidable, con su parte inferior cónica con un ángulo de 60°. La capacidad de los mismos debe cubrir mínimamente dos lotes de producción.

Tecnología utilizada por la compañía

La planta actual cuenta con dos tanques de almacenamiento de alrededor de 10 toneladas y uno de 20 toneladas, ambos de la marca Feldmeier, como el representado en la figura 63.

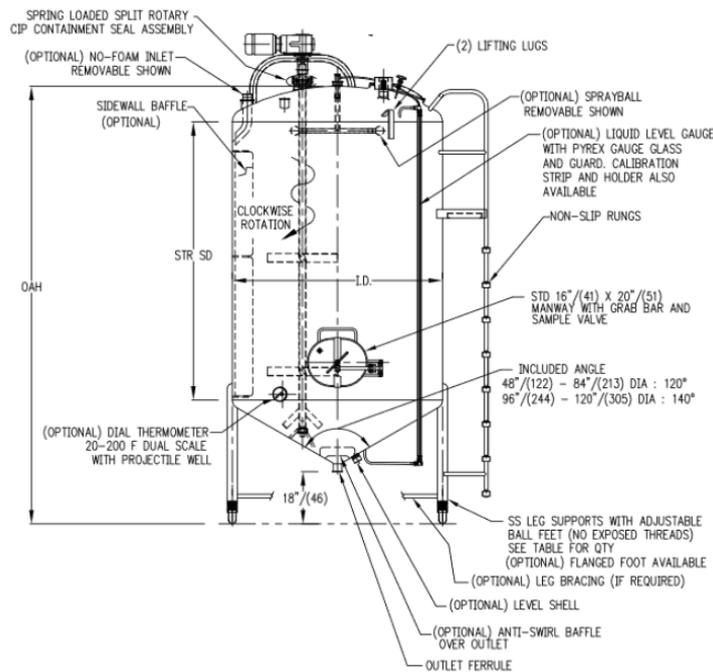


Figura 63: Tanque stock utilizado por la compañía (Feldmeier, 2020)

Características	Tanque stock vertical FELDMEIER - Modelo CVC
Material	Acero inoxidable SAE 304
Cabezal inferior	Cónico - Ángulo 120°
Capacidad	9.500 l
Diámetro del tanque	2,13 m
Altura (incluyendo patas soporte)	4,01 m
Precio	USD 70.000 + Transporte/Nacionalización (USD 8.500) = USD 78.500

Tabla 10: Especificaciones técnicas del tanque stock utilizado actualmente en la compañía (Feldmeier, 2020).

Alternativa de tecnología extranjera

La empresa Mixer Direct presenta una línea de tanques stock de acero inoxidable que podrían ser utilizados para la fabricación de shampoo. Para el proyecto utilizaríamos el modelo con capacidad de 2000 l, cuyas especificaciones técnicas se muestran en la figura 64 y tabla 11.



Figura 64: Alternativa de tanque stock extranjero (Mixer Direct, 2020)

Características	Tanque stock vertical MIXER DIRECT - Modelo S4T4C0600
Material	Acero inoxidable SAE 304
Cabezal inferior	Cónico (2" Female NPT Half Coupling)
Capacidad	2000 l
Diámetro del tanque	1,523 m
Altura (incluyendo patas soporte)	2,08 m
Precio	USD 8.764 + Transporte/Nacionalización (USD 3.264) = USD 12.028

Tabla 11: Especificaciones técnicas de posible tanque stock extranjero (Mixer Direct, 2020)

Selección del tanque de almacenamiento

Todos los proveedores analizados en esta sección cumplen con los requisitos obligatorios. Los factores deseables predominantes a la hora de la elección son la inversión inicial y la flexibilidad y elasticidad del tanque para almacenar distintos productos que la planta pueda llegar a producir.

En la tabla 12 se presenta la matriz de ponderación para esta sección.

Tanque de almacenamiento					
Requisitos Obligatorios	FELDMEIER			MIXER DIRECT	
Disponibilidad de repuestos y mantenimiento	SI			SI	
Calidad de los materiales constructivos	SI			SI	
Requisitos Deseables	Peso	Valor	Total	Valor	Total
Espacio físico ocupado	15	4	60	5	75
Inversión inicial	20	5	100	9	180
Facilidad de instalación	10	7	70	5	50
Flexibilidad ante cambios	10	10	100	1	10
Total	330			315	

Tabla 12: Matriz de selección del tanque de almacenamiento.

La opción que mejor se adapta a los requisitos de esta sección resulta ser la tecnología ofrecida por Feldmeier con un puntaje de 330 principalmente debido a la flexibilidad que nos brinda tener una mayor capacidad de stock ante posibles aumentos de demanda y a la facilidad de instalación ya contando con otro equipo de la misma marca.

3.4.1.5 Envasadora

Una vez finalizado el proceso de fabricación del shampoo, se procede al almacenamiento del mismo en los tanques de stock y se le realiza el control de calidad correspondiente. Una vez asegurada la calidad del shampoo, se procede al envasado. Aquí, se realiza el pesaje del mismo de manera automática y se envasa en bolsas de 20 litros.

A continuación, se realiza un análisis de los distintos proveedores y los distintos modelos que se adaptan al proceso, comparando ventajas y desventajas con el objetivo de poder seleccionar la mejor tecnología para el envasado del producto.

Envasadora TECHNIBAG

La empresa francesa Technibag presenta una línea de envasadoras que se adaptan a nuestro proceso. Cuentan con varios modelos, que varían tanto en el nivel de automatización como en la capacidad y en el precio.

Se decide que la alternativa de Technibag que mejor se adecua al proyecto es la envasadora semiautomática que se observa en la figura 65 y cuyas características técnicas se

muestran en la tabla 13. Esto es así debido a que las opciones manuales presentan el inconveniente de que son lentas y además la recarga de la bolsa se hace a mano no pudiendo lograr la estandarización necesaria para la venta de productos de consumo masivo.



Figura 65: Envasadora semiautomática Technibag (Technibag, 2020)

Características	Llenadora TECHNIBAG Modelo Premio WS TOP 540
Material	Acero inoxidable SAE 304
Modo de funcionamiento	Semi-automática
Arranque del ciclo	Sistema DAS (Arranque Automático Seguro)
Método de limpieza	Automático/Manual
Ritmo de trabajo (Bolsas de 20 L)	80 bolsas/h
Alimentación eléctrica	3x400V
Profundidad x Altura x Ancho	1,11 x 1,77 x 0,74 m
Peso	155 kg
Vida útil	20 años
Operarios necesarios	1 operario
Precio	USD 27.000 + Transporte (USD 11.651) = USD 38.651

Tabla 13: Especificaciones técnicas de la envasadora semiautomática Technibag (Ballerini, 2020).

