



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Resolución de proyecto de ingeniería a través de la  
metodología de manufactura de clase mundial que se  
aplica en una planta de jabones**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Industrial**

**P R E S E N T A**

Jaime Eduardo León Lemus

**DIRECTORA DE TESIS**

Dra. Susana Casy Téllez Ballesteros



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022**

# Contenido

Introducción, problemática, objetivos, justificación y resumen .....	6
I.    Introducción.....	6
II.   Problemática .....	8
III.  Objetivo .....	8
IV.  Justificación .....	9
V.   Resumen .....	10
1. Primer Capítulo- Manufactura de clase mundial.....	13
1.1 Introducción a la manufactura de clase mundial .....	13
1.2 Descripción de pilares .....	17
1.3 Estado del arte de la Manufactura de Clase Mundial (WCM) .....	22
1.4 Modelos de WCM .....	24
2. Segundo Capítulo - Pilar de la gestión temprana de equipos .....	26
2.1 Introducción a la gestión temprana de equipos .....	26
2.2 Principios de la gestión temprana de equipos.....	29
3. Tercer Capítulo - Producción de jabones .....	33
3.1 Manufactura del jabón .....	33
3.2 Procesamiento de aceites y grasas .....	34
3.6 Saponificación de proceso continuo.....	35
3.7 Enfriamiento y secado del jabón .....	35

3.8 Refinamiento .....	37
4. Cuarto Capítulo – Caso de estudio .....	38
4.1 Base de la resolución del proyecto .....	38
4.2 Descripción del caso de estudio.....	39
<b>Paso 1 EEM - Planificación conceptual .....</b>	<b>40</b>
Paso 1.1 - Propuesta básica del proyecto.....	40
I. Objetivo específico .....	40
II. Antecedentes.....	41
III. Propuesta .....	42
IV. Limitaciones del proyecto .....	43
V. Suposiciones .....	44
VI. Riesgos .....	44
VII. Consideraciones.....	45
VIII. Detalle de instalación de la propuesta .....	46
IX. Administración del proyecto .....	52
Paso 1.2 - Equipo y gobernanza .....	53
Paso 1.3 - Revisión del diseño del Paso 1 .....	53
Paso 1.4 - Comprensión del entorno y la situación del proyecto .....	55
Paso 1-5 - Indicadores clave de desempeño (KPI's) .....	55
<b>Paso 2 EEM – Diseño básico.....</b>	<b>56</b>

Paso 2.1 - Elementos de diseño funcional .....	56
Paso 2.2 - Revisión de KPI's y definición de objetivos detallados .....	57
Paso 2.3 - Análisis de efectos y modos de falla .....	59
Paso 2.4 - Costo del ciclo de vida.....	59
Paso 2.5 - Evaluación de proveedores .....	60
Paso 2.6 - Presupuesto .....	60
Paso 2.7 - Revisión de diseño 2.....	60
<b>Paso 3 EEM – Detalle del diseño .....</b>	<b>61</b>
Paso 3.1 - Diseño detallado siguiendo los elementos de diseño funcional.....	62
Paso 3.2 - Requisitos legales, de seguridad y calidad .....	63
3.3 - Simulación.....	65
3.4 – Gantt de trabajo .....	71
3.5 - Revisión de diseño 3 .....	73
<b>Paso 4 EEM – Manufactura .....</b>	<b>73</b>
Paso 4.1 - Licitaciones, comparación de costos y selección de proveedores .....	74
Paso 4.2 – Control de gastos.....	76
Paso 4.3 – Preconstrucción.....	77
Paso 4.3.1 - Instalación de tanque provisional .....	80
Paso 4.3.2 - Desmantelamiento de tanque existente.....	85
<b>Paso 5 EEM – Instalación .....</b>	<b>87</b>

Paso 5.1 - Instalación del nuevo tanque .....	88
Paso 5.2 - Programación.....	94
Paso 5.3 - Reubicación de bomba.....	94
<b>Paso 6 EEM -Arranque</b> .....	96
Paso 6.1 - Arranque con pruebas .....	96
<b>Paso 7 EEM – Flujo inicial</b> .....	99
Paso 7.1 - Validación de KPI's.....	99
Paso 7.2 - Validación de operación y entrega a mantenimiento.....	105
5. Quinto Capítulo - Conclusiones .....	107
Bibliografía.....	109

# Introducción, problemática, objetivos, justificación y resumen

## I. Introducción

La búsqueda de la excelencia en la fabricación, así como la mejora continua aplicada a todos los aspectos del funcionamiento de las empresas manufactureras japonesas fue lo que hoy en día ha contribuido en gran parte a mejorar los procesos en diversas empresas de esta índole, por tanto, esta formación única de organización permitió alcanzar el estatus de fabricantes de clase mundial.

Las empresas consideradas de clase mundial se han apegado a una metodología denominada WCM por sus siglas en inglés “*World Class Manufacturing*”. La implementación de esta metodología ha sido un reto para las empresas debido a que se requiere de arduo compromiso de los empleados, así como disciplina para mantener y aplicar las herramientas que propone una manufactura de clase mundial.

A pesar de que la metodología WCM no es nueva, en los últimos años algunas empresas de alto renombre de la industria manufacturera han implementado los principios de la metodología para lograr la categoría de clase mundial. La “*World Class Manufacturing association*” se encarga de evaluar el nivel de excelencia a través de los premios WCM, el objetivo de la asociación es fomentar el desarrollo y aplicación de las mejores prácticas productivas, contribuyendo a un sistema productivo más competitivo en beneficio de las empresas asociadas, sus plantas y sus clientes finales.

Uno de los pilares de la metodología es la gestión temprana de equipos o *early equipment management* (EEM), la cual se encarga de la puesta en marcha de equipos nuevos e instalaciones, asegurar curvas de arranque vertical, así como proponer diseños de fácil

mantenimiento y para esto, es fundamental que el pilar esté conformado por un grupo multidisciplinario el cual aportará desde sus áreas de conocimiento a los proyectos que requieran este tipo de necesidades.

El Profesor Hajime Yamashina, miembro fundador junto con compañías occidentales de la WCM Association, es hoy día reconocido internacionalmente como líder experto en World Class Manufacturing, y actúa como asesor de un importante número de grandes industrias manufactureras entre las cuales destacan empresas como grupo Fiat, Unilever, Gamesa, Danone Tetrapak, entre otras. A pesar de que son muchas las empresas que aplican esta metodología, la literatura existente es muy escasa dado que las empresas que la aplican cuentan con políticas de confidencialidad para evitar que otras empresas competentes del mercado copien sus prácticas de excelencia.

Este trabajo pretende mostrar la resolución de un caso de estudio tomando como base algunas herramientas y conceptos del pilar de la gestión temprana de equipos, dicho caso expone un proyecto de ingeniería del cuál fui partícipe como líder del proyecto.

La información presentada no comprarte detalles que comprometan la confidencialidad de la manufactura de la planta, para ello se dará un contexto de literatura pública del proceso aplicado y se citarán en el caso de estudio.

## II. Problemática

Una de las materias primas usadas en la fase de mezclado para la fabricación de jabones es el ácido graso de coco ó *coconut fat acid* (CnFA) por sus siglas en inglés, como un ingrediente plastificante para ayudar en la procesabilidad de masa en línea y en el rendimiento del producto (principalmente minimizando el atributo de agrietamiento). En los últimos años este ácido ha presentado un incremento de costo, provocado impactos en los costos por tonelada del jabón para la fábrica. Así mismo, el equipo de búsqueda y mejora de la empresa determinó que es posible utilizar ácido cítrico en menor cantidad de lo que actualmente se consume de CnFa para generar la misma cantidad de ácido graso libre que se requiere para conseguir los mismos atributos, sin embargo, esta implementación requiere modificaciones al sistema de formulación, adición, transferencia y dosificación del sistema actual para poder lograr el cambio.

## III. Objetivo

Realizar las modificaciones necesarias para el reemplazo de ácido graso de coco por ácido cítrico utilizando como base metodológica los pasos a seguir del pilar de la gestión temprana de equipos para la resolución de un proyecto según el modelo WCM del profesor Hajime Yamashina que es aplicado en planta del caso de estudio.

## IV. Justificación

El proyecto en cuestión logrará a través del reemplazo de ácido, reducir los costos por tonelada del jabón en un 0.7%, esto representa un ahorro total de **€251,8k/año** para la empresa en la categoría de cuidado de la piel, así mismo, otro punto importante de mencionar es que la dosis requerida de ácido cítrico es menor para generar el mismo nivel de ácido graso libre, que como se comentó anteriormente, es vital para la procesabilidad del jabón.

El aporte a la sociedad de este trabajo es que a través la ilustración de la resolución del proyecto nos ayuda a entender de mejor forma que las empresas siempre buscan implementar mejoras continuas a los procesos de manufactura para reducir los costos y seguir siendo competitivos, también nos ayudará a entender cómo es que se aplican los pasos del pilar de la gestión temprana de equipos a un proyecto en una empresa que implementa WCM en sus procesos de manufactura ya que la literatura pública no extiende sus conocimientos al nivel de detalle para su aplicación .

La resolución del proyecto a través de los pasos del pilar de la gestión temprana de equipos se debe a que su estructura está diseñada para implementar de forma ordenada paso a paso un proyecto desde su concepción hasta su comisionamiento.

## V. Resumen

### Primer Capítulo- Introducción a la manufactura de clase mundial

En este primer capítulo se presenta una introducción de la manufactura de clase mundial desde su definición, estructura, evolución con el paso del tiempo y modelo más conocidos.

### Segundo Capítulo- Pilar de la gestión temprana de equipos

En este capítulo se presenta la descripción de la gestión temprana de equipos que es uno de los diez pilares técnicos que conforman la estructura de WCM, dicho pilar se enfoca en identificar, evaluar y aplicar mejoras a nivel de operación, mantenimiento, costo de adquisición, confiabilidad, seguridad y ergonomía en equipos nuevos para la fábrica.

### Tercer Capítulo – Producción de Jabones

A fin de tener un mejor contexto del caso de estudio, en este capítulo se da una explicación muy general del proceso de manufactura de los jabones, la totalidad del capítulo se recupera a partir de la información más relevante obtenida de la guía “soap production” publicada por el centro para el desarrollo de la industria en Bruselas en el año 1995.

### Cuarto Capítulo – Caso de estudio

En este capítulo se presenta la resolución del proyecto tomando como base los pasos del pilar de EEM.

### **Paso 1 – Planificación conceptual**

Se presenta el objetivo específico, antecedentes, suposiciones, riesgos, propuesta, consideraciones, detalle de propuesta, revisión de diseño, equipo y gobernanza, comprensión de entorno y KPI's del proyecto.

### **Paso 2 – Diseño básico**

Se analizan y detallan objetivos para los indicadores de producción, operación e instalación, se realiza un análisis de efectos y modos de falla, evaluación de proveedores, presupuesto y una revisión de diseño.

### **Paso 3 – Diseño detallado**

A nivel componente se detallan los elementos de diseño funcional, así mismo, se analiza si existen requisitos específicos legales, de seguridad o calidad. Se muestran modelos 3D que ilustraran lo cambios a efectuar en el área para contemplar áreas de oportunidad. También se presenta el plan de trabajo y nuevamente una revisión de diseño.

### **Paso 4 – Manufactura**

En este paso se muestran los resultados de licitaciones para selección de proveedor, así como la distribución de gastos por concepto del proyecto. También se muestra la preparación del área del área del proyecto con algunos trabajos previos.

### **Paso 5 - Instalación**

En este paso se muestra la fase de instalación del proyecto por la parte mecánica, eléctrica y programación.

## **Paso 6 - Pruebas**

En este paso se detalla el arranque que consiste en pruebas para asegurar el correcto funcionamiento previo a la operación.

## **Paso 7 – Seguimiento inicial**

En ese paso se analizan las eficiencias de las líneas entre otros factores para validar los KPI's planteados en los primeros pasos

## **Quinto Capítulo – Conclusiones**

En este capítulo se resalta la importancia de este proyecto al presentar un ahorro en costo por tonelada de jabón que produce la fábrica utilizando la menor cantidad recursos al reutilizar un 80% de la infraestructura con la que contaba la planta. Así mismo se demuestra el cumplimiento de los indicadores de éxito que se fundamentaron en el proyecto.

Se habla también de la importancia que tienen este tipo de proyectos para las empresas para continuar siendo competitivos en mercado que todo el tiempo tiene competencia.

# 1. Primer Capítulo- Manufactura de clase mundial

## 1.1 Introducción a la manufactura de clase mundial

La manufactura de clase mundial o WCM por sus siglas en inglés “*World Class Manufacturing*” se define como un conjunto de políticas, procedimientos y principios, que se utilizan para la correcta gestión y operación de empresas manufactureras. Este principio se ha logrado con los resultados de la producción japonesa, que fue restaurada después de la segunda guerra mundial. Contiene ideas para mejorar las ventajas competitivas que son útiles también en la ingeniería y la industria automotriz. Por lo general está especializada en grandes empresas internacionales que se centran en negocios de alto nivel, productividad y programas sociales. (Novická, Papcun, & Zolotová, 2016)

El modelo actual de la manufactura de clase mundial es una evolución del sistema japonés TPM (*Total Productive Maintenance*), aunque su despliegue también integra otros sistemas o métodos japoneses como TQM (*Total Quality Management*), JIT (*Just In Time*) y TIE (*Total Industrial Engineering*), dichos sistemas y metodologías permitieron elaborar los principios comunes de lo que conocemos hoy en día como “WCM”, que incluyen: dedicación a la calidad, participación de los empleados, medición, mejora continua, logrando crecimiento en la línea superior. (Dudek, 2016)

El siguiente modelo de WCM ha sido realizado por el Prof. Hajime Yamashina en el 2005 en el Grupo Fiat Automóviles:

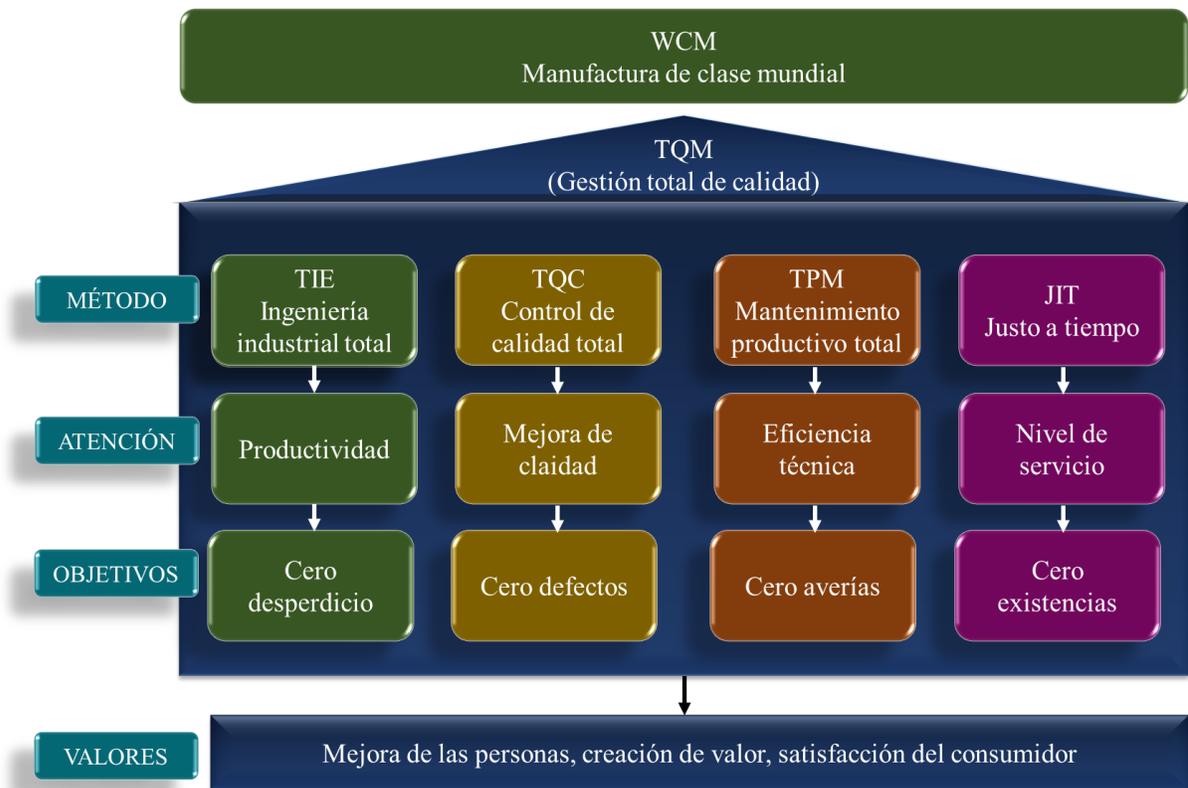


Ilustración 1 Modelo WCM de profesor Hajime Yamashina. (Felice, Petrillo, & Monfreda, 2013)

WCM es fundamentalmente la evolución de TPM. (Morales, 2012). Según el JIPM (Japan institute of plant maintenance), TPM es un método de gestión de la producción el cual ha sido desarrollado en Japón en las últimas décadas. Aunque se centra fundamentalmente en la producción, todas las áreas operativas de la compañía intervienen y son tenidas en cuenta. TPM crea una cultura corporativa la cual constantemente se esfuerza en eliminar las pérdidas a través de la superposición de un pequeño grupo de actividades en el puesto de trabajo.

Otro sistema de organización industrial también conocido es el TPS (*Toyota Production System*), que de igual modo está basado en las mismas técnicas o métodos organizativos, productivos, de gestión (TQM, TPM y JIT), los principios de mejora continua, participación

de los trabajadores y liderazgo. Sin embargo, existen una serie de diferencias a resaltar entre TPS y WCM:

- a) TPS se centra en la eficiencia de la planta y con ello, en los recursos. Tiene como objetivo conseguir consumir lo menos posible produciendo lo necesario en cada momento, una parte importante de su cultura está cimentada en el ahorro.
- b) WCM y la cultura capitalista de occidente se centra tanto en la efectividad de la fabricación del producto como en aprovechar dicha efectividad como ventaja competitiva y ayudar a posicionarse siendo líder en el mercado. Para ello, tiene en cuenta 6 tipos de pérdidas: pérdidas por averías, por tiempo de cambio, por pequeñas paradas, por reducciones de velocidad, tiempos de arranque/parada y por calidad. Además de las pérdidas emplea un sistema de reconocimientos sobre el grado de excelencia alcanzado.

Por tanto, TPS se centra en optimizar los recursos de producción para alcanzar la máxima productividad, mientras WCM lleva intrínseco el alcanzar o mantener el liderazgo mundial de la compañía. WCM está posicionándose en occidente gracias en gran medida a la creación del sistema de reconocimientos al progreso de las organizaciones en materia de productividad de la *WCM Association*. (Morales, 2012)

El Profesor Hajime Yamashina, miembro fundador junto con compañías occidentales, de la *WCM Association* y es hoy día reconocido internacionalmente como líder experto en *World Class Manufacturing*, y actúa como asesor de un importante número de grandes industrias. Su amplia experiencia trabajando con compañías Japonesas y Occidentales hace

que tenga un conocimiento y percepción que le permite importar a las compañías occidentales las mejores prácticas y técnicas japonesas con éxito. De hecho, la denominación WCM la propone Yamashina puesto que TPM ya no se trata solo de mantenimiento, sino que se enfoca a la excelencia de la gestión global de la compañía y de ahí que asocie el modelo a esta denominación. (Morales, 2012)

*Fiat Group Automobiles* ha personalizado el enfoque WCM a sus necesidades con el Prof. Hajime Yamashina de la Universidad de Kioto (también es miembro de la Real Academia Sueca y en particular es Miembro RSA de Ciencias de la Ingeniería), rediseñando e implementando el modelo a través de dos líneas de acción: **10 pilares técnicos; 10 pilares gerenciales** (ilustración 2).

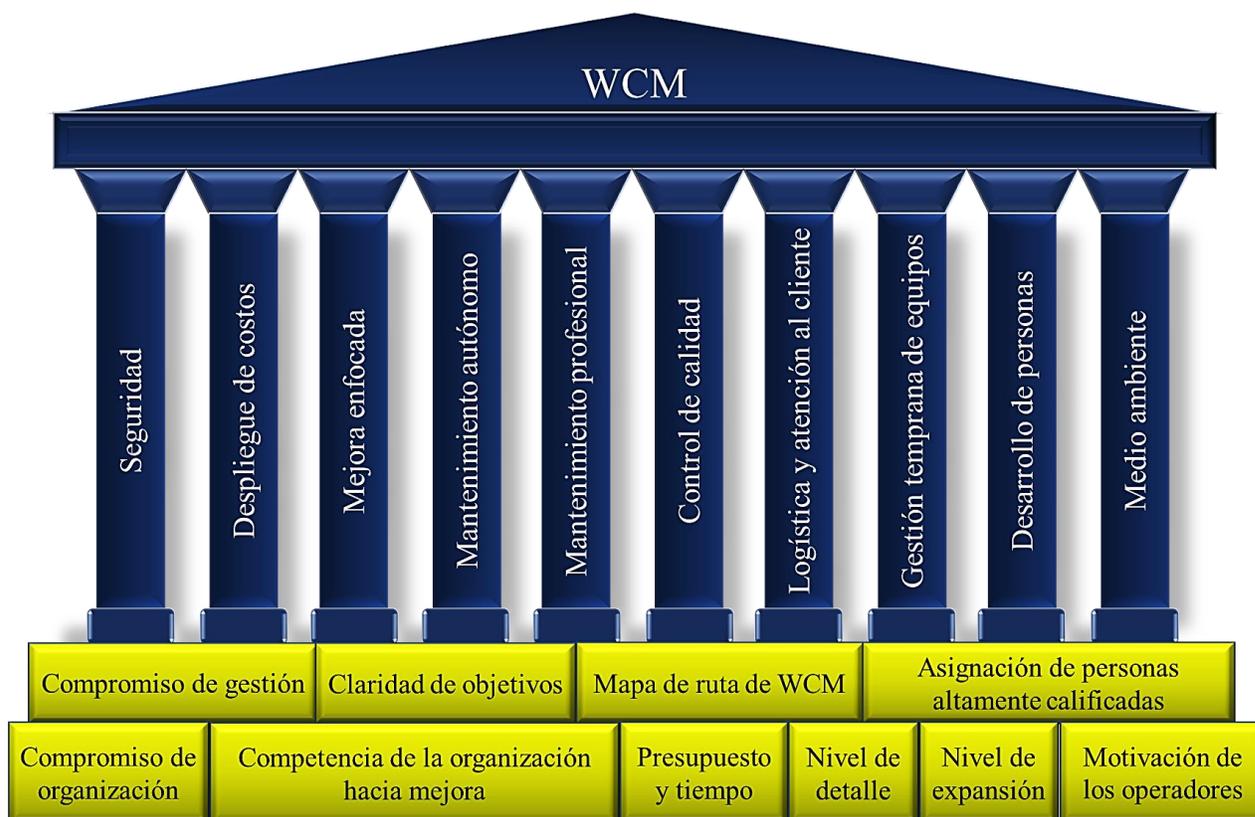


Ilustración 2 Pilares técnicos y administrativos de WCM. Fuente propia

## 1.2 Descripción de pilares

A continuación, se describirán de forma breve las funciones y objetivos de cada pilar técnico.

(Felice, Petrillo, & Monfreda, 2013)

### 1.- Seguridad (Safety)

Funciones del pilar

- Transmitir el liderazgo de seguridad en todos los niveles, este debe ser visible y apreciado por los empleados.
- Asegurarse de que los cuestionarios muestren una mejora continua y altos niveles de satisfacción de los empleados con respecto a su salud y seguridad.
- Difundir programas de mejoras de seguridad.

Objetivos del pilar

- Eliminar actos inseguros que pueden ser la causa de los accidentes y garantizar la seguridad en el trabajo.
- Cero accidentes.
- Asumir la responsabilidad de la mejora continua del lugar de trabajo.

### 2.- Despliegue de costos (CD- Cost Deployment)

Funciones del pilar

- Desarrollar un programa sistemático de reducción de costos para identificar y eliminar continuamente los desperdicios y pérdidas en la Organización.
- Generar estrategias de fábrica líder.

Objetivos del pilar

- Desarrollar herramientas sistemáticas para identificar desperdicios y pérdidas, su ubicación y causas.

- Determinar el valor total de los desperdicios y pérdidas y priorizar en función del costo, para guiar las actividades de los otros pilares.
- Garantizar el uso efectivo de los recursos mediante la clasificación y el seguimiento de los planes de mejora a través de la relación costo-beneficio.

### 3.- Mejora enfocada (FI - Focused Improvement)

#### Funciones del pilar

- Aumentar continuamente el conocimiento interno para reducir o eliminar todos los posibles desperdicios y pérdidas.
- Sincronización completa entre ventas y producción (menor tiempo de entrega).
- Búsqueda continua de oportunidades para mejorar la calidad, el costo y la entrega utilizando métodos y herramientas cada vez más sofisticados.

#### Objetivos del pilar

- Centrarse en mejoras específicas y eliminar las pérdidas más importantes.
- Eliminar los factores, que reducen la eficiencia del proceso de producción.

### 4.- Mantenimiento autónomo (AM - Autonomous Maintenance)

#### Funciones del pilar

- Generar programas de mantenimiento para no tener averías ni defectos debido a la falta de condiciones básicas.
- Fomentar que los operadores cuiden su equipo de forma autónoma y que sean responsables de la producción diaria, con la ayuda de personal profesional de mantenimiento y control de calidad.
- Involucrar a operadores en la solución de problemas.

#### Objetivos del pilar

- Mejorar el entorno de trabajo.

- Mejorar la productividad.
- Aliviar el desarrollo de actividades.

## 5.- Mantenimiento profesional (PM - Professional Maintenance)

### Funciones del pilar

- Llevar los equipos a su estado ideal a través de la restauración y manejo adecuado.
- Evitar el deterioro del equipo mediante el correcto funcionamiento y las comprobaciones diarias.
- Establecer las condiciones básicas necesarias para mantener el equipo en buen estado.

### Objetivos del pilar

- Reducir la frecuencia de fallas y aumentar productividad de la máquina.
- Mantener las máquinas en las mejores condiciones.
- Estandarización de repuestos.

## 6.- Control de calidad ( Quality )

### Funciones del pilar

- Proporcionar productos de calidad y controlar la calidad.
- Satisfacer los requisitos de los clientes.
- Control de rastreabilidad total.

### Objetivos del pilar

- Cero materias extrañas.
- Cero quejas del consumidor.
- Condiciones bien establecidas para cero defectos.

## 7.- Logística y atención al cliente (L&CS - Logistic & Customer Service)

### Funciones del pilar

- Reducir el inventario y mejorar la satisfacción del cliente.
- Minimizar el tiempo de entrega.
- Reducir el movimiento de los operadores de las líneas de producción.

### Objetivos del pilar

- Disponibilidad = 100%
- Índice de servicio al cliente > 99.9%
- Pedidos perdidos = 0
- Precisión de registro de inventario > 99%

## 8.- Gestión temprana de equipos (EEM - Early Equipment Management)

### Funciones del pilar

- Conseguir tiempos de entrega más cortos y reducir costos de funcionamiento.
- Facilitar la operación y mantenimiento.
- Asegurar la calidad de los equipos.

### Objetivos del pilar

- Reducir costos de los equipos.
- Conceptualizar y diseñar.
- Facilitar la inspección.

## 9.- Desarrollo de personas (PD - People Development)

### Funciones del pilar

- Educar y capacitar para crear recursos humanos competentes en todos los niveles, de modo que la empresa pueda desarrollarse continuamente en una clase mundial.
- Generar roles refinados y optimizados, conocimientos y habilidades excepcionales.
- Informar y capacitar en la recolección y canalización de procesos de pensamiento creativo.

### Objetivos del pilar

- Motivar y desarrollar recursos humanos.
- Resolver problemas de fallas humanas.
- Evaluar de forma continua para garantizar la prosperidad de la empresa y de uno mismo.

### 10.- Medio ambiente (Environment)

#### Funciones del pilar

- Analizar las pérdidas relacionadas con los recursos que utiliza la planta.
- Hacer más eficiente el uso de los recursos naturales y materiales.
- Ubicar potenciales impactos generados por la planta, así como impactos para la planta.

### Objetivos del pilar

- Cero riesgos ambientales.
- Reducir el consumo de agua y energía.
- Disminuir el desperdicio y la emisión.

La definición propuesta por Yamashina incluye una empresa manufacturera que sobresale en investigación, ingeniería de producción, capacidad de mejora y detallado conocimiento e integra esos componentes en un sistema combinado. De hecho, según Hajime Yamashina lo más importante sigue siendo la capacidad de cambiar y de forma rápida. WCM se desarrolla en 7 pasos para cada pilar y los pasos se identifican en tres fases: reactivo, preventivo y proactivo (ilustración 3).



*Ilustración 3 Fases de pilares WCM. Fuente: Propia*

En la imagen anterior se muestran los pasos y las fases, pero esta correlación podría cambiar para cada pilar técnico diferente; de hecho, cada pilar podría tener una relación diferente con estas fases. El enfoque de WCM necesita comenzar desde un "área de modelo" y luego extenderse a toda la empresa.

WCM se basa en un sistema de auditorías que dan una puntuación que permite llegar al nivel más alto. El nivel más alto está representado por "el nivel de clase mundial". (Felice, Petrillo, & Monfreda, 2013)

### 1.3 Estado del arte de la Manufactura de Clase Mundial (WCM)

El término World Class Manufacturing (WCM) fue utilizado por primera vez por Hayes y Wheelwright (1984) en su trabajo "Restoring our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing". Este se puede decir que fue el primer trabajo dedicado a WCM. Posteriormente se encuentran los trabajos de Gunn (1988), Giffi *et al.* (1990), Schonberger (1982), Schonberger (1996), y Kinni (1996). (Morales, 2012)

Hayes y Wheelwright (1984) estudiaron la pérdida de competitividad de determinados sectores industriales americanos frente a empresas de gran éxito alemanas y japonesas, dicho estudio se realizó a finales de la década de los 70 y principios de los 80. De este estudio surge un conjunto de prácticas que modifican la operación de las empresas americanas a manera de alcanzar el liderazgo a nivel mundial.

Por otra parte, Gunn (1988) comentaba en su trabajo “Manufacturing for Competitive Advantage: Becoming a World Class Manufacturer” que la empresa WCM ha de tener como pilares de apoyo: Calidad Total (TQC), Just-in-time (JIT) y fabricación integrada por ordenador (CIM). Aunque este modelo está basado principalmente en TPM, también considera en un alto grado los sistemas TQM y JIT, actualmente estas herramientas forman parte de fundamental de WCM.

Giffi *et al.* (1990) en su trabajo, “Competing in World Class Manufacturing: America’s 21<sup>st</sup> Century Challenge” identifican 16 atributos que ha de tener una compañía para ser líder a nivel mundial. En realidad, aunque Giffi los denomine atributos el concepto es el mismo que los principios de Schonberger o las perspectivas de Hayes y Wheelwright.

Posteriormente, Schonberger (1982) tras visitar y observar las empresas japonesas a finales de los ’70 y principios de los ’80 tras el declive del mercado norteamericano y el auge de la industria nipona, escribió en 1982 “*Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*”. Concluye que la excelencia japonesa no está obligatoriamente ligada a su cultura, sino a un conjunto de conceptos, principios, políticas y técnicas de gestión, demostrando que estos métodos aplicados a plantas estadounidenses también daban resultados eficaces.

Schonberger (1996) sintetizó los trabajos que previamente comenzó en 1982 y acuña el término *World Class Manufacturing*, pasando a tener un reconocimiento internacional,

tanto en el mundo de la investigación como entre las empresas. El autor relata historias de éxito, incluyendo los errores cometidos en el camino, de casi 100 corporaciones de reconocimiento internacional, incluyendo *Hewlett-Packard*, *Harley-Davidson*, *General Motors*, *Honeywell* y *Uniroyal* entre otras, que han adoptado parte de ese conjunto de principios como: “*just-in-time*” y “calidad total”.

Kinni (1996) en su publicación “*America's best: industry week's guide to world-class manufacturing plants*”, define las características de la fabricación a nivel mundial en base a su estrategia y competencia. La estrategia de la compañía ha de estar basada en: orientación al cliente, calidad, agilidad.

## 1.4 Modelos de WCM

Los modelos WCM más conocidos (Dudek, 2016) son:

**1.- Modelo de Schonberger (1986).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas escritas en forma de reglas. El estado WCM se puede lograr mediante cualquiera de las dos rutas paralelas: la ruta de calidad y la ruta de producción JIT (Justo a tiempo). De ahí la presencia de conceptos, tales como: TQC (Control total de calidad), JIT, TPM (Mantenimiento productivo total).

**2.- Modelo de Hall (1987).** Se basa en tres pilares: TQC, fabricación JIT y TPI (Involucramiento total de las personas), en la práctica se conoce a menudo como el modelo de fabricación de valor agregado.

**3.- Modelo de Gunn (1987).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas agrupadas en tres pilares: CIM (Fabricación integrada por ordenador), TQC, producción JIT.

**4.- Modelo de Maskell (1991).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas agrupadas en cuatro pilares: TQC, JIT, WM (Gestión de la fuerza de trabajo), FP (Producción flexible).

**5.-Modelo de Sharma y Kodali (2008).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas agrupadas en cuatro pilares: TQM, LM (Manufactura esbelta), TPM, JIT, llamado también el modelo ME/WCM (ME - Excelencia en fabricación).

**6. Nachiappan et al. modelos (2009).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas agrupadas en tres pilares: TPM, 6S (Six Sigma), LM.

**7. Gandhi et al. los modelos (2011).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas agrupadas en cuatro pilares: LM, FCIM (Fabricación integrada por ordenador flexible), AM (Fabricación ágil), I&RD (Innovación, investigación y desarrollo).

**8. Okhovat et. todos los modelos (2012).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas agrupadas en dos pilares: L6S (Lean Six Sigma), TPM.

**9. Dudek (2013).** Se basa en el conjunto de buenas prácticas agrupadas en tres pilares verticales: TPM, L6S, AM y dos pilares horizontales: TFM (Gestión total de flujos) y TSM (Gestión total de servicios).

## 2. Segundo Capítulo - Pilar de la gestión temprana de equipos

Este capítulo pretende definir y conocer más acerca del pilar de la gestión temprana de equipos ya que su concepción metodológica se usará como base para resolver el caso de estudio. Recordemos que se aplicarán los pasos de este pilar debido a que su estructura está enfocada en definir los pasos a seguir para poder guiar un proyecto desde su conceptualización y desarrollo hasta su comisionamiento.

### 2.1 Introducción a la gestión temprana de equipos

En la era de la competencia de la producción ágil, las empresas que se quedan atrás pueden perder fácilmente la ventaja frente a los competidores deciden actuar en el momento. Hoy en día, la manufactura de clase mundial se ha vuelto una herramienta funcional para las empresas las cuales deben abordar el desarrollo de productos, el aseguramiento de la calidad, la confiabilidad, la economía, la disponibilidad y la mantenibilidad. Todo esto converge en una cuestión fundamental; ¿Qué tipo de equipo cumplirá mejor las necesidades futuras?

La gestión de equipos es el conjunto de actividades que previene defectos de calidad, averías, elimina la necesidad de ajustes de equipos y hace que el trabajo sea más fácil y seguro para los operadores de equipos. Cuando se instala un equipo nuevo, los problemas a menudo surgen durante las primeras etapas de prueba de funcionamiento, puesta en servicio y puesta en marcha, aunque el diseño, la fabricación y la instalación parecen desarrollarse sin problemas; durante ese período, el personal de producción, mantenimiento e ingeniería trabajan arduamente para eliminar errores de las nuevas instalaciones. A menudo deben realizar muchas mejoras antes de que pueda comenzar la operación normal, para corregir problemas causados por razones como mala selección de materiales en la etapa de diseño,

errores que ocurren durante la fabricación de equipos o errores de instalación. Los retrasos causados por estos problemas pueden llegar a ser muy costosos.

A veces, las reparaciones, inspecciones y los ajustes necesarios durante el período de puesta en marcha, la lubricación, limpieza y atornillado iniciales necesarias para evitar el deterioro y las averías son a menudo tan difíciles de realizar que los ingenieros supervisores prefieren dejar la actividad de lado. Como resultado, se descuidan actividades esenciales para las maquinas, lo que prolonga innecesariamente el tiempo de inactividad del equipo incluso para averías menores.

Early Equipment Management (EEM) hace hincapié en estos errores u omisiones y las demoras que causan al identificarlos o predecirlos en la etapa en la que ocurren y tomar acciones en ese momento para prevenirlos.

En la *ilustración 4* se puede observar la curva de un proyecto con un enfoque tradicional, observamos que en la etapa de diseño no se detectan los problemas por falta de discusiones o un análisis profundo, a medida que avanza el proyecto los problemas parecen incrementar hasta llegar a la fase del periodo de arranque en donde el **OEE** (*overall equipment effectiveness*) por sus siglas en inglés, que se traduce como “efectividad general del equipo”, se encuentra muy por debajo del objetivo (target).

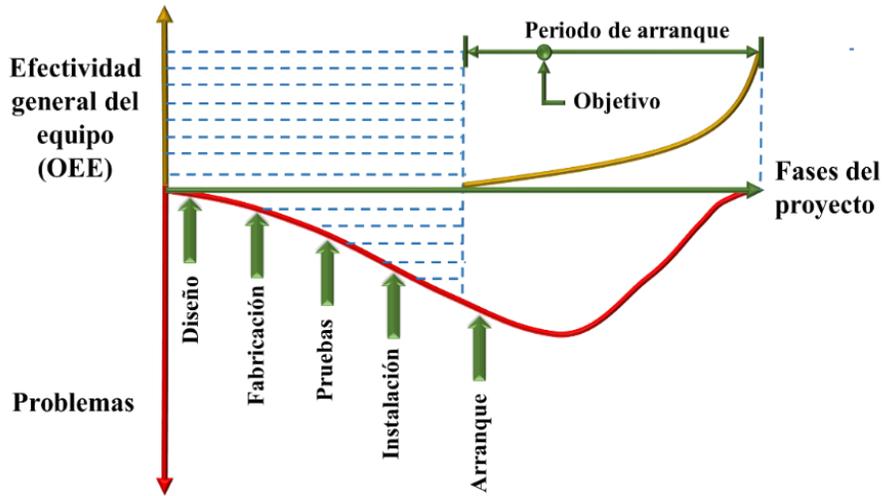


Ilustración 4 Curva de efectividad y problemas en fases de un proyecto con enfoque tradicional. Fuente propia.

Por otro lado, tenemos los proyectos ideales que aplican la filosofía de puesta en marcha vertical, esta perspectiva es la que busca EEM. Como se puede apreciar en la *ilustración 5*, los problemas se resuelvan en las primeras fases del proyecto para lograr llegar a la fase de arranque con cero problemas, esto conlleva a tener un periodo de arranque más corto y cumplir con el objetivo.