Envasadora Xi'an Shibo Fluid Technology (SBFT)

SBFT es el fabricante de máquinas de llenado de bolsas más grande y profesional en China. Se analizará para este trabajo un modelo semiautomático de cabezal único, como el que se muestra en la figura 66. Sus especificaciones técnicas se detallan en la tabla 14.



Figura 66: Envasadora SBFT (SBFT, 2020)

Características	Llenadora SBFT - Modelo BIB200
Material	Acero inoxidable SAE 304
Modo de funcionamiento	Semi-automática
Arranque del ciclo	Tradicional
Método de limpieza	CIP (Clean In Place)
Ritmo de trabajo (Bolsas de 20 L)	100 bolsas/h
Alimentación eléctrica	3x400V
Profundidad x Altura x Ancho	1,43 x 1,59 x 1,08 m
Peso	187 kg
Vida útil	20 años
Operarios necesarios	1 operario
Precio	U\$D 15.000 + Transporte/Nacionalización (U\$D 10.574)= U\$D 25.574

Tabla 14: Especificaciones técnicas de la envasadora SBFT (SBFT, 2020)

Envasadora Liqui Box

Liqui Box Corp es una empresa estadounidense líder en sistemas de llenado a nivel mundial. Se especializan en brindar equipos de alta calidad y compactos con muy buena confiabilidad.

Seleccionamos el modelo semiautomático Liquibox 1000 compatible con el proyecto ya que presenta una mesa con altura ajustable y un arranque automático personalizado.



Figura 67: Envasadora Liqui Box (Liquibox, 2020).

Características	Llenadora Liqui Box - Modelo 1000
Material	Acero inoxidable SAE 304 y polímeros certificados 3-A
Modo de funcionamiento	Semi-automática
Arranque del ciclo	Tradicional
Método de limpieza	CIP (Clean In Place)
Ritmo de trabajo (Bolsas de 20 L)	90 bolsas/h
Alimentación eléctrica	3x400V
Profundidad x Altura x Ancho	1,01 x 2,03 x 0,77 m
Peso	121 kg
Vida útil	20 años
Operarios necesarios	1 operario
Precio	USD 30.000 + Transporte/Nacionalización (USD 8.566) = USD 38.566

Tabla 15: Especificaciones técnicas de la envasadora Liqui Box (Liquibox, 2020).

Selección de la envasadora

Al seleccionar la línea de envasado, se analizaron los tres proveedores expuestos anteriormente los cuales cumplen con la totalidad de los requisitos obligatorios con lo cual, el factor preponderante para esta sección será la inversión inicial.

Envasadora							
Requisitos Obligatorios	TECHNIBAG		SBFT		LIQUIBOX		
Disponibilidad de repuestos y mantenimiento	SI		SI		SI		
Calidad de los materiales constructivos	SI		SI		SI		
Requisitos Deseables	Peso	Valor	Total	Valor	Total	Valor	Total
Espacio físico ocupado	15	7	105	6	90	8	120
Inversión inicial	20	4	80	6	120	4	80
Facilidad de instalación	10	10	100	3	30	6	60
Flexibilidad ante cambios	10	3	30	5	50	4	40
Total			315			290	300

Tabla 16: Matriz de selección de la envasadora.

Las tres envasadoras analizadas en este trabajo son de empresas de renombre a nivel internacional, de óptima calidad y años de experiencia. Poseen facilidades y características similares, lo que se evidencia al obtener valoraciones muy cercanas para todas las alternativas.

Sin embargo, Technibag resulta la envasadora más conveniente, resaltando por sobre las otras por su facilidad de implementación. Es por esto que se decide la utilización de esta envasadora en el proyecto.

3.4.2 Balance de línea y capacidades

A continuación, se realizará un balance de acuerdo con el proceso explicado anteriormente para calcular los requerimientos de materia prima, maquinaria y mano de obra del proyecto de internalización de volumen.

3.4.2.1 Plan de ventas

Para determinar el plan de ventas, se realizó el estudio de la demanda proyectada que se muestra en la tabla 17. Los datos se muestran en litros por año y en bolsas por año, teniendo en cuenta que el producto final será envasado en una bolsa de 20 litros.

Para obtener la cantidad de bolsas, se redondeó al entero próximo superior del cociente de venta en litros y 20 litros/bolsa.

Año	Ventas (litros/año)	Ventas (bolsas/año)
2022	4.700.000	235.000
2023	4.935.000	246.750
2024	5.181.750	259.088
2025	5.440.838	272.042
2026	5.712.879	285.644
2027	5.998.523	299.926
2028	6.298.450	314.922
2029	6.613.372	330.669
2030	6.944.041	347.202

Tabla 17: Proyección de la demanda hasta 2030

3.4.2.2 Ritmo de trabajo

Durante los primeros años, se toma un ritmo de 5 días laborales por semana y de 6 días laborales por semana para los últimos años. Tomando 10 días feriados por año y 2 semanas de vacaciones se llega al siguiente ritmo diario de cada año (tabla 18).

Año	Días laborales por semana	Días laborales por mes	Días laborales por año
2022	5	21,2	237,9
2023	5	21,2	237,9
2024	5	21,2	237,9
2025	5	21,2	237,9
2026	5	21,2	237,9
2027	5	21,2	237,9
2028	6	25,4	285,5
2029	6	25,4	285,5
2030	6	25,4	285,5

Tabla 18: Ritmo de trabajo requerido

A continuación, se definieron las horas de trabajo requeridas anualmente.

Año	Horas de trabajo diarias	Horas de trabajo mensuales	Horas de trabajo anuales
2022	18	380,7	4568,4
2023	18	380,7	4568,4
2024	18	380,7	4568,4
2025	18	380,7	4568,4
2026	18	380,7	4568,4
2027	18	380,7	4568,4
2028	18	456,84	5482,08
2029	18	456,84	5482,08
2030	18	456,84	5482,08

Tabla 19: Horas de trabajo requeridas

3.4.2.3 Stock de seguridad

Como stock de seguridad, se definió utilizar un stock de producto terminado que cubra la demanda de 2 semanas. Con esta política, se busca lograr el mayor nivel de servicio posible y tener siempre presente el producto terminado en góndola.

La fórmula que se implementó para el cálculo de stock necesario es la detallada debajo, siendo “días de stock” la cantidad de días laborales en dos semanas.

$$Stock = \frac{Ventas [bolsas/año]}{Días laborales [días/año]} * Días de stock$$

Se tiene también la variación de stock interanual como la diferencia entre el stock de un año y el stock del inmediato anterior. Todos los resultados se muestran en la tabla 20.

Año	Ventas (bolsas/año)	Stock de seguridad (bolsas/año)
2022	235.000	13.827
2023	246.750	14.519
2024	259.088	15.244
2025	272.042	16.007
2026	285.644	16.807
2027	299.926	17.647
2028	314.922	15.441
2029	330.669	16.214
2030	347.202	17.024

Tabla 20: Stock de seguridad y sus variaciones

3.4.2.4 Plan y programa de producción

Una vez obtenidos los valores de las ventas anuales y las variaciones de inventarios interanuales es posible arribar al plan de producción, el cual consiste en la suma de las cantidades anteriores y representa el número de bolsas a producir por año.