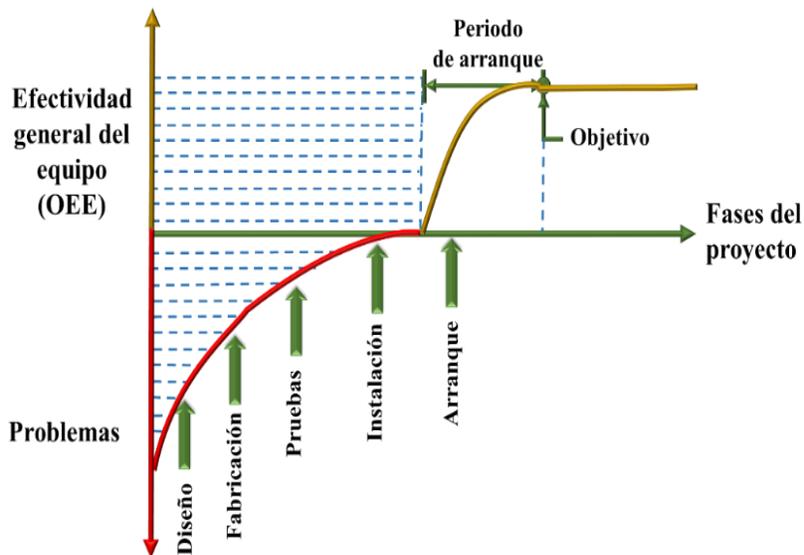


Ilustración 5 Curva de efectividad y problemas en fases de un proyecto. Fuente propia.

A continuación, los siete pasos del pilar de EEM según Hajime Yamashina :



Ilustración 6 Los siete pasos del pilar de EEM. Fuente: Elaboración propia basada en presentación del profesor Yamashina "World Class Manufaturig".

## 2.2 Principios de la gestión temprana de equipos

Sería fácil suponer que la palabra al principio del término gestión temprana de equipos se refiere solo al diseño frontal / pasos iniciales del proyecto. Por el contrario, el término se refiere al principio de identificar los problemas lo antes posible en el proceso del proyecto, cuando es más barato resolverlos.

Si bien es cierto que los primeros pasos del proyecto tienen un gran impacto en el valor del capital, existen obstáculos que evitar y valor que agregar en cada paso del proceso de ejecución del proyecto.

La fabricación de clase mundial, implica centrarse en los cinco factores (R C Gupta, 2003), Q-C-D-I-P, donde Q significa calidad (quality); C significa costo ( cost); D significa deliberación ( delivery); I representa innovación ( innovation) y P representa productividad ( productivity) . Early Equipment Management se enfoca en la fabricación de clase mundial de manera directa. Los principios del pilar son:

### **1.- Desarrollo de productos**

El desarrollo de nuevos productos es un requisito vital en el escenario empresarial actual. La demanda de mayor calidad y el aumento de la competitividad de precios están creando requisitos relacionados con la fabricación y el desarrollo de equipos. En la actualidad, la fuerza de investigación y desarrollo es un factor determinante clave de la competitividad empresarial.

### **2. Garantía de calidad y fiabilidad**

La garantía de alta calidad combinada con un menor costo en el desarrollo y diseño de equipos es el objetivo principal de la gestión temprana de equipos. La confiabilidad del equipo es una medida de la probabilidad de que no ocurran problemas como fallas y defectos de calidad.

La confiabilidad se puede dividir en confiabilidad intrínseca y confiabilidad operativa. La confiabilidad intrínseca se refiere estrictamente al equipo en sí y se determina durante las primeras etapas de desarrollo del equipo. La confiabilidad operativa está relacionada con el desempeño del equipo. Los nuevos equipos que son solo ligeramente diferentes de los modelos anteriores se benefician de la inclusión de tecnologías probadas y

verdaderas que garantizan una alta confiabilidad. Sin embargo, más novedad significa menos confiabilidad.

El desafío, por lo tanto, es crear equipos radicalmente nuevos y, al mismo tiempo, estimar con precisión, de antemano, qué problemas podrían ocurrir. Un método de evaluación preliminar aumentaría el nivel de confianza del diseñador de equipos.

### **3. Disponibilidad**

La disponibilidad es una medida del grado en que un sistema se encuentra en el estado operable y comprometible al comienzo de una misión cuando la misión se solicita en un momento desconocido (aleatorio). Esto a menudo se denomina preparación operativa. La disponibilidad es una función del tiempo de operación (confiabilidad) y el tiempo de inactividad (mantenibilidad).

Para la mayoría de los equipos, los tres principales obstáculos para la disponibilidad son:

- i} Averías
- ii} Tiempo de inactividad por mantenimiento
- iii) Cambios para crear variedad de productos de salida.

Los diseños de equipos deben ser lo suficientemente modulares para adaptarse a los cambios en el entorno empresarial, así como en las operaciones internas de la empresa.

### **4. Mantenibilidad**

La mantenibilidad es una característica inherente de un producto o equipo: Desde el punto de vista de la mantenibilidad, el objetivo es diseñar y desarrollar equipos que se puedan mantener en el menor tiempo, al menor costo y con el mínimo gasto de recursos sin afectar

su desempeño. Por lo tanto, el tiempo de inactividad total del equipo es una función de su capacidad de mantenimiento.

Esfuerzos de mejora de la confiabilidad y mantenibilidad realizados en la etapa de diseño, fabricación, instalación y puesta en servicio del equipo se denominan en Japón actividades de prevención de mantenimiento. Estas actividades están dirigidas a facilitar diseño en nuevos equipos. La mantenibilidad, como característica inherente del diseño, debe ser considerado en las primeras fases del desarrollo de equipos e incluye actividades de diseño-fuera-mantenimiento durante el diseño, fabricación e instalación y puesta en servicio de equipos de producción.

## **5. Economía**

Las empresas manufactureras utilizan equipos de fábrica para fabricar productos que deben venderse con fines de lucro. Ciertos métodos de fabricación producen equipos extremadamente confiables. Sin embargo, si el costo de fabricación es demasiado alto, la producción del equipo no será rentable y podría terminar como chatarra. Los desarrolladores de equipos industriales no pueden permitirse el lujo de desarrollar los equipos más finos y de mayor rendimiento. En su lugar, deben equilibrar el rendimiento con la economía fabricando equipos menos costosos que cumplan con todas las funciones requeridas. El equipo debe ser económico no solo en términos de costo inicial, sino también en términos de costos de funcionamiento. Esto nos lleva al concepto clave del **costeo del ciclo de vida**.

Uno de los factores importantes a considerar durante la adquisición de un sistema o equipo es el costo. Al presupuestar, contratar o evaluar un sistema o equipo, se deben considerar los costos totales del ciclo de vida LCC (Life Cycle Cost) por sus siglas en inglés. Ese análisis pretende ayudar al comprador a tomar decisiones comerciales precisas. El costo

del ciclo de vida es el costo total de adquirir y utilizar un sistema durante toda su vida útil.  
(R C Gupta, 2003)

*Tiempo de ciclo de vida = Costo de adquisición + Costos de operación y soporte*

Cabe mencionar que, en algunos casos, el análisis de tiempo de ciclo de vida no se aplica, ya que se tratan de proyectos que involucran equipos reutilizados (ya cuentan con una sábana de mantenimiento, así como un plan de operación para ellos) o en su defecto, existe un estándar que limita al proyecto a tener un único comprador con el cual se negocian los costos.

### 3. Tercer Capítulo - Producción de jabones

Con el fin de tener un contexto adecuado para el caso de estudio, en este capítulo se resumirá en cuatro pasos el proceso de la manufactura del jabón.

#### 3.1 Manufactura del jabón

Los jabones pertenecen al grupo de productos químicos llamados tensioactivos. Este grupo de productos es, entre otras propiedades, conocido por su detergencia, que se debe a una reducción de la tensión superficial del agua que elimina la suciedad por humectación, emulsión, espuma y eliminación.

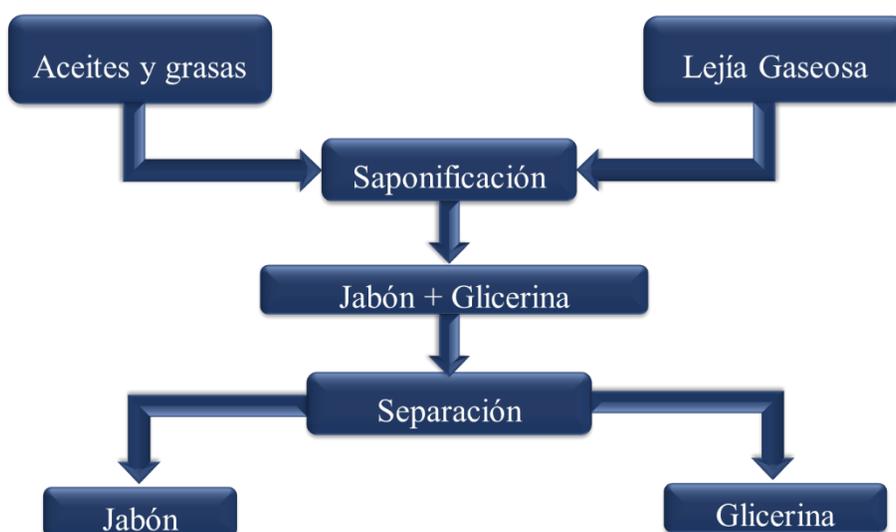
De una forma muy general, se pueden definir los siguientes pasos para la manufactura del jabón:



*Ilustración 7 Manufactura del jabón en cuatro pasos*

### 3.2 Procesamiento de aceites y grasas

En el caso de la saponificación de materiales grasos, los aceites, grasas o sebos son atacados - "saponificados" - con soda (para obtener jabón duro) o potasa (para obtener jabón suave o líquido). Además del jabón, se forma un subproducto, la glicerina, durante la reacción química. Esto puede separarse o dejarse, dependiendo de la naturaleza del proceso de fabricación.



*Ilustración 8 Síntesis por saponificación de aceites y grasas*

### 3.6 Saponificación de proceso continuo

Varios procesos permiten la fabricación continua de jabón puro con recuperación de glicerina. En términos generales, estos procesos se basan en un sistema de bombas dosificadoras que suministran continuamente al reactor de saponificación materias primas (grasas, lejía, electrolitos, agua) en proporciones específicas precisas. A esta etapa le sigue el lavado a contracorriente y la separación (particularmente por centrifugación) del nigre (parcialmente reciclado) y el jabón puro. Estos procesos están en gran medida totalmente automatizados y utilizan vaporización, pegado y otras técnicas en un reactor apropiado.

Los procesos continuos ofrecen un ciclo de producción rápido (unas pocas horas), un ahorro de espacio y energía, y una reducción de pérdidas y requisitos de mano de obra calificada.

### 3.7 Enfriamiento y secado del jabón

Una vez que se ha completado la saponificación, el jabón obtenido, crudo o puro, debe convertirse en jabón comercializable. Esta es la etapa de enfriamiento y secado, que le da al producto final la consistencia y dureza requeridas. El jabón doméstico generalmente contiene 25% de agua (75% de ácidos grasos), mientras que el jabón de tocador se seca de forma forzada hasta que contiene solo 14% o incluso 12% de agua (86 a 88% de ácidos grasos).

El jabón crudo produce un jabón barato y de menor calidad. Es por eso que generalmente no se somete a ningún secado que no sea el secado al aire, que se lleva a cabo

durante varios días en marcos de enfriamiento con paredes desmontables para facilitar la extracción del marco.

El enfriamiento y el secado forzado se usan generalmente para terminar el jabón puro.

Dos métodos son ampliamente utilizados:

- ❖ enfriamiento haciendo pasar el jabón que sale del hervidor o del reactor de saponificación a través de una serie de cilindros enfriados; el jabón solidificado se retira del cilindro final en forma de chips que se secan en una cámara o en un túnel de aire caliente;
- ❖ secado por pulverización al vacío del jabón líquido en una cámara de expansión. Esta alternativa permite que el jabón líquido se enfríe y se seque simultáneamente hasta que se obtenga la concentración de ácido graso deseada. En términos generales, tiende a reemplazar otros métodos de secado en las fábricas de jabón modernas.

El enfriamiento forzado y el secado reducen radicalmente los ciclos de producción. Sin embargo, son una etapa costosa que sigue siendo opcional. Su relevancia depende de la disponibilidad y el costo del enfriamiento del agua y la energía, y del posible efecto de estos costos en los precios de venta, teniendo en cuenta el tipo de jabón que se comercializa y la clientela objetivo.

Dependiendo del método elegido, los jabones de tocador requieren un secado repetido para cumplir con los estándares de calidad. En las fábricas de jabón modernas, el jabón

doméstico generalmente sigue el mismo circuito que el jabón de tocador, pero el tiempo de secado se acorta.

### 3.8 Refinamiento

Una vez seco, el jabón obtenido en forma de barras, astillas, gránulos o escamas, dependiendo del método de enfriamiento y secado utilizado, se envía a la línea de acabado, lo que le da al jabón su aspecto final. Se hace la siguiente distinción:

- jabón doméstico, que generalmente se extruye simplemente en un plodder \* y luego se corta al tamaño deseado antes del empaque;
  - \* Al igual que el jabón de tocador, el jabón doméstico puede, aunque rara vez, pasar a través de una trituradora para incorporar aditivos, o a través de un homogeneizador de cilindro para refinar sus propiedades.
- jabón de tocador, que requiere un acabado más sofisticado. El jabón, en forma de chips, se introduce en un mezclador-licuadora - "amalgamador" - y se mezcla con aditivos: colorantes, perfumes, rellenos, antioxidantes, etc. El proceso permite que la mezcla se homogeneice perfectamente y cambie la estructura cristalina de el jabón, que mejora sus propiedades de espuma. La operación puede repetirse si es necesario. Después de mezclar, el jabón se coloca en la tolva de un plodder y se extruye. El plodder puede ser del tipo simplex, duplex o incluso triplex (con un tornillo simple, doble o triple) para refinar y perfeccionar la homogeneización del jabón. El plodder también puede funcionar al vacío para eliminar el aire atrapado y completar el secado. Luego se corta el jabón extruido y, si es necesario, se moldea, se estampa y se embala.

En la siguiente ilustración, se puede observar un dibujo de la distribución de equipos mencionados para la parte de refinamiento del jabón.

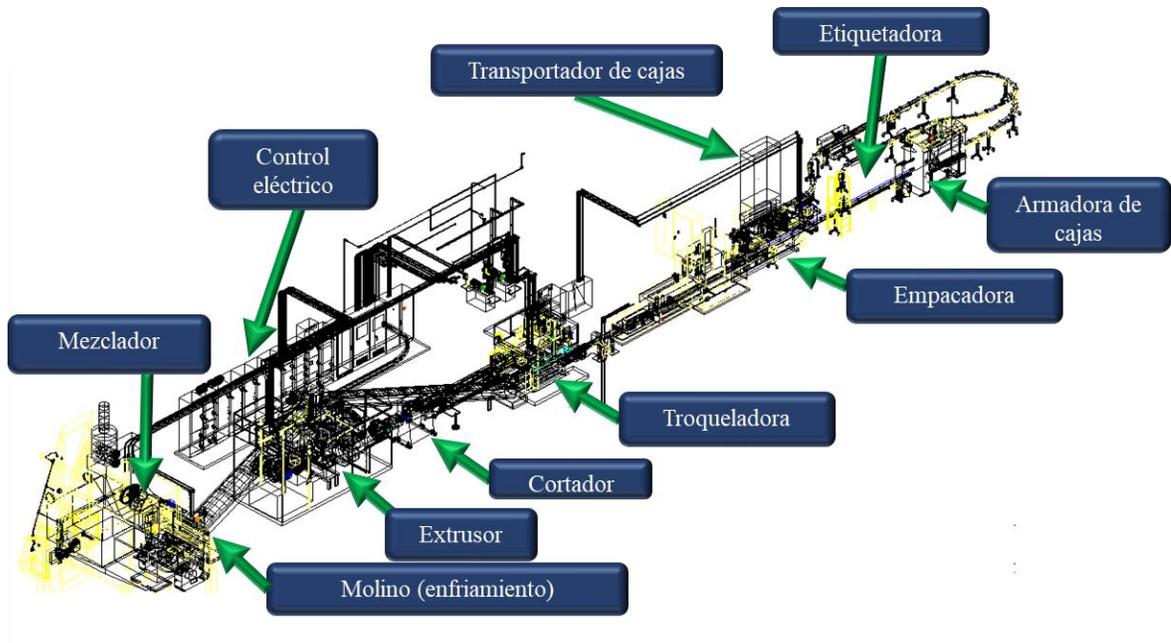


Ilustración 9 Distribución de línea de jabones. Fuente: Propia

## 4. Cuarto Capítulo – Caso de estudio

### 4.1 Base de la resolución del proyecto

En la *ilustración 10* se puede apreciar nuevamente los siete pasos del pilar de EEM presentados en el segundo capítulo los cuales se usarán como guía para el caso de estudio desarrollando paso por paso. El enfoque de la aplicación al caso de estudio no es técnico, se expresa la aplicación de la metodología para el desarrollo de este.

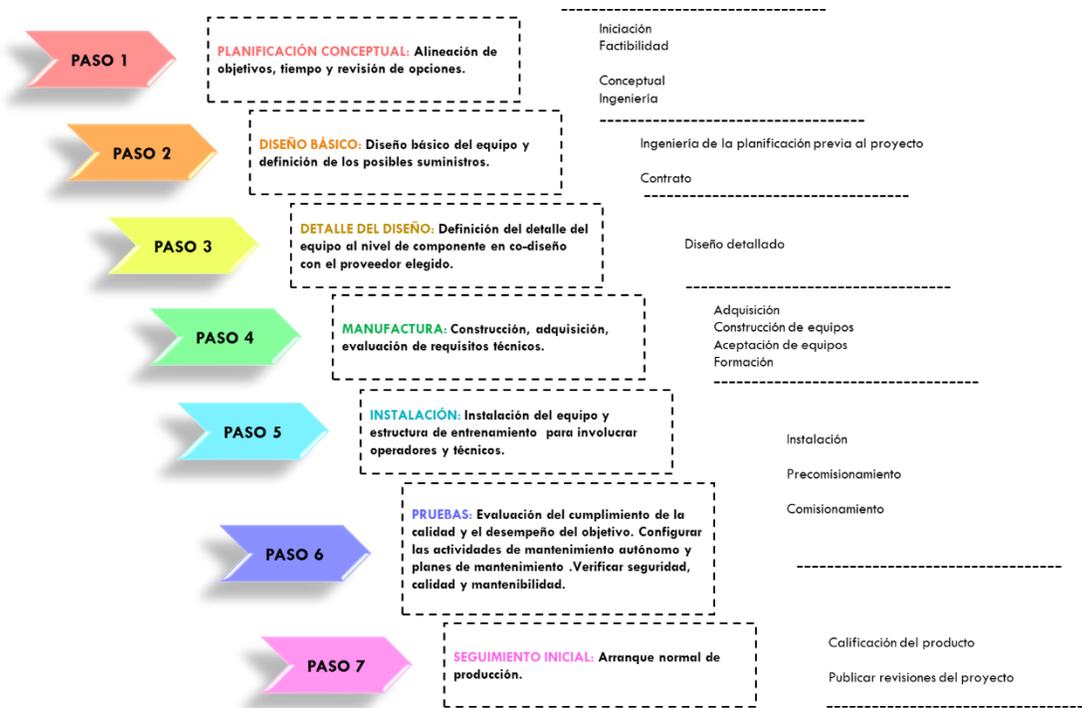


Ilustración 10 Pasos EEM. Fuente propia a partir de presentación del profesor Yamashina

## 4.2 Descripción del caso de estudio

El proyecto que se usará como caso de estudio surge a partir de una mejora por parte del equipo de investigación y desarrollo de la compañía el cuál compartió las bases de diseño al equipo de innovaciones e ingeniería de la planta para su ejecución.

Los proyectos se asignan a las áreas según la cantidad de capital que manejen, así como su complejidad. Para este caso, el proyecto se asignó al equipo de ingeniería para la parte de construcción y comisionamiento. El equipo de ingeniería está compuesto por varios elementos multidisciplinarios seleccionados estratégicamente para ejecutar cualquier tipo de proyecto.

## Paso 1 EEM - Planificación conceptual

El primer paso comprende el tener en claro el alcance del proyecto desde la comprensión del entorno y la situación del proyecto hasta una lista de verificación de criterios base de diseño. En este paso se pretende también tener perfectamente identificado el rol de cada uno de los participantes, así como determinar cuáles son los indicadores clave del proyecto.



*Ilustración 11 Paso 1 - EEM. Fuente: Elaboración propia.*

### Paso 1.1 - Propuesta básica del proyecto

#### I. Objetivo específico

Se considera reemplazar la adición de ácido graso de coco en el mezclador por una solución de ácido cítrico que reaccione con el jabón de sodio, generando como producto de la reacción; ácido graso libre o *free fatty acid* (FFA) por sus siglas en inglés, y citrato de sodio. La solución de ácido cítrico debe añadirse en el mezclador en una cantidad suficiente para generar el nivel actual de ácido graso libre y garantizar la procesabilidad de masa actual y las propiedades de la barra.

Se pretende que con este cambio se obtengan ahorros provenientes de dos factores:

- el precio del ácido cítrico que es menor que el ácido graso de coco, y
- la dosis requerida de ácido cítrico es menor para generar el mismo nivel de FFA.

Como resultado, se entregará un ahorro total de **€251.8 k/año**, reduciendo el coste de la materia prima, así como una mejora del margen bruto la categoría del cuidado de la piel para la empresa.

## II. Antecedentes

En una fábrica se utiliza el ácido graso de coco ó *coconut fat acid* (CnFA) por sus siglas en inglés, como materia prima para la producción de jabones en línea. Actualmente este ácido graso se añade en el mezclador como un ingrediente plastificante para ayudar en la procesabilidad de masa en línea y en el rendimiento del producto (principalmente minimizando el atributo de agrietamiento).

En la *ilustración 12* se puede observar la operación actual y del lado izquierdo la manufactura de jabones en 4 pasos (*ilustración 7*) revisada en el capítulo anterior. Así mismo, podemos ver que el ácido cítrico (recuadro verde) se dosifica a secadores (recuadro azul) y así mismo este proceso pertenece a la fase de enfriado y secado que corresponde al tercer paso de la manufactura del jabón. Por otro lado, tenemos al ácido graso de coco (recuadro naranja) el cual se dosifica al mezclador que pertenece a la fase de refinamiento que corresponde al cuarto paso de manufactura del jabón.

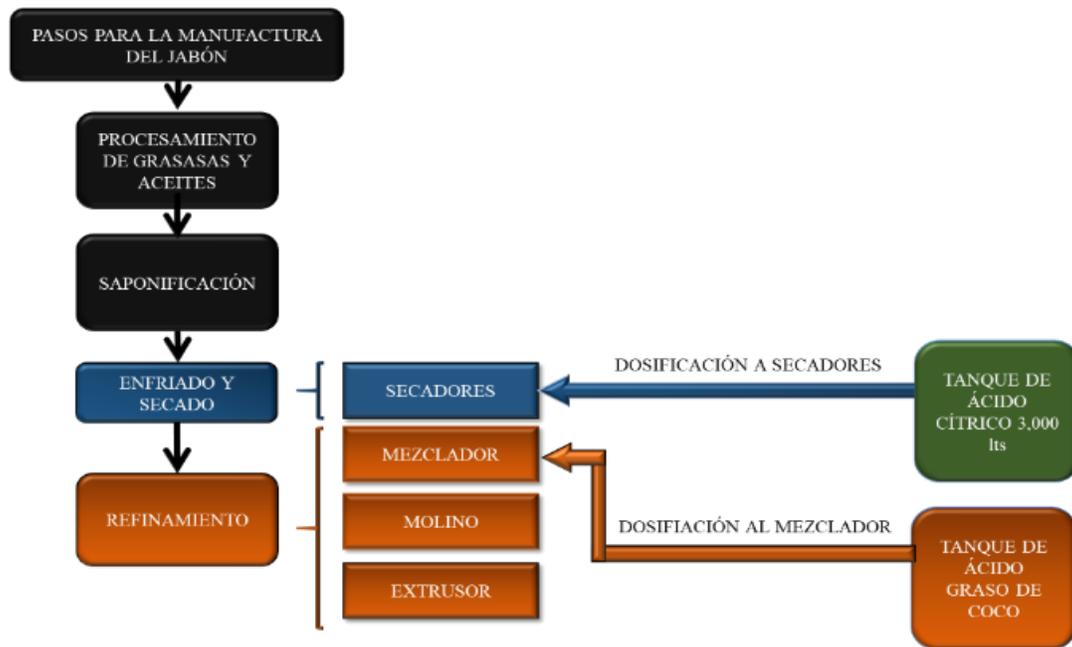


Ilustración 12 Diagrama del proceso de operación actual

### III. Propuesta

La cantidad de solución de ácido cítrico propuesta por el proyecto es mayor a la actual preparada (para otros procesos) en planta por lo que se requiere aumentar la capacidad del tanque de día actual para cubrir la demanda, esto implica sustituir el tanque por otro con dimensiones mayores al cual deberá anexarse el arreglo de tuberías para hacer la dosificación al mezclador. Dado que se espera que el ácido cítrico se dosifique en el mismo sitio donde actualmente se dosifica el ácido graso de coco, se propone intervenir en el arreglo de tuberías del ácido graso de coco para reutilizar la trayectoria a líneas, así como la instrumentación para la dosificación automática, de este modo se reducirán los costos de instalación.

En la *ilustración 13* se puede observar en el lado izquierdo los 4 pasos de la manufactura de jabones, la propuesta del proyecto consiste en que ahora el ácido cítrico (recuadro verde) dosifique a secadores (recuerdo azul) y al mezclador (recuadro naranja).

Nótese que el ácido graso de coco ya no se usará, no dosificará al mezclado y que la capacidad del tanque de ácido cítrico ha aumentado.

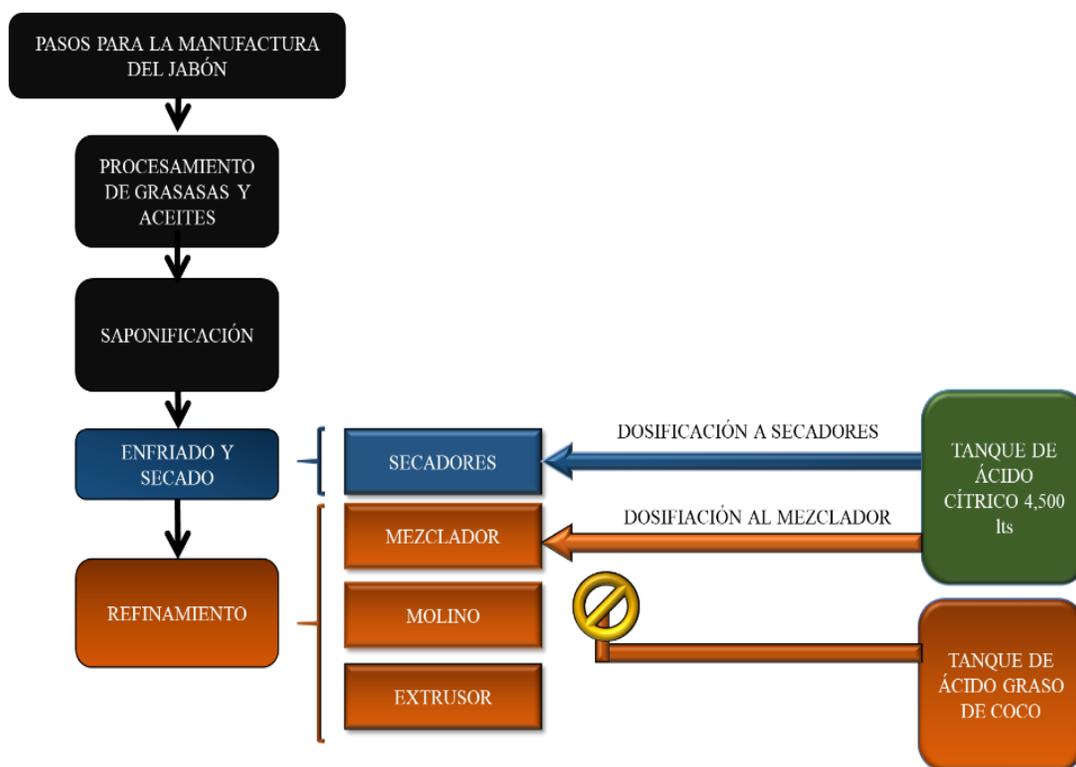


Ilustración 13 Diagrama del proceso nuevo

#### IV. Limitaciones del proyecto

Tomando en cuenta las consideraciones del proyecto, las limitantes del proyecto son:

1. El sistema actual de dosificación deberá permanecer intacta y funcionar durante la instalación y arranque del proyecto.
2. Ciertas conexiones deben realizarse durante paros de planta.
3. Se requiere agotar inventarios ácido graso de coco para arrancar el proyecto.

## V. Suposiciones

1. La implementación del ácido cítrico es compatible con el tipo de formulación en la fábrica. Dicha suposición proviene de que anteriormente se realizó una prueba exitosa en una de las líneas.
2. La solución de ácido cítrico tendrá la capacidad de abastecer a la demanda.
3. Lo instalado serán compatible con la operación de ácido cítrico.
4. Se espera que con la implementación del ácido cítrico la eficiencia general de las líneas no se vea afectada.

## VI. Riesgos

### Riesgos de seguridad

1. Tener fugas de ácido cítrico o ácido graso de coco.
2. Instalaciones inseguras.
3. Accidentes por no contar con el uso adecuado de equipo personal de trabajo.

### Riesgos de suministro

1. No contar con la metería prima para el arranque.
2. No contar con el espacio suficiente para almacenar la materia prima a sustituir.
- 3.

### Riesgos de arranque

1. Quiebras en líneas.
2. Falla de transferencias.
3. Construcción no terminada a tiempo.
4. Requerir adicionales importantes no contemplados.

### Riesgos de operación

1. Requerir de un recurso extra para la operación.
2. Afectaciones en los tiempos de preparación.

## VII. Consideraciones

1. La planta produce actualmente una solución de ácido cítrico (50%) utilizado en el proceso de elaboración de jabón con el objetivo de **neutralizar la alcalinidad libre del jabón limpio**. Este proceso se mantendrá como actual y añadiendo a este sistema el ácido cítrico adicional que se dosificará en el mezclador para el propósito de formación FFA.
2. Actualmente para la formulación de la solución de ácido cítrico utiliza agua de proceso, sin embargo, el alcance de este proyecto incluye el suministro de **agua clorada** procedente del sistema de cloración existente. El sistema de toma de agua clorada cuenta con la capacidad suficiente para absorber la nueva operación en lo referente a la producción.
3. El área de preparación de solución de ácido cítrico cuenta con la capacidad para enfrentar la operación de formulación y transferencia del proyecto.
4. Tanto el ácido cítrico como el ácido graso de coco (CnFA) cuentan con un sistema de recirculación por efectos de diseño sanitario.
5. Pese a que se plantea sustituir el ácido graso de coco (CnFA) por el ácido cítrico en la misma parte del proceso (mezclado), se debe considerar que, por las propiedades físicas del ácido cítrico, este se deberá adicionar en un tiempo distinto según la jerarquía de adiciones en el mezclador.

Resumiendo, y tomando en cuenta lo anterior, se requiere la integración de los siguientes sistemas:

- Agua clorada
- Preparación de ácido cítrico

- Transferencia de solución de ácido cítrico
- Almacenamiento
- Dosificación a mezcladores

## VIII. Detalle de instalación de la propuesta

### A) Instalación de Tanques

#### Tanque de ácido cítrico

- Se reemplazará el tanque de día de ácido cítrico actual con capacidad de 3,000 litros cúbicos por uno de 4,500 litros en el cuarto preparación de la solución.
- El tanque será interconectado a la succión y retorno del loop de recirculación existente del ácido graso de coco. El diseño del tanque deberá complementarse con instrumentación dinámica de nivel, switch de alto nivel para evitar sobrellenado y switch de bajo nivel, así como un radar de permita saber el porcentaje de llenado de este.
- El tanque se entregará con un certificado de pasivación por parte del proveedor.
- Se entregará un reporte de pruebas de acabados sanitarios y pasivado.

#### Tanque de ácido graso de coco (CnFA)

El tanque de CNFA se entregará vacío y no se contempla su desmantelamiento.

### B) Instalación de Tuberías

Considerando el proceso de dosificación de ácido cítrico actual tendrá que seguir funcionando de la misma forma, se reutilizarían todas las interconexiones de ese tanque para el nuevo tanque.

Se identificarán todas las tuberías nuevas del proyecto conforme la norma de seguridad establecida por la fábrica; tuberías de agua, ácido cítrico, eléctricas, vapor y condensado. Se realizará la pasivación de las tuberías nuevas de ácido cítrico. Así mismo, las instalaciones serán de diseño sanitario y no se retirarán secciones de tubería que quede obsoleta.

### C) Instalación de equipos

La propuesta considera reutilizar algunos equipos de transferencia y control del sistema actual del ácido graso de coco (CnFA), a continuación, en la *tabla 1* se presenta la lista de equipos a reutilizar así como aquellos que no se reutilizarán, estos últimos prácticamente corresponden los instrumentos de control del ácido graso de coco.

Tabla 1 Lista de equipos a reutilizar y no reutilizar. Fuente: Propia

Descripción	Se reutiliza	No se reutiliza
Filtros canasta recibo CnFA		
Bomba de desplazamiento Positivo Waukesha para CnFA		
Filtros tipo cartucho para CnFA		
Sistema de Control de Vapor para Serpentin de Tanque CnFA		
Medidor de Flujo másico adición de CnFA a Línea 1		
Medidor de Flujo másico adición de CnFA a Línea 2		
Medidor de Flujo másico adición de CnFA a Línea 5		
Medidor de Flujo másico adición de CnFA a Línea 7		
Medidor de Flujo másico adición de CnFA a Línea 8		
Válvula automática adición de CnFA a línea 1		
Válvula automática adición de CnFA a línea 2		
Válvula automática adición de CnFA a línea 5		
Válvula automática adición de CnFA a línea 7		
Válvula automática adición de CnFA a línea 8		
Válvula automática presurización loop de adición de CnFA		
Válvula automática adición de barrido a línea 1		
Válvula automática adición de barrido a línea 2		
Válvula automática adición de barrido a línea 5		
Válvula automática adición de barrido a línea 7		
Válvula automática adición de barrido a línea 8		
Bomba de recibo de CnFA		
Medidor de Flujo másico de recibo CnFA		
Traza eléctrica recibo CnFA		
Tanque de CnFA (30 ton)		
Switch de Alto nivel Tanque CnFA		
Transmisor de Nivel Tanque CnFA		
Controlador de Temperatura Tanque CnFA		
Bomba de Cavidad Progresiva de respaldo CnFA		
Medidor de Flujo másico de dosificación de CnFA a secador		
Traza Eléctrica Loop de adición de CnFA		

## D) Programación

Se requiere la programación de los sistemas de control de las siguientes etapas del proceso:

- a) Arranque/ Paro de bomba de transferencia de agua clorada de acuerdo con nivel de tanque de preparación de ácido cítrico.
- b) Arranque/paro de bomba de transferencia de solución de ácido cítrico en función del nivel del tanque de día.

Así como también:

- Se modificará la interfaz de control de operación para reemplazar las leyendas de ácido graso de coco (CnFA) por ácido cítrico.
- Se actualizará el programa de adición de ácido cítrico para modificar el tiempo en el que se adicionará el mismo.
- Se validará la programación con personal de operaciones.

## E) Área de instalación

Como se vio en las consideraciones, el área de preparación de ácido cítrico actual cuenta con la capacidad de adecuación para la instalación del proyecto por lo que será ahí donde se realizarán las modificaciones. En la siguiente ilustración se puede observar una vista en planta de las áreas involucradas para el proyecto.

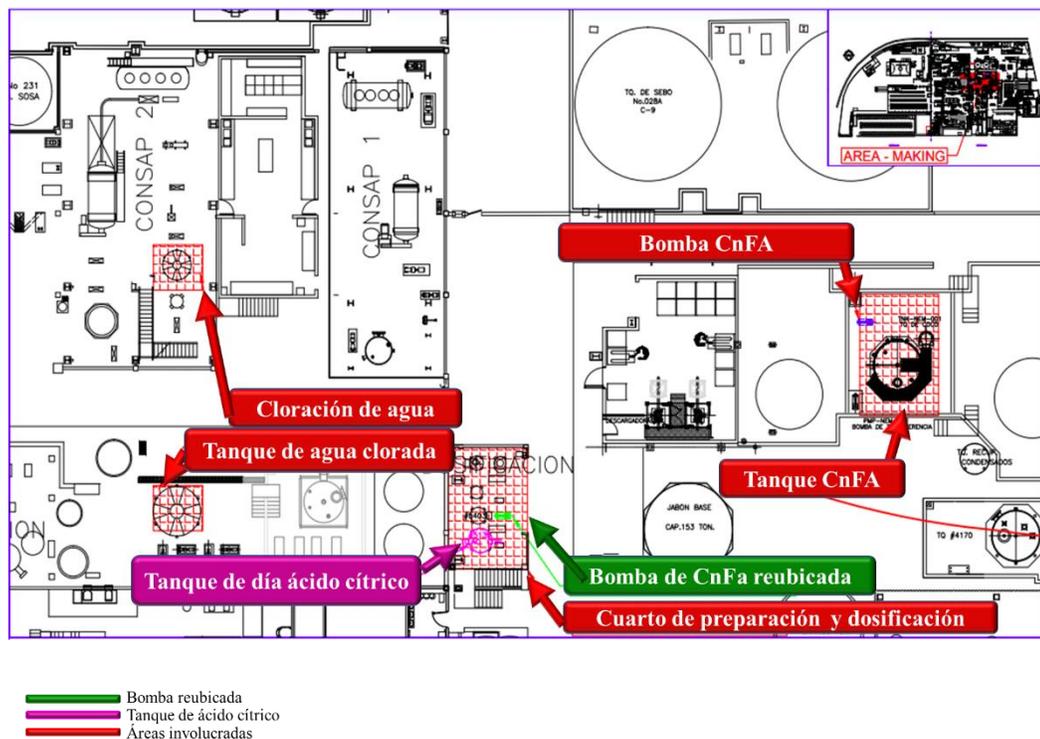


Ilustración 14 Layout de áreas involucradas

A continuación, se muestran algunas imágenes del área de preparación del ácido cítrico:



*Ilustración 15 Área de preparación y envío de ácido cítrico*

Como se puede observar en la *ilustración 15*, en la parte de abajo se tiene el área de bombas de envío y subiendo las escaleras se encuentra el cuarto de preparación de ácido cítrico (*ilustración 16 y 17*).



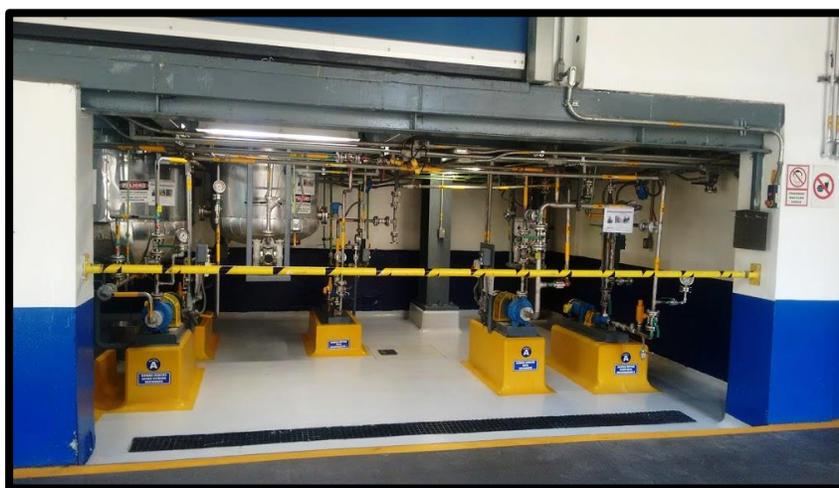
*Ilustración 16 Cuarto de preparación de ácido cítrico.*



*Ilustración 17 Tarimas de materia prima*

Como se aprecia en la imagen anterior, se encuentran los sacos de ácido para su preparación los cuales son suministrados a través de tarimas con un montacargas por la cortina. De lado derecho se observa el tanque de preparación (tanque pequeño) y el tanque de día (tanque grande).