El programa de producción consiste en el cociente entre el plan de producción y las horas disponibles por año las cuales se mostraron en el ritmo de trabajo. Ambos se muestran en la tabla 21.

Año	Plan de producción (bolsas/año)	Programa de producción (bolsas/hora)	Programa de producción (bolsas/mes)
2022	248.827	54,5	20.736
2023	247.441	54,2	20.620
2024	259.813	56,9	21.651
2025	272.804	59,7	22.734
2026	286.444	62,7	23.870
2027	300.767	65,8	25.064
2028	312.717	57,0	26.060
2029	331.441	60,5	27.620
2030	348.013	63,5	29.001

Tabla 21: Plan y programa de producción

3.4.2.4 Balance de necesidades de la envasadora

La salida de producto necesario de la envasadora está dada por el valor en bolsas/mes del programa mensual redondeado al entero próximo superior para evitar incumplimientos en la demanda. Este valor, a su vez, se multiplica por 20 para tener la salida necesaria en litros/mes, ya que cada bolsa contiene 20 litros de producto.

La máquina envasadora elegida para el proyecto presenta mermas del 0,01%. También se deben considerar las mermas inherentes al proceso de llenado, independientes del envase o la maquina utilizada, que son del 0,67% según fue detallado por el área de procesos de la compañía. Estas últimas corresponden al sobrellenado de envases e implica que algunas bolsas tendrán más de 20 litros de contenido.

Se calcula, entonces, la entrada requerida según la formula detalla debajo, donde mermas envasadora es el 0,01% y mermas sobrellenado es el 0,67%.

$$Entrada = \frac{Salida}{1 - Mermas(ensavadora) - Mermas(sobrellenado)}$$

La entrada requerida en litros/mes se multiplica por la densidad del shampoo (1,03kg/litro) para tener el valor en kilogramos/mes. Los resultados finales de entrada requerida se muestran en la tabla 22.

Año	Salida (bolsas/mes)	Salida (litros/mes)	Mermas envasadora (litros/mes)	Mermas sobrellenado (litros/mes)	Entrada (litros/mes)	Entrada (kg/mes)
2022	20.735,6	414.711,9	41,5	2.778,6	417.532,0	430.057,9
2023	20.620,1	412.402,3	41,2	2.763,1	415.206,6	427.662,8
2024	21.651,1	433.022,4	43,3	2.901,2	435.966,9	449.045,9
2025	22.733,7	454.673,5	45,5	3.046,3	457.765,3	471.498,2
2026	23.870,4	477.407,2	47,7	3.198,6	480.653,5	495.073,1
2027	25.063,9	501.277,5	50,1	3.358,6	504.686,2	519.826,8
2028	26.059,7	521.194,3	52,1	3.492,0	524.738,4	540.480,5
2029	27.620,1	552.401,1	55,2	3.701,1	556.157,4	572.842,2
2030	29.001,1	580.021,2	58,0	3.886,1	583.965,3	601.484,3

Tabla 22: Balance de necesidades de la envasadora

3.4.2.5 Balance de necesidades del tanque stock

Previo al envasado, el shampoo se guarda en un tanque stock. La salida requerida de este proceso debe coincidir con la entrada a la envasadora calculada anteriormente. En este caso, existen mermas del 0,67%, correspondientes al producto que queda adherido a las paredes del tanque y que no pueden ser utilizadas para el proceso productivo. Se calcula, entonces, la entrada requerida en kg/mes según la formula detallada debajo, donde mermas tanque es 0,67%. Los valores finales se muestran en la tabla 23.

$$Entrada = \frac{Salida}{1 - Mermas(tanque)}$$

Año	Salida (kg/mes)	Mermas (kg/mes)	Entrada (kg/mes)
2022	430.057,9	2.881,4	432.939,3
2023	427.662,8	2.865,3	430.528,1
2024	449.045,9	3.008,6	452.054,5
2025	471.498,2	3.159,0	474.657,3
2026	495.073,1	3.317,0	498.390,1
2027	519.826,8	3.482,8	523.309,6
2028	540.480,5	3.621,2	544.101,8
2029	572.842,2	3.838,0	576.680,2
2030	601.484,3	4.029,9	605.514,2

Tabla 23: Balance de necesidades del tanque stock

3.4.2.6 Balance de necesidades del mixer principal

Para el balance del mixer principal, dividimos el proceso de mezclado principal en 3 etapas diferentes, como se muestra en la figura 68. Adicionalmente, existen 3 etapas diferenciadas en los mixers auxiliares.