En la ilustración siguiente se puede observar el cuarto de bombas actual, de lado derecho se encuentran un par de bombas que suministran otras sustancias que de igual forma son preparadas en el cuarto, sin embargo, no se intervendrán para el proyecto.



*Ilustración 18 Cuarto de bombas de envío de ácido cítrico.*

Es preciso tener en cuenta que los equipos reutilizados se entregarán en las condiciones mecánicas y eléctricas actuales.

Debido a los daños resultantes de maniobras para los desmantelamientos e instalaciones que ocurran, se aplicará piso epóxico al terminar la instalación mecánica en la planta baja y primer piso del cuarto.

## IX. Administración del proyecto

### A) Operación

Se dará un entrenamiento al personal de operaciones del área. Por otro lado, no se modificarán los planes de mantenimiento de los equipos ya que se reutilizan.

### B) Documentación

Se documentará el proyecto y se entregará lo líderes de áreas, así como al equipo de mantenimiento con sus recomendaciones.

### C) Finanzas

En conjunto con el equipo de finanzas se realizará una validación en piso para identificar los equipos que se reutilizarán y los que no, esto con la finalidad de poder dar de baja activos o en su defecto actualizar la base de datos. Así mismo, una vez que se el proyecto arranque se procederá con su capitalización.

### D) Disposición de residuos

La chatarra identificada para este proyecto se produce principalmente por los desmantelamientos y demoliciones, esta chatarra se retirará de planta cumpliendo con todos los procesos adecuados. Por otro lado, la merma de CnFA y de cítrico será gestionada por el proyecto.

## Paso 1.2 - Equipo y gobernanza

### ➤ Equipo del pilar

Las figuras del equipo del pilar son las siguientes:

- 1.- Líder del pilar
- 2.- Ingeniero de proyectos
- 3.- Responsable de seguridad de seguridad
- 4.- Responsable de mantenimiento
- 5.- Responsable de calidad
- 6.- Responsable de finanzas
- 7.- Responsable de producción
- 8.- Responsable de entrenamiento y mejora

### ➤ Equipo de construcción

El equipo de construcción está constituido principalmente por las siguientes figuras:

- 1.- Líder del proyecto
- 2.- Gerente de construcción
- 3.- Proveedor de construcción

## Paso 1.3 - Revisión del diseño del Paso 1

La revisión del diseño consiste en la ejecutar la actividad de responder un cuestionario de 331 preguntas que deben ser consideradas para la ejecución del proyecto según la metodología WCM. Para responder las preguntas se tendrá especial cuidado en las que tengan que ver con el pilar de calidad ya que el proyecto presenta un cambio de formulación.

El proyecto no puede continuar hasta entender cada cuestionamiento y eliminar los “NOK”, de esta forma se asegura de que el equipo está considerando los puntos básicos para la ejecución del proyecto.

A continuación, en la *tabla 2* se presenta el resumen del número de preguntas respuestas, así como su distribución por pilar.

*Tabla 2 Resultados de revisión del diseño - Paso 1 EEM*

PASO EEM	PASO 1 - PLANEACIÓN				
Pilar	OK	NOK	N/A	TOTAL	% COMPLETADO
AA	33	0	0	33	100%
CD	2	0	0	2	100%
EEM	90	0	3	93	100%
FI	1	0	0	1	100%
LCS	3	0	0	3	100%
PD	0	0	0	0	0%
PM	3	0	0	3	100%
QA	126	0	1	127	100%
SHE	43	0	26	69	100%
	301	0	30		
	331				

Por cuestiones de confidencialidad y con el fin de no desviar este trabajo con un objetivo distinto, se puede resumir que las preguntas de del paso 1 están enfocadas principalmente entender si existen impactos de calidad y saber si la gente involucrada en el proyecto es realmente la que se requiere para las implementaciones.

## Paso 1.4 - Comprensión del entorno y la situación del proyecto

Como se dijo, el proyecto en términos básicos contempla un cambio de formulación, para este punto, el equipo de trabajo entiende el entorno y la situación, a continuación, se resumen los puntos más relevantes:

- 1.- Este proyecto generará un ahorro en costos de materia prima.
- 2.- Se requiere modificar las instalaciones para lograr cumplir el objetivo.
- 3.- El proyecto debe enfocarse en tener cero incidentes de calidad y de seguridad
- 6.- El personal de construcción deberá convivir con el personal de operaciones en algún punto
- 7.- El proyecto tiene un riesgo alto de instalación al tener que manipular ácidos
- 8.- Hay paso peatonal afuera del cuarto donde se hará la instalación.

## Paso 1-5 - Indicadores clave de desempeño (KPI's)

Los KPI's son de suma importancia para poder entender si el proyecto cumple con las especificaciones determinadas. Para el proyecto se identifican 9 indicadores clave. Más adelante se detallará el objetivo de cada indicador.

1. Costos de materia prima
2. Eficiencia de las líneas
3. Aprobación del primer lote
4. Fecha de arranque
5. Accidentes

6. Retrasos
7. Instalaciones aceptadas
8. Incidentes de calidad
9. Arranque

## Paso 2 EEM – Diseño básico

Una vez descrito el alcance del proyecto se procede a generar un diseño básico, este paso consta de considerar ciertos elementos de diseño funcional para el proyecto, así como analizar de forma más profunda los indicadores clave de desempeño para el proyecto.



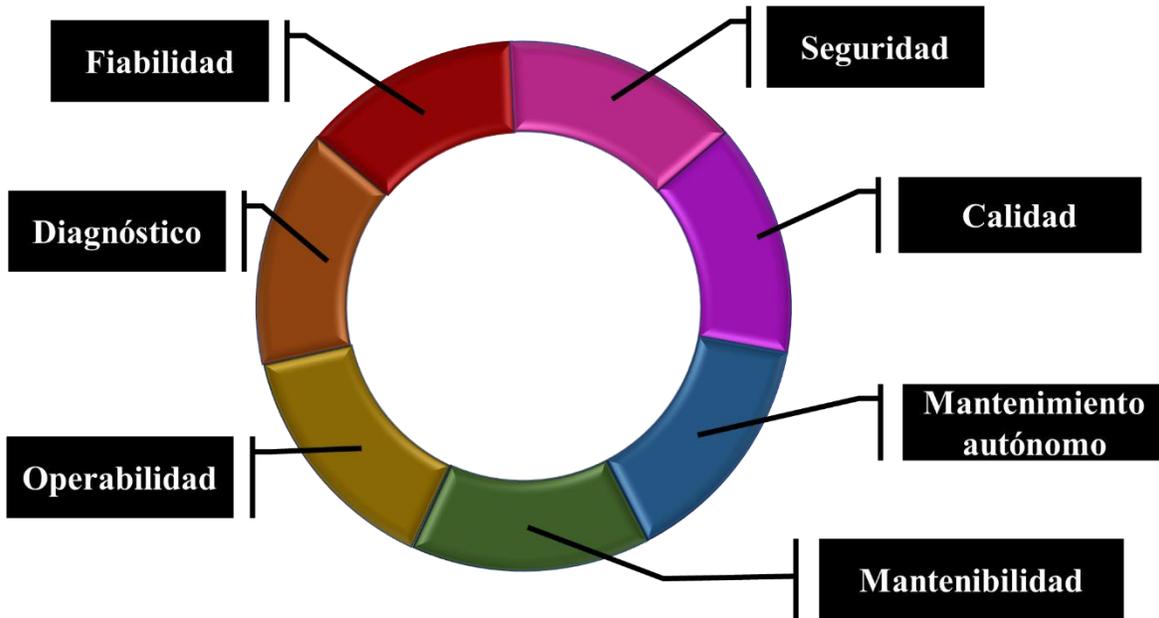
*Ilustración 19 Paso 2 EEM. Elaboración propia*

### Paso 2.1 - Elementos de diseño funcional

El proyecto debe cumplir con los siguientes elementos de diseño funcional los cuales son la base para el desarrollo de la propuesta.

- ❖ Seguridad: Sistema de instalación seguro y plan de construcción seguro.
- ❖ Calidad: Cero defectos de calidad en el diseño.
- ❖ Mantenimiento autónomo: Equipos de fácil limpieza.
- ❖ Mantenibilidad: Mantenimiento fácil a equipos.

- ❖ Operabilidad: Correcta distribución de espacios.
- ❖ Diagnóstico: Diagnósticos fáciles a equipos.
- ❖ Fiabilidad: Cero paros no deseados.



*Ilustración 20 Elementos de diseño funcional. Fuente: Elaboración propia*

## Paso 2.2 - Revisión de KPI's y definición de objetivos detallados

A continuación, se clasificarán los KPI's así como también se comentará su relevancia para el proyecto.

Indicadores de producción y operación:

1. *Costos de materia prima*: Este indicador es considerado el más importante y se ve reflejado en los gastos mensuales de materia prima de la fábrica los cuales deberán ser menores.

2. *Eficiencia de las líneas:* El criterio de éxito de este indicador es no impactar negativamente la eficiencia actual de las líneas.
3. *Aprobación del primer lote:* Este indicador confirmará que el cambio de formulación es exitoso por lo cuál es un indicador clave.
4. *Fecha de arranque:* Las fechas de arranque para el cambio de formulación estarán comprometidas en su totalidad, ya que estas dependen de los inventarios actuales de materia prima.
5. *Retrasos:* Cualquier retraso en la ejecución del proyecto tiene varias repercusiones que van desde riesgos de seguridad hasta un parto total de producción si no actúa de forma eficaz.

#### Indicadores de instalación

1. *Instalaciones aceptadas:* El criterio de éxito definido para este indicador es la aceptación de construcción.
2. *Incidentes de calidad:* El criterio de éxito definido para este indicador es no tener incidentes de calidad de ningún nivel.
3. *Arranque:* El arranque del proyecto debe ser vertical, es decir, no debe causar paros por intervenciones hechas en los sistemas intervenidos.
4. *Accidentes:* El enfoque para este indicador es cero accidentes de cualquier nivel durante la instalación y el arranque.

## Paso 2.3 - Análisis de efectos y modos de falla

A continuación, se analizarán los efectos y modos de falla con la intención de identificar las fallas potenciales, así como los problemas y errores del proceso. La intención de este análisis es eliminarlos o en su defecto minimizar los riesgos asociados a ellos.

Tabla 3 Análisis de modos de falla

No	Paso del proceso y función	Requisitos del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales del Fallo (Consecuencias)	Causas Potenciales / Mecanismo de Falla	Controles (Detección)	Acción Correctiva Recomendada
1	Transferencia de ácido cítrico del tanque de preparación al tanque de día	Solicitar al HMI que realice la transferencia o realizarlo manualmente	Que no se realice la transferencia	Desabasto de ácido cítrico en tanque de día	Descordinación entre operación.	La lectura en el HMI del nivel del producto no cambia	Asegurar de que existe un responsable para realizar la tarea de transferencia ya sea manual o automáticamente.
2	Control de dosificaciones y transferencias	Que el HMI no concuerde físicamente con lo que hay en el tanque.	Desconocimiento certero del nivel del tanque	Desconocer si el producto cumplirá con la demanda de material	Descordinación entre operación.	Los sensores de nivel no marcan producto	Revisar la calibración de los sensores de nivel, sin el problema persiste revisar las señales de comunicación
3	Control de dosificaciones y transferencias	Arrancar la receta	Que no se pueda realizar la mezcla de jabón por falta de ácido cítrico	No hay dosificación de ácido cítrico a líneas	Paro de mezclador	HMI	Reportar fallas de respuesta pequeñas o grandes en el sistema de dosificación.
4	Operación	Transferencia de ácido cítrico del tanque de preparación al tanque de día.	Derrame de ácido cítrico	Derrame de sustancia clasificada como peligrosa	Se puede dar este problema cuando sea realiza una transferencia manual sin haber verificado el nivel del tanque de día y este se encuentra lleno .	El sensor de nivel del tanque de día detecta que está lleno y si la operación está automática para la bomba, si está manual también para la bomba para evitar un derrame.	El diseño del sistema evita que este fenómeno pueda ocurrir incluso por error humano , sin embargo lo correcto es rectificar el nivel del tanque como parte del procedimiento para su transferencia..
5	Operación	Arrancar la receta	Sistema no recircula	Al no recircular el ácido no pasa por los dosificadores	Taponamiento	HMI no marca dosificación	Rectificar la falta de recirculación verificando los valores del flujometro. Un taponamiento se puede dar por varias razones, la más probable puede deberse a la solidificación del ácido, sin embargo esto sólo se puede dar si se dejar de recircular el ácido ya que este se cristaliza al enfriarse y secarse.

## Paso 2.4 - Costo del ciclo de vida

Recordemos que el costo de ciclo de vida es la suma de todos los costos de adquisición más los costos de funcionamiento. Para este proyecto el costo de ciclo de vida es igual al costo de adquisición que es de 110k euros ya que los costos de funcionamiento se mantendrán, esto es debido que como se mencionó anteriormente se piensa reutilizar la mayor cantidad de equipos los cuales ya están contemplados en una sábana de mantenimiento y operación actual, es decir, estos costos ya están considerados para una operación.

## Paso 2.5 - Evaluación de proveedores

La empresa del caso de estudio cuenta con una política de compra que establece que cuando el monto de la adquisición de bien o servicio es mayor o igual a 10k euros, es necesario hacer una licitación. Para el caso de este proyecto se identificaron 4 áreas esenciales de gasto para el proyecto que a continuación se presentan:

- 1.- Fuerza y control
- 2.- Instalación mecánica, desmantelamientos, civil, tuberías
- 3.- Tanque nuevo
- 4- Instrumentación

Por el momento se notificará al área de compras acerca de estos requerimientos y se le pedirá que comparta listas de proveedores recomendados para tener un primer acercamiento.

## Paso 2.6 - Presupuesto

El presupuesto de este proyecto se aprobó por 110k euros de los cuales 100k están destinados para equipos y servicios que se capitalizarán y los 10k sobrantes se utilizarán para actividades que tengan que ver con desmantelamientos y/o alcances civiles.

## Paso 2.7 - Revisión de diseño 2

Para la revisión de diseño del paso dos se contempla un total de 539 preguntas de las cuales 501 se respondieron con “OK”, el restante de preguntas no aplicó por el proyecto. Para este paso, el concepto de diseño es claro por todos los integrantes del pilar.

Tabla 4 Revisión de diseño 2

PASO EEM	PASO 2 - CONCEPTO DE DISEÑO				
Pilar	OK	NOK	N/A	TOTAL	% COMPLETADO
AA	30	0	3	33	100%
CD	1	0	0	1	100%
EEM	85	0	23	108	100%
FI	1	0	0	1	100%
LCS	19	0	0	19	100%
PD	7	0	0	7	100%
PM	22	0	2	24	100%
QA	200	0	1	201	100%
SHE	136	0	9	145	100%
	501	0	38		
	539				

Por cuestiones de confidencialidad y con el fin de no desviar este trabajo con un objetivo distinto, se puede resumir que las preguntas de del paso 2 están enfocadas principalmente entender si existen impactos en los estándares de calidad y contemplar los riesgos de seguridad a los que presentará el proyecto.

### Paso 3 EEM – Detalle del diseño

El objetivo principal de este paso es dar un detalle total del diseño, eliminar las indefiniciones y comprender las implicaciones del proyecto.



Ilustración 21 Paso 3 - Detalle del diseño

## Paso 3.1 - Diseño detallado siguiendo los elementos de diseño funcional

A continuación, se presentan los puntos más importantes a considerar en cada uno de los elementos de diseño para el proyecto.

### **Seguridad**

- a) Seguridad en la instalación: Todos los trabajos requieren permisos de trabajo que son evaluados antes de comenzar las actividades, así mismo los contratistas ya han tomado cursos de inducción impartidos por la planta y también cuentan con constancias de competencias o de habilidades laborales (DC-3 de la STPS). La planta también solicita protocolos de maniobras, para el proyecto se deben generar dos protocolos, uno de desmantelamiento de tanque que no cumple con la capacidad y otro protocolo de instalación de nuevo tanque con mayor capacidad.
- b) Seguridad en la operación: Se asegura la seguridad en la operación a través del monitoreo de los niveles de ácido en los tanques, así mismo se considera en la programación que la bomba de envío deberá parar sin importar si la transferencia se encuentra en modo manual o automático cuando el sensor de nivel alto se activa, de este modo se evita tener un derrame. Así mismo se verifica que no existan fugas en los trayectos de tubería de ácido.

### **Calidad**

- a) Calidad de la instalación: La calidad en la instalación se asegura utilizando los materiales adecuados para el manejo de un ácido, así como la correcta sanitización del sistema antes de ser utilizado, esto sin dejar de lado la inspección en otros los trayectos de tubería para identificar posibles fugas.

- b) Calidad de la operación: La calidad en la operación se basa en tener un sistema fácil de diagnosticar, para ese proyecto el sistema de monitoreo es capaz de identificar cualquier transferencia.

### **Mantenibilidad y operabilidad**

Se consideraron equipos nuevos y equipos reutilizados sin embargo se manejó la misma tecnología utilizada en la planta y se alineó con operaciones la ubicación de cada uno de los componentes a fin de que para ellos y para el equipo de mantenimiento las actividades sean sencillas.

### **Diagnóstico**

El diagnóstico al sistema se da principalmente por la comunicación que existe con la interfaz hombre máquina (HMI) que permite monitorear le proceso de transferencia, recirculación, de cantidades de flujo, niveles de tanques y dosificaciones.

## **Paso 3.2 - Requisitos legales, de seguridad y calidad**

### **Requisitos legales**

El proyecto no contempla demoliciones civiles o afectaciones a la estructura del edificio, dicho de otro modo, no se requieren cálculos estructurales civiles para ejecución (no se requieren permisos de DRO).

## **Requisitos de seguridad**

El requisito fundamental para seguridad se divide en dos secciones, la primera es durante la construcción, el objetivo es no tener incidentes de ningún tipo, la segunda sección consta de asegurar que el proyecto proporcione instalaciones seguras para los operadores al arrancar el proyecto.

## **Requisitos de calidad**

Los requisitos de calidad son más estrictos, como se mencionó antes el área de calidad debe asegurar que no existan riesgos de igual forma durante la instalación y el arranque.

### 3.3 - Simulación

A continuación, se presentará paso a paso lo que se requiere para lograr el cambio de manera exitosa, se explicará con diagramas y modelos 3D.

#### 1.- Arreglo actual

Haciendo un breve resumen, el proceso actual utiliza el ácido cítrico para la fase de secado y el ácido graso de coco para la fase del refinado en la cual se adicionan los componentes necesarios para darle características particulares al jabón, en la siguiente *ilustración 22* se puede observar a la izquierda los pasos generales para la manufactura del jabón, así mismo del lado derecho se muestran los pasos antecesores para la adición de esos ácidos. Es importante mencionar que los pasos totales que confirman el secado y refinamiento son diversos, para efectos de la solución del caso de estudio sólo nos enfocaremos únicamente en el proceso de transferencia y adición de esos dos ácidos.