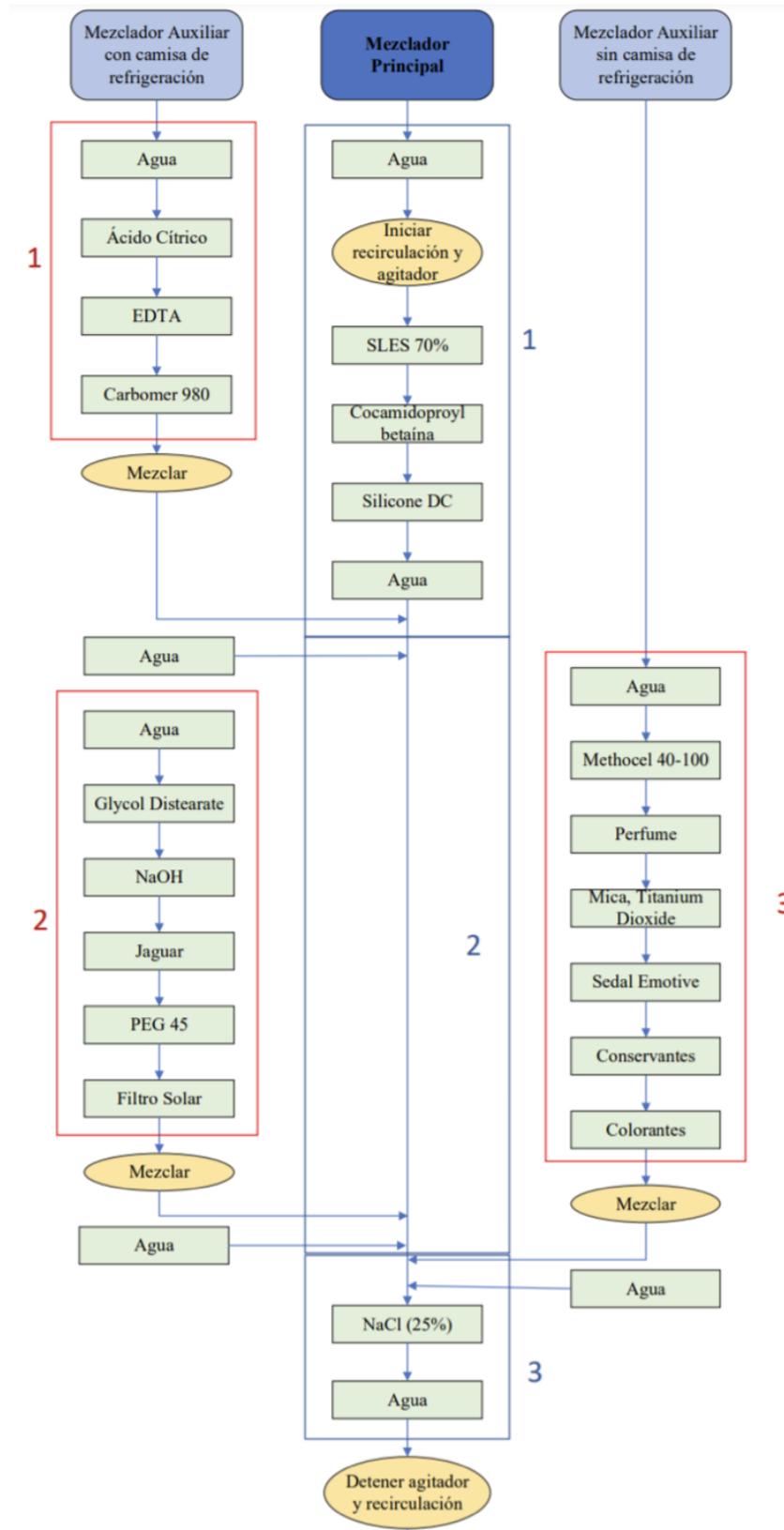


Figura 68: Etapas del mezclado en mixer principal (azul) y del mezclado en premixer (rojo).

Etapa 3

Iniciando el análisis por la etapa 3, la salida requerida para esta etapa deberá igualar la entrada calculada para el tanque stock. Esta etapa es la única dentro del proceso de mezclado que presenta mermas ya que las mermas de este proceso se deben a la película de producto que se adhiere a la superficie de los mixers. En las etapas anteriores se remueve la mezcla producida con agua cumpliendo dos funciones, la de remover toda la mezcla hacia las etapas siguientes y la de ser en sí mismo un ingrediente agregado.

La entrada requerida para esta etapa se calcula entonces según la formula detallada debajo, siendo mermas mezclado equivalente a 0,67%.

$$Entrada = \frac{Salida}{1 - Merms(mezclado)}$$

Siguiendo el diagrama de proceso presentado al comienzo de esta entrega junto con la tabla 24, donde se presentan los porcentajes de cada componente del shampoo y los porcentajes de cada agregado de agua, se puede aperturar esta entrada requerida en cada componente necesario según la tabla 25.

Componente	% Composición
AGUA	74,86%
SLES (70%)	11,99%
GLYCOL DISTEARATE	4,54%
NaCl (25%)	3,99%
COCAMIDOPROPYL BETAINE	2,86%
PERFUME	0,50%
CARBOMER 980	0,40%
NaOH (50%)	0,20%
EDTA	0,10%
JAGUAR	0,10%
METHOCEL 40-100	0,10%
TIMIRON	0,10%
Emotive	0,07%
COLOR METHYL ISO THIAZOLINONE	0,06%
PEG 45 (POLYETHYLENE GLYCOL)	0,05%
CITRIC ACID	0,03%
NaCl	0,02%
SILICONE DC	0,02%
ETHYLHEXYL METHOXYCINNAMATE	0,02%
CI 15985 87% COSMETIC GRADE	0,00%

Tabla 24: Composiciones de los componentes de la fórmula

Componentes por etapa	% Composición
Mixer Principal	35,93%
<i>Agua inicial</i>	20,21%
<i>Agua agregada</i>	14,22%
<i>Etapa 3</i>	1,50%
Premixer	38,93%
<i>Etapa 1</i>	20,21%
<i>Agua flash 1</i>	2,25%
<i>Etapa 2</i>	11,23%
<i>Agua flash 2</i>	2,25%
<i>Etapa 3</i>	1,50%
<i>Agua flash 3</i>	1,50%

Tabla 25: Balance del agua en fórmula por proceso

*Cantidad requerida componente X = %enComposición * Entrada etapa 3*

Agua = 1,5% * Entrada Etapa 3

NaCl = 0,02% * Entrada Etapa 3

Agua flash 3 = 1,5% * Entrada Etapa 3

Las entradas asociadas a la mezcla del premixer etapa 3 se calcularon posteriormente según sus componentes, mientras que la entrada correspondiente a la mezcla del mixer principal etapa 2 resultó de la resta entre la entrada total y las entradas parciales.

Las entradas requeridas junto con las entradas desagregadas calculadas se muestran en la tabla 26.

Año	Salida (kg/mes)	Mermas (kg/mes)	Entrada (kg/mes)	Agua (kg/mes)	NaCl (kg/mes)	Agua Flash 3 (kg/mes)	Premix Etapa 3 (kg/mes)	Mixer Ppal Etapa 2 (kg/mes)
2022	432.939,3	2.900,7	435.840,0	6.524,5	17.520,8	6.524,5	10.120,2	395.163,1
2023	430.528,1	2.884,5	433.412,7	6.488,2	17.423,2	6.488,2	10.063,8	392.962,3
2024	452.054,5	3.028,8	455.083,3	6.812,6	18.294,3	6.812,6	10.567,0	412.610,4
2025	474.657,3	3.180,2	477.837,5	7.153,2	19.209,1	7.153,2	11.095,4	433.240,9
2026	498.390,1	3.339,2	501.729,3	7.510,9	20.169,5	7.510,9	11.650,2	454.902,9
2027	523.309,6	3.506,2	526.815,8	7.886,4	21.178,0	7.886,4	12.232,7	477.648,1
2028	544.101,8	3.645,5	547.747,2	8.199,8	22.019,4	8.199,8	12.718,7	496.626,0
2029	576.680,2	3.863,8	580.544,0	8.690,7	23.337,9	8.690,7	13.480,2	526.361,8
2030	605.514,2	4.056,9	609.571,2	9.125,3	24.504,8	9.125,3	14.154,2	552.679,9

Tabla 26: Balance de necesidades de la Etapa 3 del Mixer Principal

Etapa 2

A partir de esta etapa no existen mermas a contabilizar por lo que se comentó en la explicación de las mermas a tener en cuenta en la etapa 3.

De esta forma, la entrada requerida es igual a la salida requerida que, adicionalmente, se iguala al valor “Mixer Principal Etapa2” de las tablas anteriores.

La entrada de esta etapa puede desagregarse en sus componentes correspondientes “Agua flash 2”, “Premixer Etapa2” calculada posteriormente en base a sus componentes y “Mixer Principal Etapa1” calculada como la resta de la entrada total y el resto de los componentes.

Agua flash 2 = 2,25% * Entrada Etapa 3

Las entradas requeridas junto con las entradas desagregadas calculadas se muestran en la tabla 27.

Año	Salida (kg/mes)	Entrada (kg/mes)	Agua Flash 2 (kg/mes)	Premix Etapa 2 (kg/mes)	Mixer Ppal Etapa 1 (kg/mes)
2022	395.163,1	395.163,1	9.800,0	70.299,5	315.063,5
2023	392.962,3	392.962,3	9.745,5	69.908,0	313.308,8
2024	412.610,4	412.610,4	10.232,7	73.403,4	328.974,3
2025	433.240,9	433.240,9	10.744,4	77.073,6	345.423,0
2026	454.902,9	454.902,9	11.281,6	80.927,2	362.694,1
2027	477.648,1	477.648,1	11.845,7	84.973,6	380.828,8
2028	496.626,0	496.626,0	12.316,3	88.349,8	395.959,9
2029	526.361,8	526.361,8	13.053,8	93.639,8	419.668,3
2030	552.679,9	552.679,9	13.706,5	98.321,8	440.651,7

Tabla 27: Balance de necesidades de la Etapa 2 del Mixer Principal

Etapa 1

La entrada requerida para esta etapa es equivalente a la salida requerida ya que, como se mencionó anteriormente, no hay mermas para contabilizar. La salida requerida es igual al valor calculado “Mixer Principal Etapa1” de las Tablas anteriores.

Desagregamos la entrada de esta etapa en sus componentes correspondientes “agua flash 1”, “SLES 70%”, “Betaína”, “Silicone”, “Agua agregada”, “Agua inicial” y “Premixer etapa1” calculada posteriormente en base a sus componentes.

$$\text{Agua flash 1} = 2,25\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{SLES 70\%} = 11,99\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{Betaína} = 2,86\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{Silicone} = 0,02\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{Agua agregada} = 14,22\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{Agua inicial} = 20,21\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

Las entradas requeridas junto con las entradas desagregadas calculadas se muestran en la tabla 28.

Año	Salida (kg/mes)	Entrada (kg/mes)	Agua Flash 1 (kg/mes)	Premix Etapa 1 (kg/mes)	SLES 70% (kg/mes)	Betaina (kg/mes)	Silicone (kg/mes)	Agua agregada (kg/mes)	Agua inicial (kg/mes)
2022	315.063,5	315.063,5	9.767,0	90.391,7	52.237,5	12.445,0	96,6	60.705,2	1.005,1
2023	313.308,8	313.308,8	9.712,6	89.888,3	51.946,6	12.375,7	96,0	60.367,1	999,5
2024	328.974,3	328.974,3	10.198,2	94.382,7	54.543,9	12.994,5	100,8	63.385,4	1.049,4
2025	345.423,0	345.423,0	10.708,1	99.101,9	57.271,1	13.644,2	105,9	66.554,7	1.101,9
2026	362.694,1	362.694,1	11.243,5	104.056,9	60.134,7	14.326,4	111,2	69.882,5	1.157,0
2027	380.828,8	380.828,8	11.805,7	109.259,8	63.141,4	15.042,7	116,7	73.376,6	1.214,8
2028	395.959,9	395.959,9	12.274,8	113.600,9	65.650,2	15.640,4	121,4	76.292,0	1.263,1
2029	419.668,3	419.668,3	13.009,7	120.402,8	69.581,0	16.576,9	128,6	80.860,0	1.338,7
2030	440.651,7	440.651,7	13.660,2	126.423,0	73.060,0	17.405,7	135,1	84.903,0	1.405,7

Tabla 28: Balance de necesidades de la Etapa 1 del Mixer Principal

3.4.2.7 Balance de necesidades del premixer

En los premixers tampoco existen mermas por las razones explicadas anteriormente. El agua flash que se le agrega permite que no haya pérdidas de producto no utilizado.

El cálculo de las necesidades de cada materia prima se realizó de la misma forma que en el caso del mezclador principal. La entrada y salida requeridas son equivalentes por no haber mermas y se calcularon como la suma de las cantidades de cada componente correspondiente a la etapa.

De esta forma, la salida/entrada de la etapa 1 del premixer es la suma de las cantidades de “agua”, “ácido cítrico”, “EDTA” y “carbomer 980” que se calculan según:

$$\text{Agua} = 20,21\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{Ácido cítrico} = 0,03\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{EDTA} = 0,10\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

$$\text{Carbomer 980} = 0,40\% * \text{Entrada Etapa 3}$$

En segundo lugar, la salida/entrada de la etapa 2 del premixer es la suma de las cantidades de “agua”, “Glycol”, “NaOH”, “Jaguar”, “PEG 45” y “Filtro solar” que se calculan según:

Agua = 11,23% * Entrada Etapa 3

Glycol = 4,54% * Entrada Etapa 3

NaOH = 0,20% * Entrada Etapa 3

Jaguar = 0,10% * Entrada Etapa 3

PEG 45 = 0,05% * Entrada Etapa 3

Filtro solar = 0,02% * Entrada Etapa 3

Para finalizar, la salida/entrada de la etapa 3 del premixer es la suma de las cantidades de “agua”, “Methocel”, “Perfume”, “MT Dioxide”, “Sedal emotive”, “Colorante” y “Conservante” que se calculan según:

Agua = 1,5% * Entrada Etapa 3

Methocel = 0,10% * Entrada Etapa 3

Perfume = 0,50% * Entrada Etapa 3

MT Dioxide = 0,10% * Entrada Etapa 3

Emotive = 0,07% * Entrada Etapa 3

Conservante = 0,06% * Entrada Etapa 3

Colorante = 0,0003% * Entrada Etapa 3

Se muestran en las tablas siguientes (29, 30 y 31) los balances correspondientes.