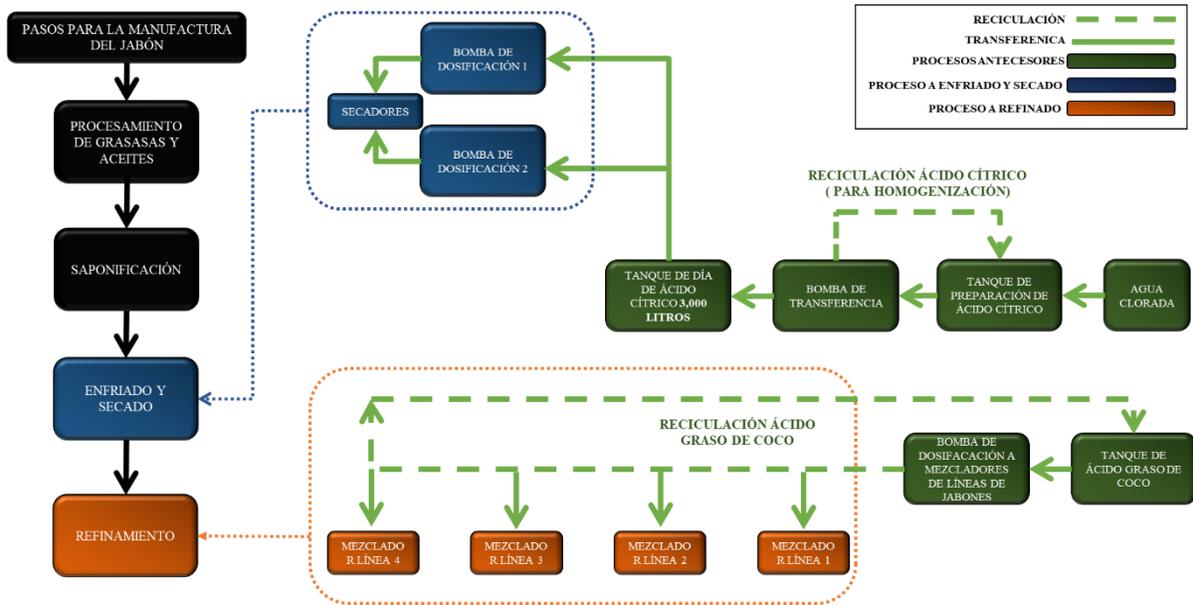


Ilustración 22 Proceso actual de uso de ácido cítrico y ácido graso de coco

## 2.- Arreglo tanque provisional

Como se mencionó en pasos anteriores, las modificaciones deben hacerse sin parar la producción hasta que se logre instalar lo necesario y se agote el inventario de ácido graso de coco para aprovechar al máximo la materia prima.

El arreglo del tanque provisional aplica para el ácido cítrico pues se debe sustituir el tanque de día de 3,000 litros por uno de 4,5000 litros, para el caso de ácido graso de coco no necesita tanque provisional ya que el tanque donde se almacena quedará fuera de servicio una vez que se termine inventario conforme al plan de producción normal y alineado con los tiempos de arranque del proyecto. Dicho de otra manera, es fundamental que para cuando el inventario de ácido graso de coco se acabe, las instalaciones del ácido cítrico estén listas para poder hacer la sustitución. En la siguiente ilustración se muestra de manera más clara el plan para la instalación de este tanque provisional.

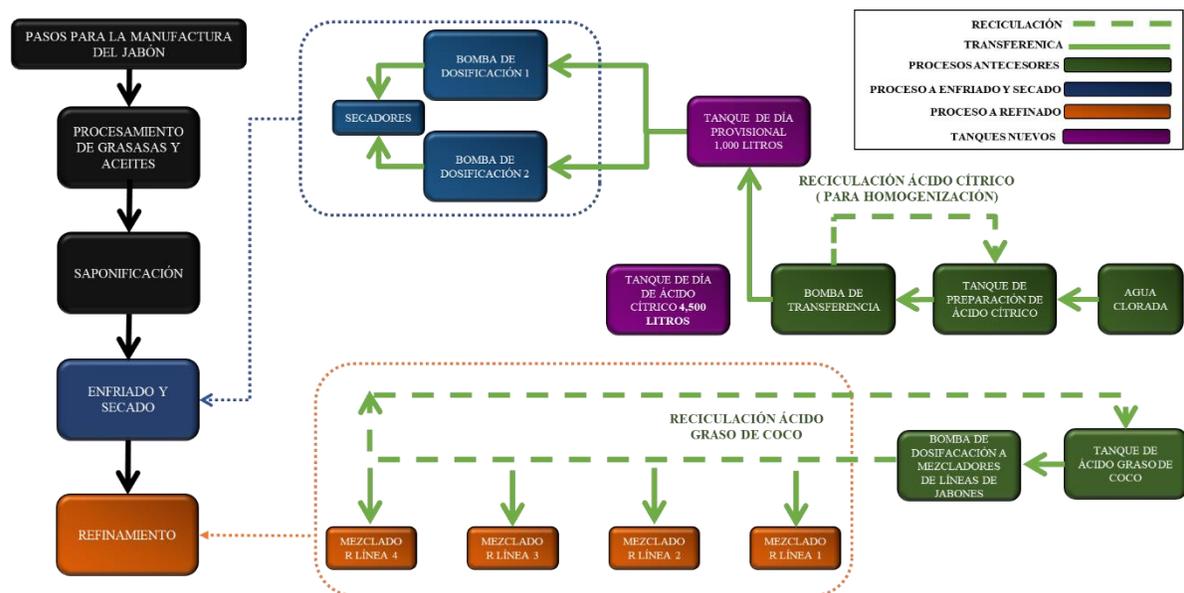
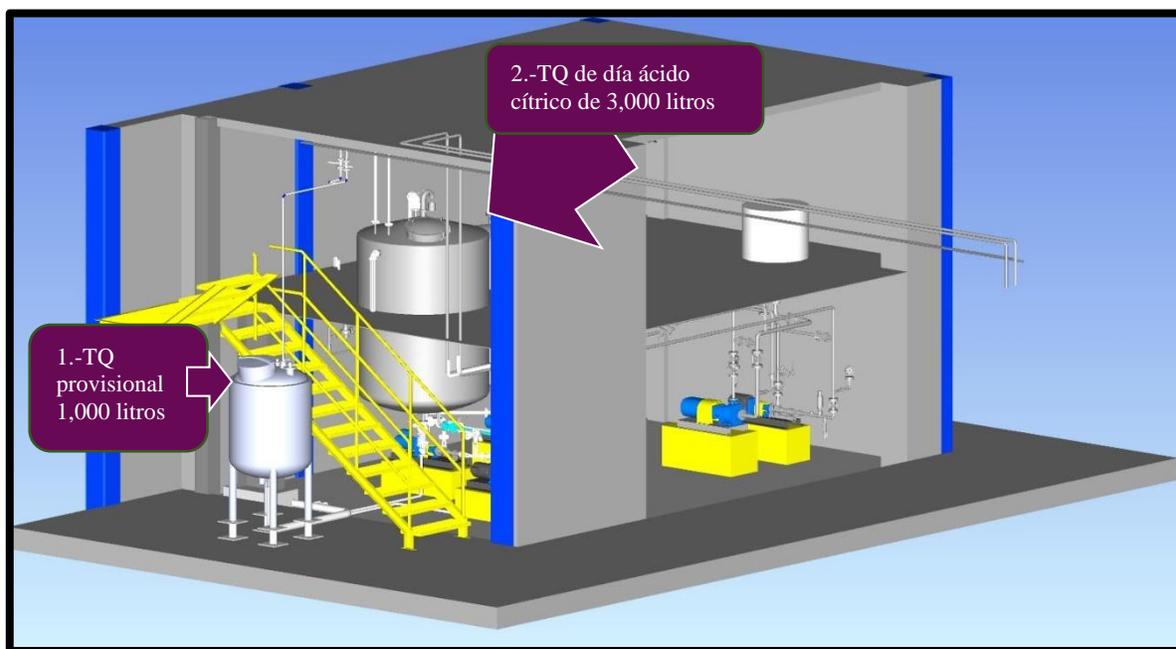


Ilustración 23 Proceso de dosificación de ácido cítrico con tanque provisional

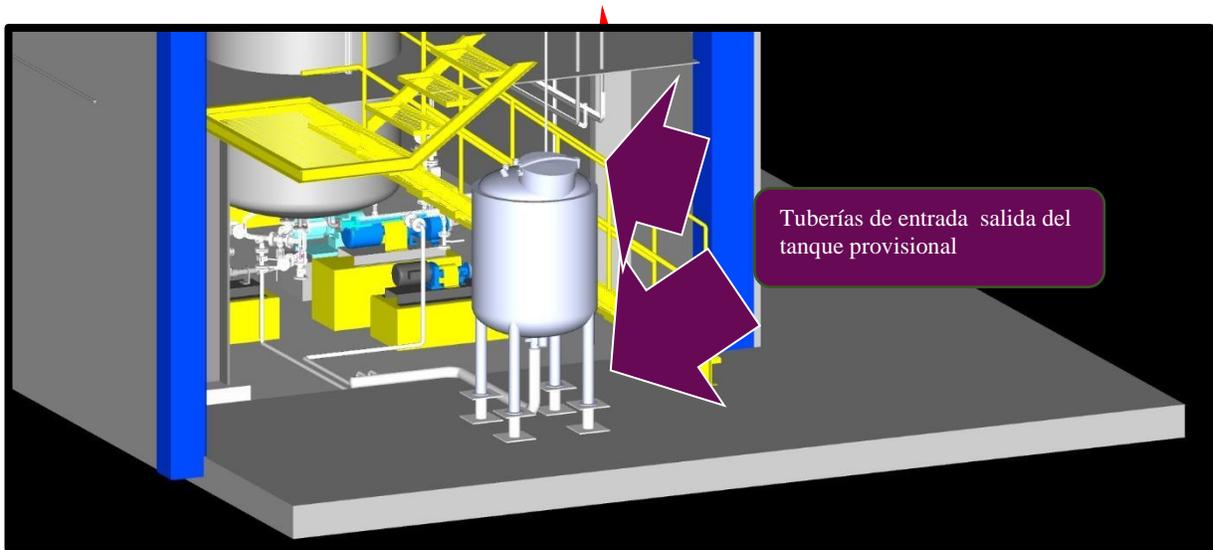
Como se puede observar en la lustración anterior en los recuadros morados, se instala el tanque provisional (1,000 litros) y se conecta a las mismas entradas y salidas que tenía el tanque anterior, esto permite dismantelar el tanque de 3,000 litros e instalar el de 4,5000 litros.

En la *ilustración 24* se puede apreciar un modelo 3D del cuarto donde se harán las modificaciones, por la parte de afuera (número 1) se aprecia la ubicación del tanque provisional, dentro del cuarto (número 2) se aprecia el tanque de 3,000 litros que se dismantelará.



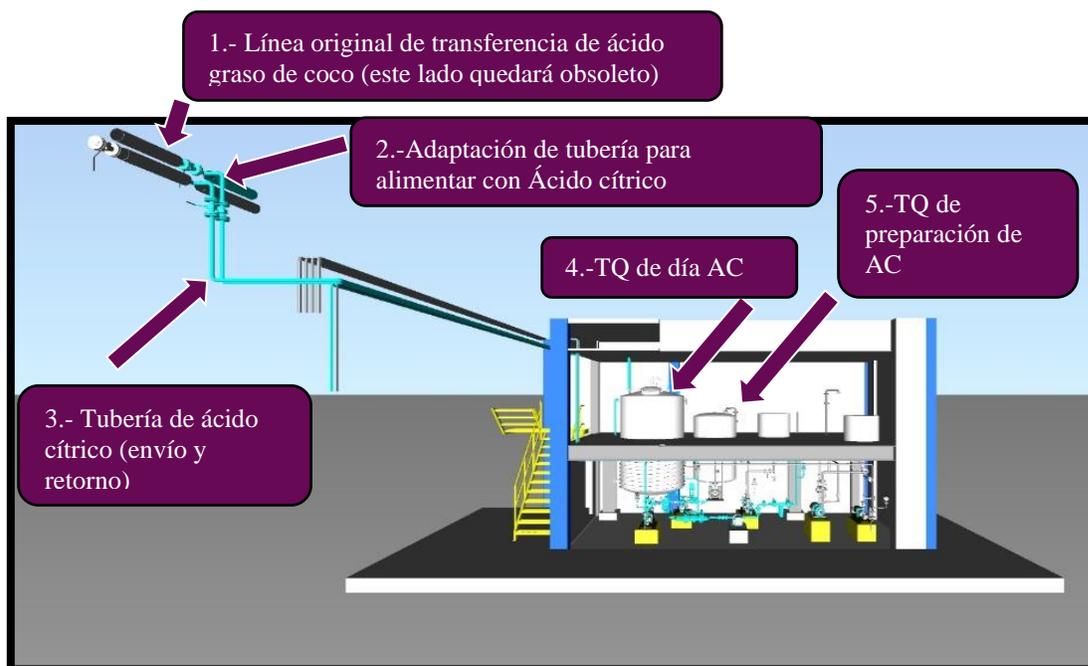
*Ilustración 24 Arreglo tanque provisional y ubicación de tanque a dismantelar*

En la siguiente imagen se aprecia de mejor forma las tuberías de salida y entrada del tanque provisional.



*Ilustración 25 Tuberías de entrada y salida del tanque provisional*

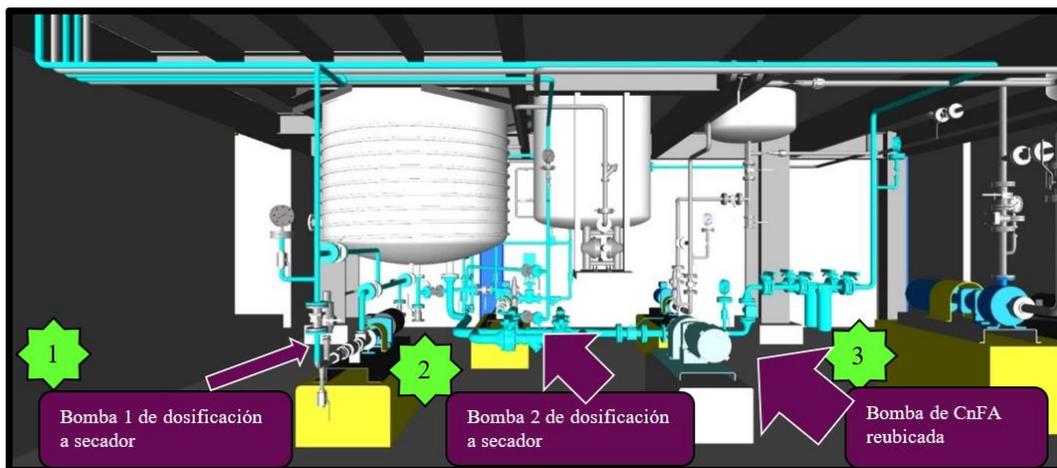
Posteriormente se requerirá un paro menor en cual se usará para colocar las entradas de tubería de ácido cítrico sobre el circuito de ácido graso de coco como se puede ver en el punto dos de la *ilustración 26*.



*Ilustración 26 Adaptación de tubería de ácido cítrico a circuito de ácido graso de coco*

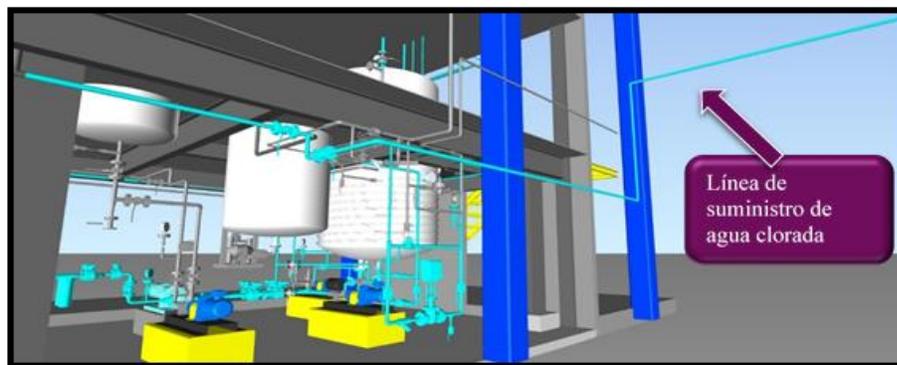
En la ilustración anterior se puede observar el tanque de ácido cítrico (TQ de día AC) así como su línea recirculación (tubería azul) la inserción de esta sobre el loop existente del ácido graso de coco.

Acercándonos más hacia la parte baja del cuarto, en la *ilustración 27* podemos observar más a detalle las bombas del tanque de día y la tubería que deberá ser instalada (tubería color azul)



*Ilustración 27 Vista frontal de la planta baja de cuarto de ácidos*

Así mismo se propone como alcance del proyecto la formulación con agua clorada la cual se obtendrá a partir del punto más cercano al suministro del sistema actual de agua clorada de la fábrica.



*Ilustración 28 Línea de alimentación de agua clorada*



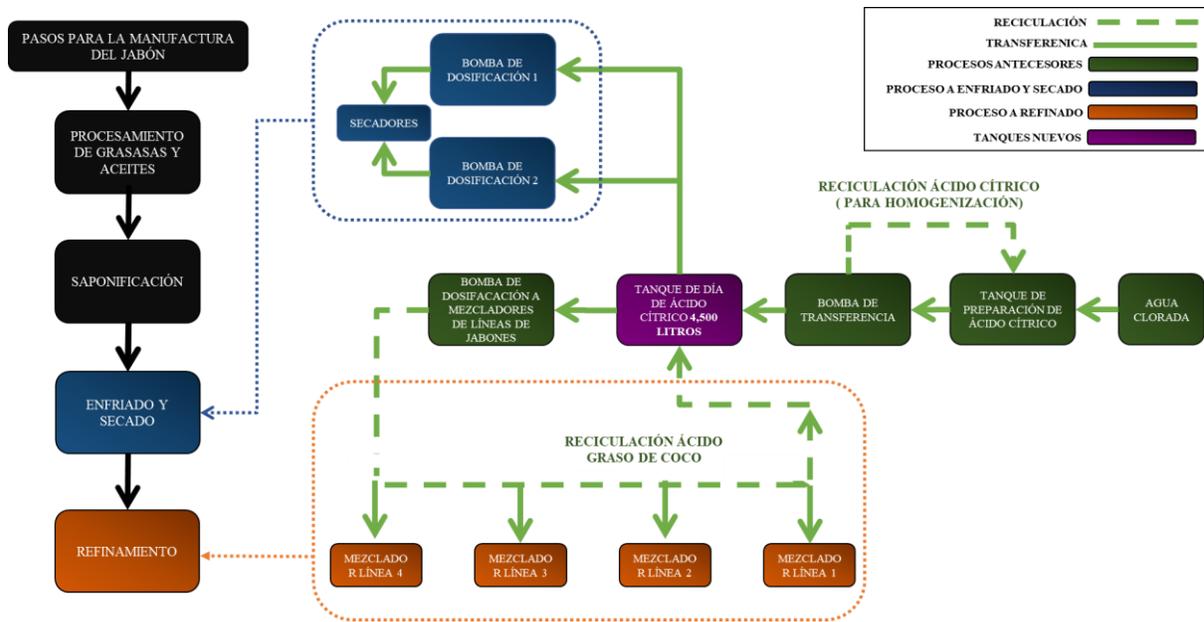


Ilustración 30 Arreglo final

En la *ilustración 30* se puede apreciar en su totalidad que ya no existe tanque provisional para el ácido cítrico, de igual modo ya no existe el flujo de ácido graso de coco.

### 3.4 – Gantt de trabajo

A fin de tener mayor claridad en la programación del proyecto, se presenta el Gantt de segundo nivel del proyecto en la *ilustración 31*. Los tiempos del proyecto se pueden ver afectados por la planeación de paros. Cabe mencionar que, aunque el equipo de proyecto establezca fechas de paro requeridas, el área de planeación debe aprobarlas, así mismo, el volumen de la fábrica es la prioridad por lo que las fechas comprometidas pueden llegar a cancelarse.