Año	Salida (kg/mes)	Entrada (kg/mes)	Agua (kg/mes)	Ácido cítrico (kg/mes)	EDTA (kg/mes)	Carbomer 980 (kg/mes)
2022	90.391,7	90.391,7	88.086,7	677,9	587,5	1.175,1
2023	89.888,3	89.888,3	87.596,1	674,2	584,3	1.168,5
2024	94.382,7	94.382,7	91.976,0	707,9	613,5	1.227,0
2025	99.101,9	99.101,9	96.574,8	743,3	644,2	1.288,3
2026	104.056,9	104.056,9	101.403,5	780,4	676,4	1.352,7
2027	109.259,8	2.027,0	1.975,3	15,2	13,2	26,4
2028	113.600,9	113.600,9	110.704,1	852,0	738,4	1.476,8
2029	120.402,8	120.402,8	117.332,6	903,0	782,6	1.565,2
2030	126.423,0	126.423,0	123.199,2	948,2	821,7	1.643,5

Tabla 29: Balance de necesidades del Premix 1

Año	Salida (kg/mes)	Entrada (kg/mes)	Agua (kg/mes)	Glycol (kg/mes)	NaOH (kg/mes)	Jaguar (kg/mes)	PEG 45 (kg/mes)	Filtro Solar (kg/mes)
2022	70.299,5	70.299,5	48.928,5	19.761,2	632,7	421,8	492,1	70,3
2023	69.908,0	69.908,0	48.656,0	19.651,1	629,2	419,4	489,4	69,9
2024	73.403,4	73.403,4	51.088,8	20.633,7	660,6	440,4	513,8	73,4
2025	77.073,6	77.073,6	53.643,2	21.665,4	693,7	462,4	539,5	77,1
2026	80.927,2	80.927,2	56.325,4	22.748,6	728,3	485,6	566,5	80,9
2027	84.973,6	84.973,6	59.141,6	23.886,1	764,8	509,8	594,8	85,0
2028	88.349,8	88.349,8	61.491,4	24.835,1	795,1	530,1	618,4	88,3
2029	93.639,8	93.639,8	65.173,3	26.322,1	842,8	561,8	655,5	93,6
2030	98.321,8	98.321,8	68.431,9	27.638,2	884,9	589,9	688,3	98,3

Tabla 30: Balance de necesidades del Premix 2

Año	Salida (kg/mes)	Entrada (kg/mes)	Agua (kg/mes)	Methocel 40-100 (kg/mes)	Perfume (kg/mes)	Mica (kg/mes)	Emotive (kg/mes)	Conservante (kg/mes)	Colorante (kg/mes)
2022	10.120,2	10.120,2	6.524,5	434,2	2.173,8	434,2	253,0	253,0	47,6
2023	10.063,8	10.063,8	6.488,2	431,7	2.161,7	431,7	251,6	251,6	47,3
2024	10.567,0	10.567,0	6.812,6	453,3	2.269,8	453,3	264,2	264,2	49,7
2025	11.095,4	11.095,4	7.153,2	476,0	2.383,3	476,0	277,4	277,4	52,1
2026	11.650,2	11.650,2	7.510,9	499,8	2.502,5	499,8	291,3	291,3	54,8
2027	12.232,7	12.232,7	7.886,4	524,8	2.627,6	524,8	305,8	305,8	57,5
2028	12.718,7	12.718,7	8.199,7	545,6	2.732,0	545,6	318,0	318,0	59,8
2029	13.480,2	13.480,2	8.690,7	578,3	2.895,6	578,3	337,0	337,0	63,4
2030	14.154,2	14.154,2	9.125,2	607,2	3.040,3	607,2	353,9	353,9	66,5

Tabla 31: Balance de necesidades del Premix 3

Se verificaron que la totalidad de las cantidades finales de materia prima, de producto semielaborado y de producto terminado coincidan entre sí en cada etapa.

3.4.2.8 Desperdicios

Teniendo en cuenta las mermas calculadas en los balances de necesidades, es posible calcular la cantidad de desperdicio en kilogramos/mes. Todos los desperdicios calculados son no recuperables, ya que no es posible que el producto que se adhiere a los tanques y mezcladores pueda volver a ingresar al proceso. Los equipos son lavados con gran cantidad de agua y, en consecuencia, el shampoo que contienen se disuelve.

En el caso de este plan de producción, los desperdicios pueden ser calculados según:

$$Desperdicios = Mermas Envasadora + Mermas Sobrellenado + Mermas Tanque + Mermas Mixer$$

Tomando, por ejemplo, el año 2022, los desperdicios serán:

$$Desperdicios = (41,5 + 2278,6) * 1,03 + 2281,4 + 2900,7 = 7571,8 \text{ kg/mes}$$

Las mermas en envasadora y sobrellenado se calcularon en litros y son afectadas por la densidad del shampoo (1,03 kg/litro) para unificar unidades.

Con el fin de obtener un indicador más relevante de los desperdicios, calculamos el porcentaje de desperdicios con respecto a la cantidad de producto final fabricado según:

$$Porcentaje \ de \ desperdicios \ totales = \frac{Desperdicios}{Pr o \ ducto \ Final} \cdot 100\%$$

$$Porcentaje \ de \ desperdicios \ totales = \frac{(7571,8)}{(414711,9 \cdot 1,03)} \cdot 100\% = 1,77\%$$

Es un porcentaje de desperdicios acorde al nivel esperado (se aproxima un 2% de mermas totales). Estas mermas no exigen trabajo adicional de limpieza ya que son eliminados con el agua del lavado flash automático de los reactores, para luego ser tratado como un efluente.

3.4.2.9 Cantidades Necesarias

Este análisis concluye con la cantidad de materia prima necesaria por mes para todos los años y meses estudiados (tabla 32).

Materia Prima	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Agua (kg/mes)	326.266,45	324.449,37	340.671,84	357.705,43	375.590,70	394.370,23	410.039,33	434.590,71	456.320,25
Acido Citrico (kg/mes)	130,43	129,70	136,19	142,99	150,14	157,65	163,92	173,73	182,42
EDTA (kg/mes)	434,95	432,53	454,16	476,86	500,71	525,74	546,63	579,36	608,33
Carbomer 980 (kg/mes)	1.739,57	1.729,88	1.816,38	1.907,20	2.002,56	2.102,69	2.186,23	2.317,13	2.432,99
SLES 70% (kg/mes)	52.243,86	51.952,90	54.550,54	57.278,07	60.141,98	63.149,07	65.658,11	69.589,43	73.068,91
Betaina (kg/mes)	12.453,67	12.384,31	13.003,53	13.653,71	14.336,39	15.053,21	15.651,30	16.588,44	17.417,86
Silicone (kg/mes)	96,59	96,05	100,86	105,90	111,19	116,75	121,39	128,66	135,09
NaCl (kg/mes)	17.504,50	17.407,01	18.277,36	19.191,23	20.150,79	21.158,33	21.998,99	23.316,20	24.482,01
Glycol (kg/mes)	19.768,12	19.658,03	20.640,93	21.672,97	22.756,62	23.894,45	24.843,83	26.331,37	27.647,94
NaOHI (kg/mes)	869,79	864,94	908,19	953,60	1.001,28	1.051,34	1.093,11	1.158,57	1.216,49
Jaguar (kg/mes)	434,95	432,53	454,16	476,86	500,71	525,74	546,63	579,36	608,33
PEG 45 (kg/mes)	213,09	211,90	222,49	233,62	245,30	257,56	267,80	283,83	298,02
Filtro solar (kg/mes)	86,99	86,51	90,83	95,37	100,14	105,15	109,33	115,87	121,67
Methocel 40-100 (kg/mes)	434,95	432,53	454,16	476,86	500,71	525,74	546,63	579,36	608,33
Perfume (kg/mes)	2.174,53	2.162,41	2.270,54	2.384,06	2.503,26	2.628,43	2.732,86	2.896,49	3.041,32
Mica, T Dioxide (kg/mes)	434,95	432,53	454,16	476,86	500,71	525,74	546,63	579,36	608,33
Sedal Emotive (kg/mes)	290,36	288,74	303,18	318,34	334,25	350,97	364,91	386,76	406,10
Conservante (kg/mes)	260,97	259,52	272,49	286,12	300,42	315,45	327,98	347,62	365,00
Colorante (kg/mes)	1,29	1,28	1,34	1,41	1,48	1,56	1,62	1,72	1,80
Total - Entrada Etapa 3	435.840,02	433.412,68	455.083,31	477.837,48	501.729,35	526.815,82	547.747,24	580.543,97	609.571,17

Tabla 32: Cantidades necesarias de materia prima

3.4.2.10 Horas de lavado

Los tiempos calculados son de 10 minutos por lavado para la envasadora, 90 minutos para el mixer principal y 36 minutos para el premixer. Es obligatorio realizar un lavado de todas las máquinas siempre que se cambie de variedad de shampoo o se termine la operación diaria

Para el año 2022 esto significará realizar dos lavados por día de producción. Tomando los lavados por día laboral y multiplicando por los días laborales por mes conseguimos la cantidad de horas requeridas mensualmente. Teniendo en cuenta, además, las horas de trabajo mensuales, se calculan las horas activas por mes de cada máquina.

Ahora es posible calcular las capacidades mensuales y tener una representación de cómo cambian las ineficiencias por tareas de limpieza en el programa de producción. Los valores se muestran en las tablas del siguiente apartado.

3.4.2.11 Cantidad necesaria y grado de aprovechamiento

Como paso siguiente, se calcula la cantidad de máquinas necesarias para cumplir con el plan de producción según la fórmula detallada debajo donde “roundup” es una función que redondea al entero próximo superior, “programa de producción mensual” es el valor calculado anteriormente y “capacidad real mensual” es el producto entre la capacidad real máquina/operario (en bolsas/hora o kg/hora según corresponda) y las horas disponibles por mes.

$$Cantidad\ necesaria = Roundup \left[\frac{Programa\ de\ producción\ mensual}{Capacidad\ real\ mensual} \right]$$

Finalmente, se calcula el grado de aprovechamiento de las máquinas según la fórmula:

$$Grado\ de\ aprovechamiento = \frac{Programa\ de\ producción\ mensual}{Capacidad\ real\ mensual\ de\ 1\ máquina * Cantidad\ de\ máquinas}$$

Todos los resultados se exponen en la tabla 33.

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Envasadora									
Programa de producción (kg/mes)	430.057,93	427.662,80	449.045,94	471.498,23	495.073,15	519.826,80	540.480,53	572.842,17	601.484,28
Programa de producción (bolsas/mes)	21.502,90	21.383,14	22.452,30	23.574,91	24.753,66	25.991,34	27.024,03	28.642,11	30.074,21
Horas de lavado mensuales	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
Capacidad real envasadora (bolsas/mes)	30.240,00	30.240,00	30.240,00	30.240,00	30.240,00	30.240,00	30.240,00	30.240,00	30.240,00
Cantidad de envasadoras requeridas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Grado de aprovechamiento envasadora %	71,11%	70,71%	74,25%	77,96%	81,86%	85,95%	89,37%	94,72%	99,45%
Mixer Principal									
Programa de producción (kg/mes)	435.840,02	433.412,68	455.083,31	477.837,48	501.729,35	526.815,82	547.747,24	580.543,97	609.571,17
Horas de lavado mensuales	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
Capacidad real (kg/mes)	630.000,00	630.000,00	630.000,00	630.000,00	630.000,00	630.000,00	630.000,00	630.000,00	630.000,00
Cantidad de mixers requeridos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Grado de aprovechamiento %	69,18%	68,80%	72,24%	75,85%	79,64%	83,62%	86,94%	92,15%	96,76%
Premixers									
Programa etapa 1 (kg/mes)	90.391,72	89.888,30	94.382,72	99.101,85	104.056,94	109.259,79	113.600,89	120.402,82	126.422,97
Programa etapa 2 (kg/mes)	70.299,51	69.907,99	73.403,39	77.073,56	80.927,23	84.973,60	88.349,76	93.639,76	98.321,75
Programa etapa 3 (kg/mes)	10.120,21	10.063,84	10.567,03	11.095,39	11.650,16	12.232,66	12.718,69	13.480,23	14.154,24
Programa de producción total (kg/mes)	170.811,44	169.860,13	178.353,14	187.270,79	196.634,33	206.466,05	214.669,35	227.522,82	238.898,96
Horas de lavado mensuales	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
Capacidad real premix sin camisa (kg/mes)	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00
Capacidad real premix con camisa (kg/mes)	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00	126.000,00
Cantidad de premixers requeridos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Grado de aprovechamiento %	67,78%	67,40%	70,78%	74,31%	78,03%	81,93%	85,19%	90,29%	94,80%

Tabla 33: Grados de aprovechamiento del proceso

Derivado del análisis del grado de aprovechamiento de la maquinaria, puede observarse que para poder abastecer la producción se necesitarán una envasadora, un mixer principal y dos mixers auxiliares.

Por otro lado, tal como se puede observar en la tabla 33, a partir del año 2029 los grados de aprovechamiento para la envasadora, mixer y premixer comienzan a superar el 90%, con lo cual se ingresa en una zona de posible riesgo de presentarse un cuello de botella que impida abastecer correctamente la demanda. Se deja constancia de la recomendación de realizar una revisión de la proyección de la demanda a partir del año 2029 para evaluar la necesidad de ampliar la capacidad productiva adquiriendo maquinaria que permita trabajar dentro de un grado de aprovechamiento con mayor holgura, pudiendo absorber picos de demanda o hacer frente a desperfectos y roturas que pudieran llegar a presentarse.

3.4.3 Análisis de lay-out con el nuevo proceso

Luego de haber realizado la elección de maquinaria y el análisis de capacidad correspondiente para cada equipamiento elegido, se decidió ubicar la nueva línea, los mixers y el tanque stock dentro del espacio reservado para el proceso A y B donde, tal como se ha mencionado anteriormente, se contaba con espacio disponible.