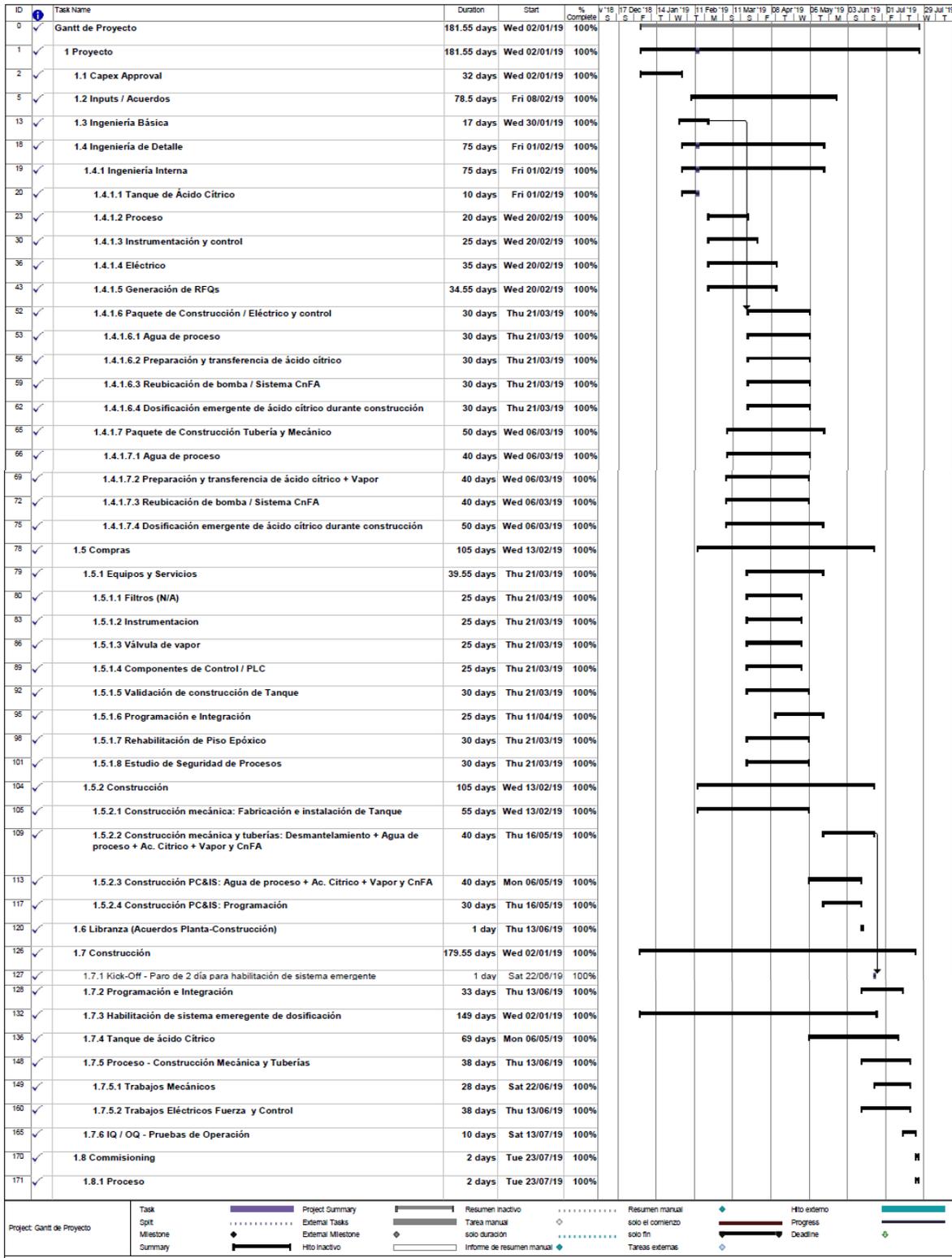


Ilustración 31 Plan de actividades del proyecto

### 3.5 - Revisión de diseño 3

Se presenta a continuación el resumen de la revisión de diseño para este paso.

Tabla 5 Check list Paso 3 - Diseño detallado

PASO EEM	PASO 3 - DISEÑO DETALLADO				
Pilar	OK	NOK	N/A	TOTAL	% COMPLETADO
AA	39	0	37	76	100%
CD	0	0	2	2	100%
EEM	25	0	28	53	100%
FI	0	0	0	0	0%
LCS	6	0	2	8	100%
PD	5	0	4	9	100%
PM	1	0	13	14	100%
QA	7	0	186	193	100%
SHE	11	0	17	28	100%
	94	0	289		
	383				

Por cuestiones de confidencialidad y con el fin de no desviar este trabajo con un objetivo distinto, se puede resumir que las preguntas de del paso 3 están enfocadas principalmente entender si los riesgos de calidad mapeados en los pasos anteriores ya han sido contemplados en el diseño del proyecto, también resalta la importancia en un diseño funcional y ergonómico.

### Paso 4 EEM – Manufactura

Para este paso el detalle de diseño está concluido se procede a contactar al área de compras para proceder con los concursos elementales mencionados en el paso dos, el detalle

de estos concursos se redacta en un documento comercial-técnico llamado requerimiento para cotización. Posteriormente al tener ganadores se les solicitará que comiencen con el proceso de manufactura, principalmente para los ganadores de la fabricación del tanque y tubería ya que dichos elementos pueden prefabricarse fuera de la planta.



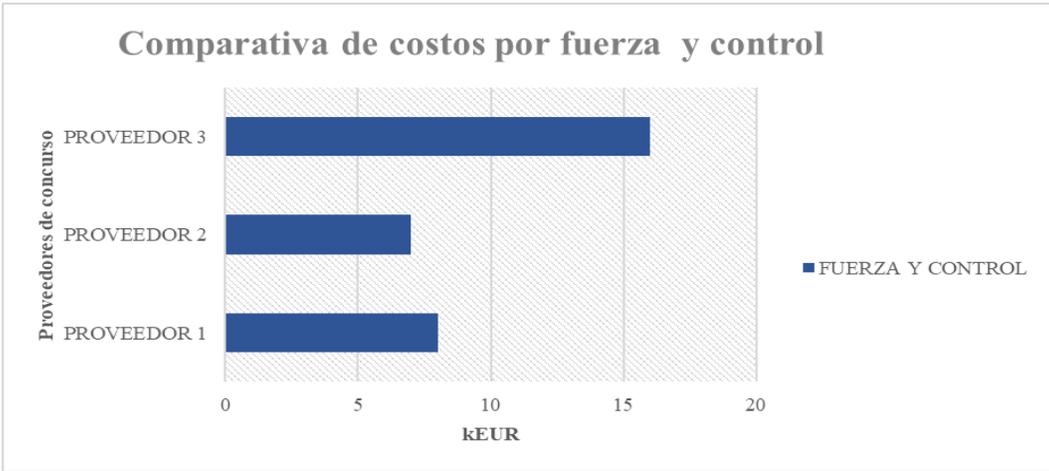
Ilustración 32 Paso 4- Manufactura

### Paso 4.1 - Licitaciones, comparación de costos y selección de proveedores

Como se mencionó en el paso dos, el proyecto cuenta con 4 áreas esenciales de gasto, a continuación, se presenta el resultado de las licitaciones por área con su respectivo ganador.

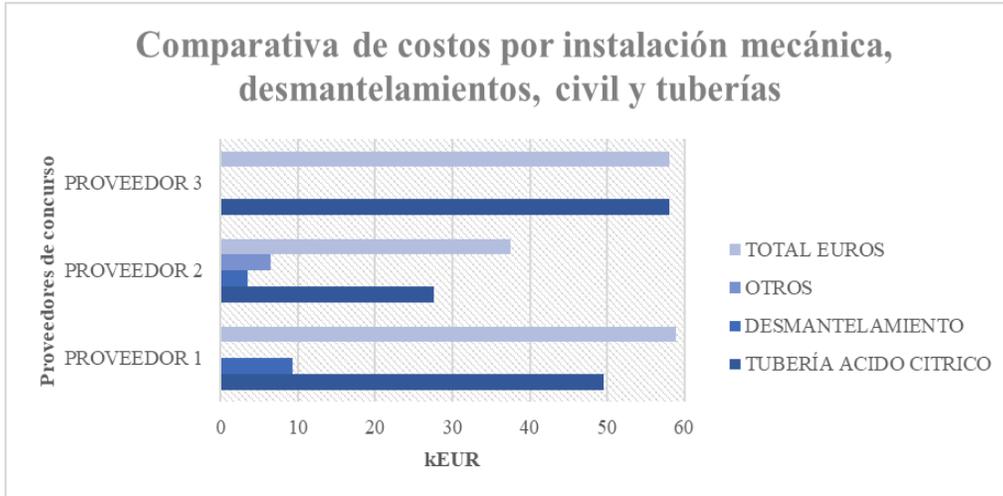
#### 1.- Fuerza y control – Ganador proveedor 2

Tabla 6 Comparativa licitación para instalación de fuerza y control



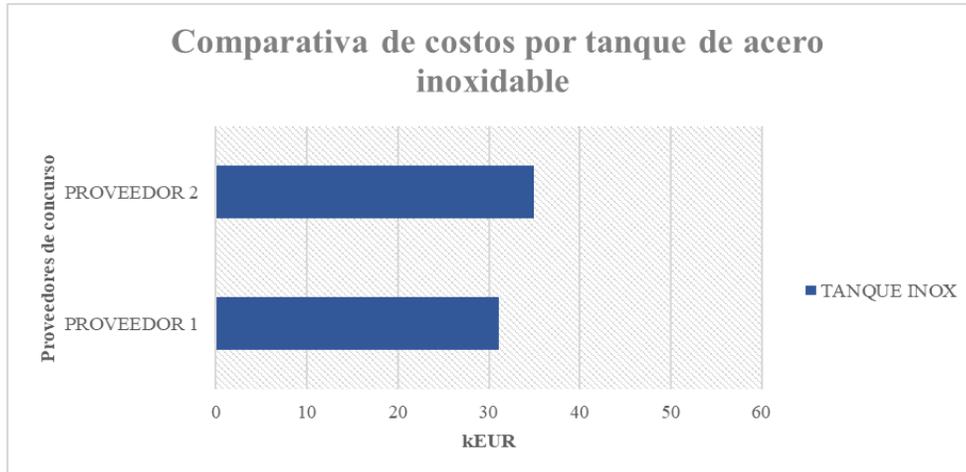
## 2.- Instalación mecánica, desmantelamientos, civil, tuberías- Ganador proveedor 2

Tabla 7 Resultados de licitación para instalaciones mecánicas, desmantelamientos, trabajos civiles y tuberías.



## 3.- Tanque nuevo – Ganador proveedor 1

Tabla 8 Resultados de licitación para fabricación e instalación de tanque de acero inoxidable.



## 4- Instrumentación

Asignación directa por compras con proveedor fabricante de la marca requerida por estándar de la planta.

## Paso 4.2 – Control de gastos

Finalmente, al haber efectuado las compras y haber cumplido con los estimados del proyecto, el gasto capitalizable (100Keur) del proyecto se ve en la siguiente tabla:

Tabla 9 Gasto capitalizable comprometido por elemento del proyecto

Elemento	Costo [kEUR]
Tanque Nuevo	31.1
Tubería	38.3
Fuerza y control	9
Instrumentación	8.1
Otros	5.1
Sobrante	8.4
Total	100

A fin de entender mejor visualmente el gasto, en la *ilustración 33* se presenta la representación gráfica de los gastos.

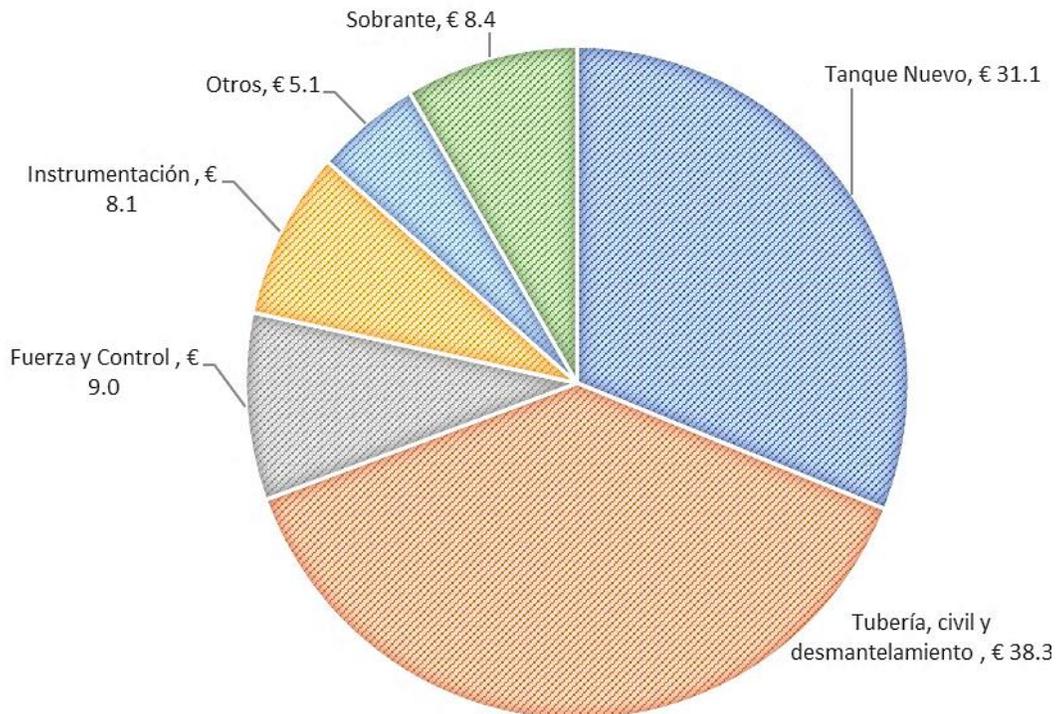


Ilustración 33 Gráfica de gasto del proyecto. Alcance capitalizable 100k euros

El gasto del presupuesto de construcción civil (10Keur) quedaría de la siguiente forma.

Tabla 10 Gasto civil comprometido por elemento del proyecto

Elemento	Costo [kEUR]
Civil	8.77
Sobrante	1.23
Total	10

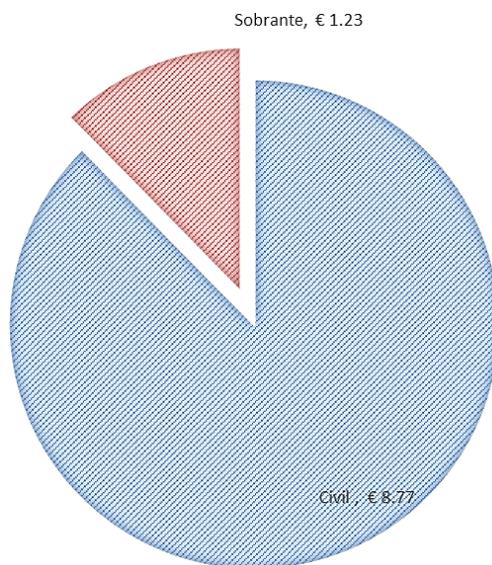


Ilustración 34 Gráfica de gasto del proyecto. Alcance no capitalizable 10k euros.

### Paso 4.3 – Preconstrucción

Teniendo en cuenta el impacto en costos se procede a colocar las órdenes de compra para comenzar principalmente con fabricación del nuevo tanque, así como las nuevas tuberías que para efectos de reducción de tiempos serán pre manufacturados fuera de la planta.

Los planos de arreglos de tuberías, así como diagramas eléctricos se compartirán a los proveedores. Para efectos del caso de estudio y a fin de no tener un documento técnico,



En la *ilustración 35* se puede observar parte del proceso de manufactura del tanque en el cual, a partir de placas de acero inoxidable, se les da forma cilíndrica para hacer el cuerpo del tanque.



*Ilustración 35 Parte superior e inferior de tanque nuevo.*

En la ilustración anterior se puede apreciar dos segmentos de tanque, la parte superior e inferior, esta segmentación se solicitó así para poder ser instalado ya que los espacios del cuarto son muy limitados, el ingreso de las piezas del tanque será por la cortina del cuarto superior que es donde actualmente se colocan las tarimas del ácido cítrico en polvo. Como se mencionó anteriormente la fabricación del tanque se realiza en las instalaciones del proveedor ya que hacerlo dentro de la planta resulta más complicado por los permisos de trabajo.

## Paso 4.3.1 - Instalación de tanque provisional

Como se mencionó anteriormente, la instalación del tanque provisional permitirá dar tiempo para desmantelar el tanque existente. A continuación, se presenta el tanque a utilizar:



*Ilustración 36 Tanque provisional con capacidad de 1,000 litros.*

Como se puede observar en la *ilustración 36*, el tanque ya es de uso, en un futuro se volverá a reutilizar para otro proyecto, por lo mientras servirá para el proyecto en cuestión.

Antes de ser usado deberá habilitarse para estar en las condiciones óptimas para la operación temporal ya que actualmente no cuenta con la altura necesaria, tampoco cuenta con sensores de nivel e interiormente se encuentra sucio.

Para su operación, calidad deberá liberar el tanque para asegurar que no representa algún riesgo de contaminación, así mismo al tratarse de un ácido, seguridad debe confirmar que sin importar que el uso del tanque sea temporal, debe ser cumplir con ciertos controles de nivel para evitar desbordamientos por sobre llenado, así como un kit antiderrame en el área para ser usado en caso de alguna emergencia.

En la *ilustración 37* se puede observar el montaje del tanque el cual tuvo que ser ajustado en su altura para que la succión pueda realizarse a nivel de la bomba. Así mismo, deberá instalarse en el teque un par de sensores de nivel (alto y bajo) los cuales controlarán la bomba de llenado para evitar que el ácido se derrame sobre el área peatonal.



*Ilustración 37 Montaje de tanque provisional.*



*Ilustración 38 Limpieza de tanque provisional*

En la *ilustración 38* se puede observar la limpieza del tanque con ácido clorhídrico con ayuda de personal de la planta especialistas en manejo de sustancias peligrosas.

Posteriormente en un pequeño paro programado se realizan las conexiones al nuevo tanque provisional y se probará que las funciones de recirculación y adición funcionen correctamente.



*Ilustración 39 Tanque provisional limpio*

Al ser un tanque más pequeño implica que se tenga que preparar y transferir con mayor frecuencia el ácido cítrico, esta alteración ya ha sido alineada con el área de *making* quienes son los encargados de realizar estas preparaciones. Se busca qué en cuestión de diseño, la operación provisional no sea más compleja de lo que es actualmente.

Finalmente, en la *ilustración 39* se puede observar que el tanque ha quedado limpio y sin residuos que puedan provocar contaminaciones en la producción.

En la *ilustración 40* se aprecia que se le coloca un acordonamiento y almohadas adsorbentes en caso de algún derrame. Al fondo se aprecia un tambo el cual contiene un kit antiderrame como prevención.



*Ilustración 40 Tanque provisional delimitado con medidas de seguridad*

Una vez validada la operación correcta del tanque provisional se procederá a instalar un tapial de madera (*ilustración 41 y 42*) en el cuarto superior el cual cumplirá dos funciones, la primera es que los trabajadores puedan comenzar con el desmantelamiento del tanque a reemplazar y la segunda es impedir que los residuos provenientes del corte del tanque a desmantelar contaminen el resto del cuarto.

Esta área de trabajo es la más compleja ya que tiene interacción la parte construcción con operación.