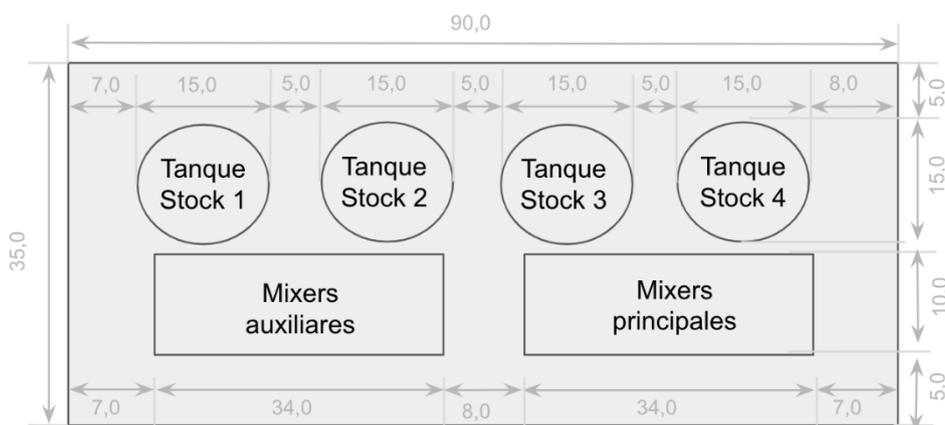


Figura 69: Lay-out final local Procesos A, B y E

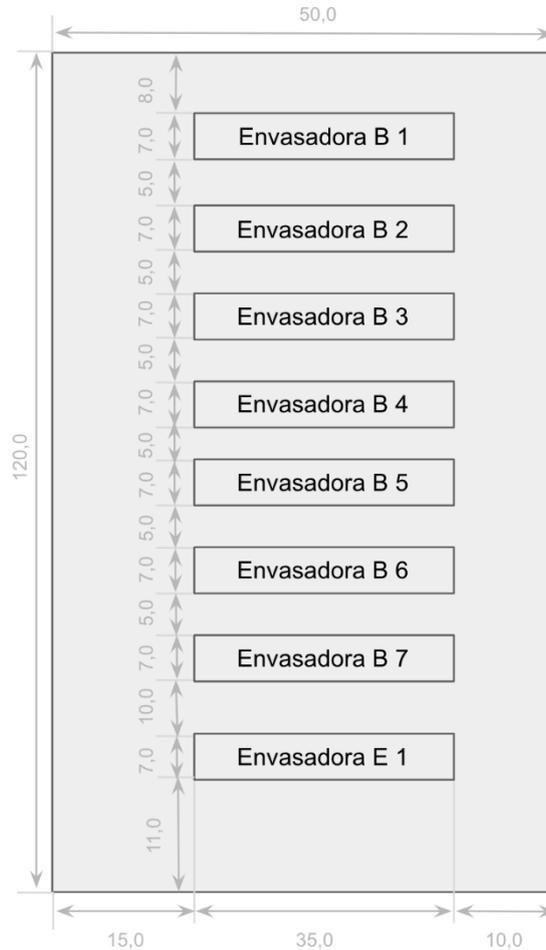


Figura 70: Lay-out final Planta Procesos B y E

En cuanto al flujo de materiales en planta, con el agregado del proceso E no se registran modificaciones significativas respecto del fujo planteado anteriormente.

3.5 Conclusiones y Observaciones

A partir de este escrito quedó demostrada la complejidad del proyecto de traslado y reubicación de una planta industrial y de sus operaciones. Se advierte que este tema abarca diferentes actividades que deben ser tenidas en cuenta para alcanzar el objetivo de:

1. Mantener el correcto abastecimiento al mercado durante la duración del proyecto
2. Trasladar el centro productivo y sus operaciones de forma efectiva

Luego se explicó la planificación de todos los aspectos relevantes para la relocalización del centro productivo. Se buscó hacer foco en aquellos puntos críticos, como la

planificación de la puesta en marcha de las líneas productivas o el impacto en los indicadores económico-financieros de la compañía. En este aspecto no se planteó una solución como absoluta y aplicable en todo contexto. Lo que se busca a través del modelo presentado en este escrito es evidenciar la complejidad del tema, y que en base a las condiciones del contexto en el cuál éste se desarrolle, pueda alcanzarse la mejor solución para ese marco particular.

Adicionalmente, se introdujo el concepto de tablero de comando para ser utilizado como herramienta de gestión a lo largo del proyecto. Esta metodología es fundamental para monitorear el desempeño de los objetivos propuestos inicialmente y evitar desvíos de los mismos. Al implementar el tablero de comando se obtiene mayor control sobre los resultados, así como una guía de acciones a realizar para alcanzarlos.

Cabe remarcar que el modelo es válido en el marco definido por las características de la industria a la cual pertenece la fábrica a trasladar. A lo largo del escrito se enunciaron los supuestos bajo los cuales este modelo es aplicable, como la posibilidad de proyectar la demanda o de poder descomponer los productos terminados en todos sus materiales.

Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación y lo expuesto anteriormente, se decide avanzar con la implementación del proyecto cerrando la fábrica actual en Costa Rica y moviendo la producción a El Salvador con una inversión total de 22,3M€, un VAN de 11,9M €, una TIR del 23% y un tiempo de repago de 3,3 años.

Por último, se analizó la oportunidad de internalización de las 4,7k toneladas anuales del producto E que actualmente se importan desde México y se realizó una selección de equipos y el correspondiente balance de línea para su correcta fabricación. De esta forma, se puede garantizar el abastecimiento completo de la región de Centro América.

3.6 Bibliografía

- Zandin & Maynard. 2001. Maynard's Industrial Engineering Handbook. 2566 páginas. Editorial Mc Graw-Hill.
- Ballou, R. 2004. Administración de la cadena de suministro. 816 páginas. Editorial Pearson. ISBN 970-26-0540-7.
- Kaplan & Norton, 1996. The balanced scorecard: translating strategy into action. 329 páginas. ISBN: 0-87584-651-3.
- Kaplan y Norton, 2001. Using the balanced scorecard as a Strategic Management System. 14 páginas.
- Winston, W. 2004. Investigación de operaciones. 1424 páginas. Editorial Thomson. ISBN: 970-686-362-1.
- Chase, R y otros. 2005. Administración de la producción y operaciones. 848 páginas. Editorial Mc Graw-Hill. ISBN: 970104468-1.
- [Comparativa de salarios en la región de América Latina](#)
- [Mercado Común Centroamericano](#)
- [Proyección de la inflación en El Salvador](#)
- [Catálogo Atlas Copco](#)
- [Mixer Principal - Feldmeier EPC](#)
- [Mixer Principal - Yeekey MC2000](#)
- [Mixer Auxiliar - Muller 600-8864](#)
- [Mixer Auxiliar - Shree Bhagwat VFD](#)
- [Mixer Auxiliar - Feldmeier Rapid Mixer](#)
- [Mixer Auxiliar - LIENM SJ01](#)
- [Tanque Stock - Feldmeier CVC](#)
- [Tanque Stock - Mix Direct S4T4C0600](#)

- [Envasadora - Technibag WS Top 540](#)
- [Envasadora - SFBT BIB220](#)