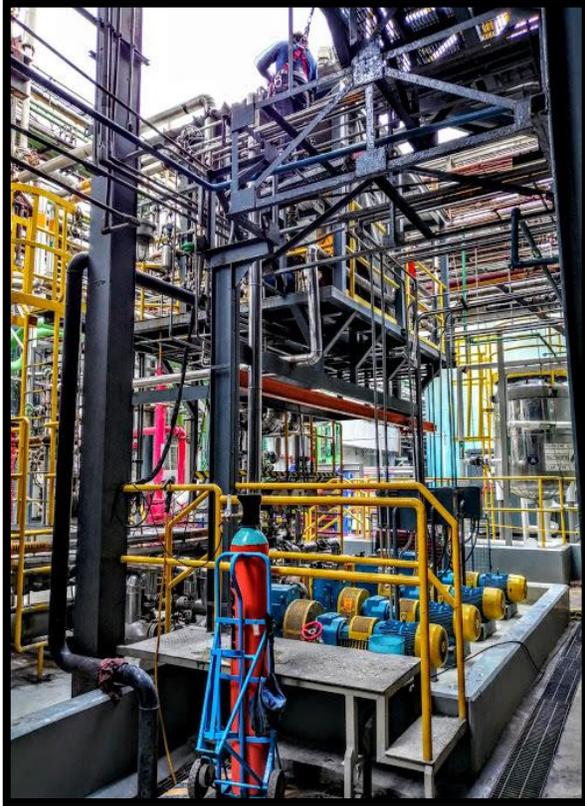


*Ilustración 41 Tapial de madera (vista interna) colocado en cuarto de preparación.*



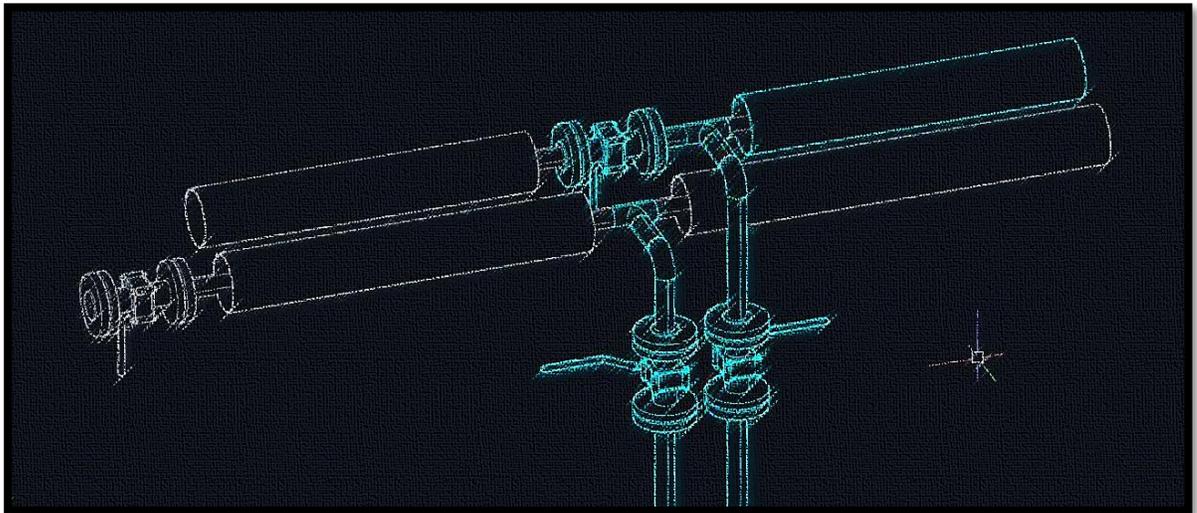
*Ilustración 42 Tapial de madera (vista externa) colocado en cuarto de preparación.*

Existe un alto riesgo de incidentes si no se mapean las actividades con precisión, por lo cual se busca realizar las tareas de desmantelamiento en horarios con menor o nula presencia de operadores y supervisar que no se dejen condiciones inseguras en el área.



*Ilustración 44 Instalación de "T" sobre circuito de recirculación de ácido graso de coco.*

En paralelo a la actividad de tapial se solicita otro paro menor para instalar las "T" (ilustración 43 ) en el circuito de recirculación del ácido graso de coco tanto en la tubería como de envío como en la tubería de retorno. Representa un trabajo en alturas y se utiliza soldadura con argón para realizar una intervención limpia como se aprecia en la *ilustración 44*.



*Ilustración 43 Intersección del loop de CnFa con válvulas para ácido cítrico (envío y retorno)*

## Paso 4.3.2 - Desmantelamiento de tanque existente

Se procede con el desmantelamiento del tanque de 3.000 litros desde la parte inferior (ilustración 44), comenzando por el enchaquetado y la traza de vapor que sirve para mantener el ácido a temperatura medianamente alta (para evitar cristalización).



*Ilustración 44 Desmantelamiento de enchaquetado de tanque.*



*Ilustración 45 Desmantelamiento con equipo de protección personal.*

El material del enchaquetado es de fibra de vidrio, considerado como un material de manejo especial, por lo cual, los trabajadores deberán realizar la actividad con traje de protección como se aprecia en la *ilustración 45*.

La disposición correcta de estos materiales de manera correcta conforme a los procesos de la planta es de suma importancia para evitar incidentes de seguridad, en este caso se le coloca una etiqueta de identificación y se lleva sito de disposiciones.



*Ilustración 46* Agujero al dismantelar tanque.

En la parte superior se desconectan las tuberías de suministro y retorno mientras por la parte de abajo se desconectan las tuberías de transferencia y vapor, así como todos los componentes eléctricos y de control. El resto del trabajo consiste en fragmentar el taque con discos de corte.

Finalmente, el tanque ha quedado dismantelado como se observa en la *ilustración 46*.

Los residuos metálicos se disponen en el área de chatarra, más adelante venderá por él un proveedor interno que lo compra. Como se mencionó anteriormente, la fibra de vidrio se etiquetará y del mismo modo un proveedor interno calificado lo dispondrá.



*Ilustración 47* Residuos metálicos



Ilustración 48 Área inferior limpia

El área queda limpia como se puede apreciar en la *ilustración 48*, sin residuos sólidos provenientes de los trabajos civiles ni del desmantelamiento del tanque.

Hasta este punto ya se tiene la operación ácido cítrico con el tanque provisional, así como las “T” que permitirán que le nuevo flujo entre al circuito, también se tiene el área lista para recibir al nuevo tanque y comenzar la instalación.

## **Paso 5 EEM – Instalación**

Para este paso se pretende realizar la instalación de equipos finales, así como el involucramiento de los operadores con lo que será la nueva instalación.



Ilustración 49 Paso 5 - Instalación

## Paso 5.1 - Instalación del nuevo tanque

Como se mencionó anteriormente, el área se encuentra lista para recibir el nuevo tanque, mismo que llega a la planta en tiempo en forma como se puede ver en la siguiente imagen.



*Ilustración 50 Llegada de nuevo tanque a planta. 4,500 [lts]*

La descarga del se realiza con ayuda de un operador de montacargas de la planta siguiendo los protocolos de seguridad y se proceden a hacer las maniobras de montaje en su ubicación final.

A continuación, se menciona un protocolo resumido paso a paso para dejar el tanque instalado.

1. Recepción y traslado de herramienta, materiales y equipo al área.
2. Inspección del área de trabajo. Delimitación.
3. Ingreso del transporte que lleva el equipo al área de trabajo.
4. Descargar los componentes del equipo en el primer nivel del sitio a trabajar.
5. Retiro del transporte de las instalaciones.
6. Montaje de diferencial auxiliar de carga en puente para izaje de equipo.
7. Acercar las partes componentes del equipo con maniobra.
8. Deslizar hacia abajo la mitad inferior del equipo.
9. Sostener la mitad inferior en soporte estructural, previamente colocado debajo.
10. Deslizar hacia abajo la mitad superior del equipo, hasta quedar a tope con la otra mitad.
11. Realizar armado de ambas mitades por medio de puntos de soldadura con gas argón.
12. Efectuar asentado de unión de partes.
13. Aplicar soldadura circunferencial por dentro y por fuera en la unión.
14. Realizar pulido interior y exterior de soldaduras.
15. Aplicar líquidos penetrantes en unión soldada.
16. Realizar radiografiado de soldadura circunferencial.
17. Efectuar pasivado interior y exterior de soldadura circunferencial.
18. Izar tanque para colocación de soportes tipo ménsula.
19. Colocar equipo en su posición final.
20. Colocar traza de cobre en mitad inferior del equipo, por debajo de los soportes.
21. Limpieza general y retiro de puente estructural auxiliar.
22. Colocar aislamiento a base de lana mineral y cubierta de lámina de acero inoxidable en área de traza de cobre.
23. Limpieza del área de trabajo.
24. Retiro de herramientas, materiales y equipos.

A continuación, se presentan algunas imágenes durante la instalación:



*Ilustración 51 Boquillas soldadas a nuevo tanque*



*Ilustración 52 Pulido de unión posterior a la soldadura de secciones.*



*Ilustración 53 Mitad inferior del tanque montada durante su instalación*



*Ilustración 54 Instalación superior de nuevo tanque con boquillas y tuberías.*



*Ilustración 55 Colocación de traza de vapor*

Una vez que se han realizado las conexiones de la nueva tubería al nuevo tanque se procede a los detalles finales como el retiro de tapial (*ilustración 56*) y el enchaquetado de la parte inferior del tanque (*ilustración 57*).



*Ilustración 56 Retiro de tapial de madera en el cuarto de preparación.*



*Ilustración 57 Enchaquetado de tanque.*



*Ilustración 58 Instalación de tubería de condensado*

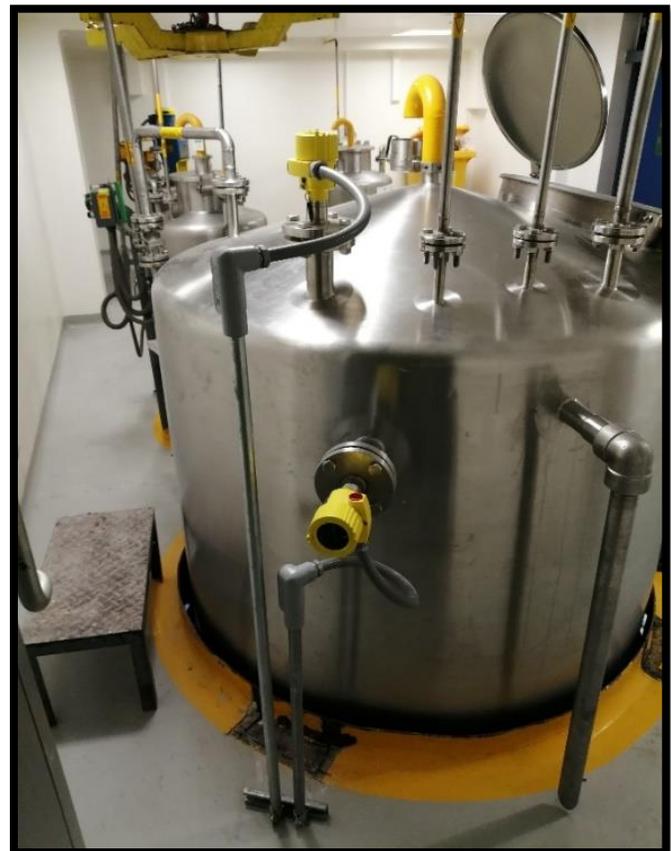
Posteriormente se recubre la tubería de condensado de la traza de vapor para evitar quemaduras.

Se procede a realizar la calibración de los nuevos sensores de nivel, así como del radar para que identifiquen como valor cero al tanque vacío.

Una vez instalado el tanque nuevo se realizan pruebas no destructivas (líquidos penetrantes, pasivación) para asegurar que el tanque cumple con una calidad sanitaria, así mismo, teniendo los resultados del análisis, se procede a instalar las tuberías de entrada y salida.

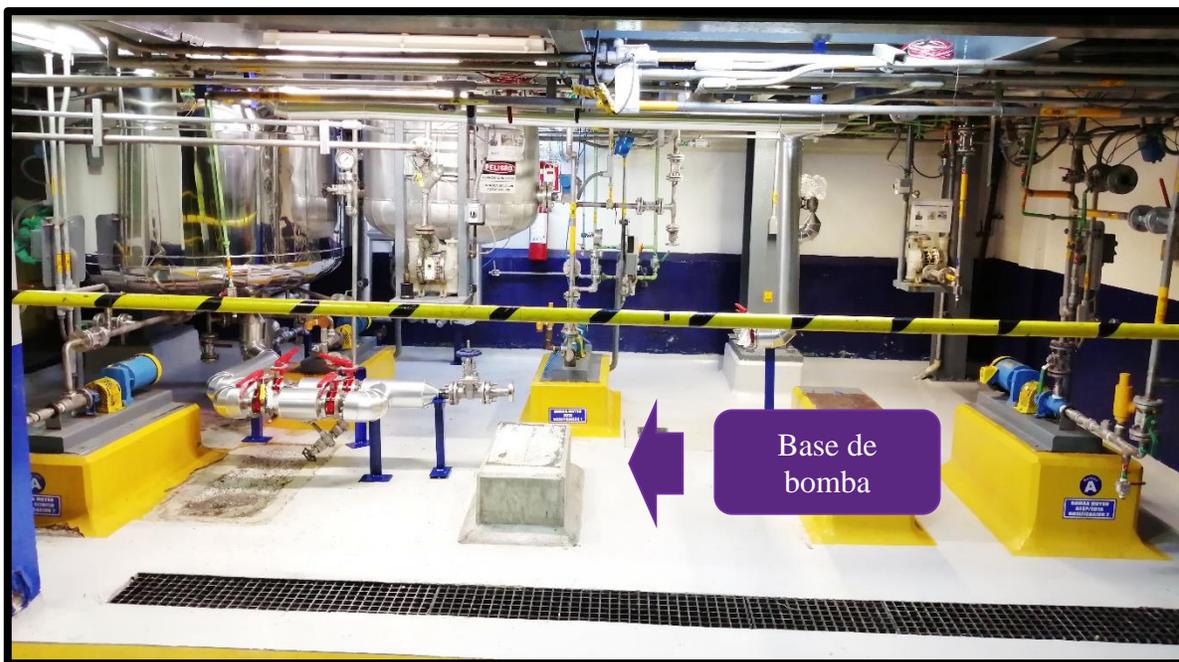
Para probar que los indicadores de nivel funcionan correctamente se realiza una prueba exitosa con agua.

Debido a la casualidad de que el ácido cítrico es un agente sanitizante que se utiliza en la planta por lo que la sanitización del tanque y tuberías ocurrirán cuando se realice la primera recirculación formal.



*Ilustración 59 Tanque nuevo con controles de nivel y tuberías de entrada listas.*

Finalmente se deja el área lista (*ilustración 60*) para la recepción de la bomba, recordemos que dicha bomba se encuentra en operación con ácido graso de coco (CnFa).

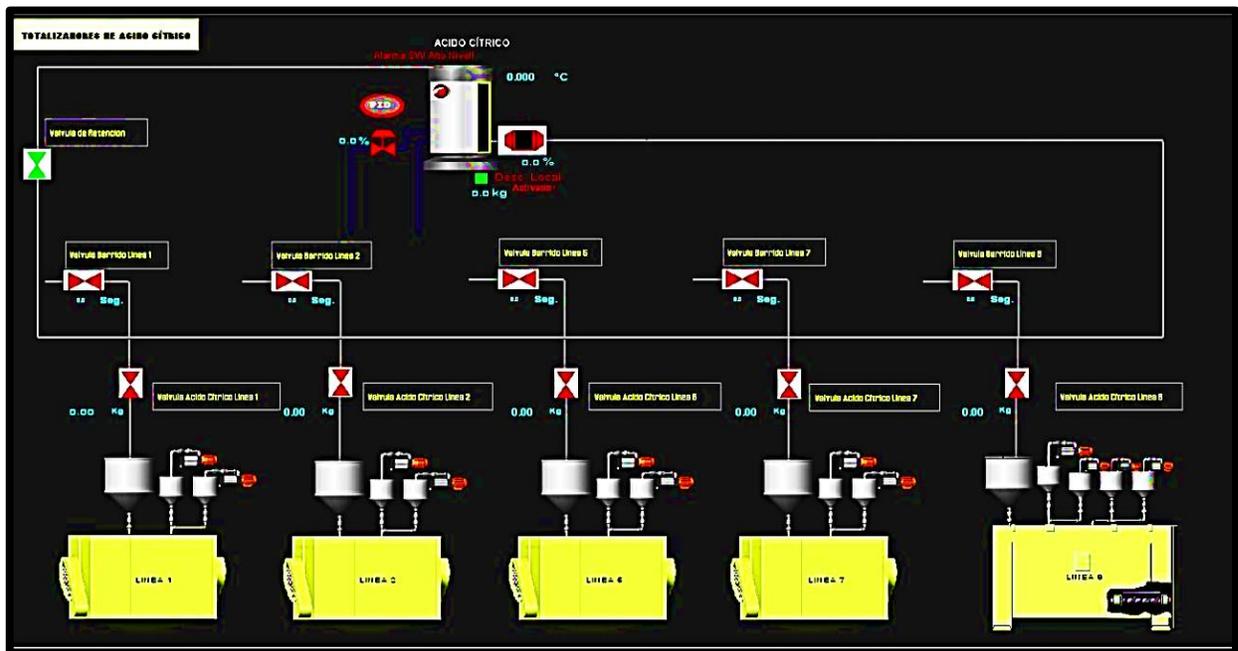


*Ilustración 60 Área preparada para el traslado de bomba*

Hasta este punto, se ha logrado tener una operación continua con el tanque provisional permitiendo instalar el nuevo tanque junto con todas sus trayectorias y accesorios e incluso realizando pruebas de transferencia y nivel exitosas por lo que ya es posible desinstalar la bomba que opera en el flujo de CnFa y trasladarla al área de ácido cítrico para que opere con este nuevo ácido, sin embargo, dado que el tanque de CnFa aún cuenta con más de la mitad de producto se busca programar el reemplazo de la bomba hasta agotar en su totalidad el inventario.

## Paso 5.2 - Programación

Así mismo, ya se han cargado al programa de monitoreo de adiciones los ajustes visuales y de control. Como se puede observar en la *ilustración 61*, en la parte superior se puede observar el tanque de día nuevo que corre por las líneas de producción en un loop. Cuando cualquiera de las líneas requiere dosificar el ácido, las válvulas automáticas en conjunto con el programa hacen la dosificación no sin antes pasar por los medidores de flujo para asegurar que las cantidades de ácido son las adecuadas para el cambio.



*Ilustración 61 Pantalla de control con ajustes de dosificación de ácido cítrico*

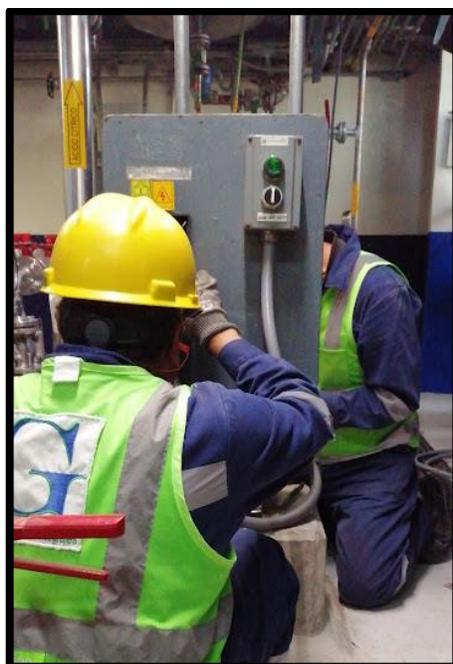
## Paso 5.3 - Reubicación de bomba

Con el inventario de CnFa agotado se brinda un espacio 6 horas aproximadamente para dismantlar la bomba y ser instalada en su nueva ubicación. La reubicación implica que un proveedor realice el desmontaje y montaje mecánico (traslado y conexión de tubería de entrada y salida) como se muestra en la *ilustración 62*, al terminar, un segundo proveedor

procederá a rematar la tubería de alimentación eléctrica (ilustración 63) para proceder a realizar pruebas.



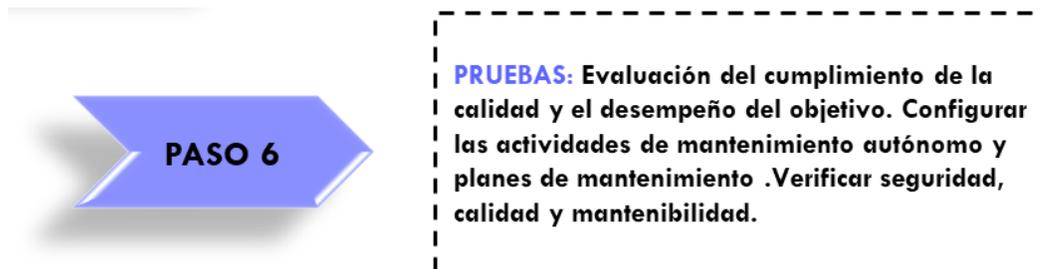
*Ilustración 62 Reubicación de bomba*



*Ilustración 63 Habilitación de botonera de bomba*

## Paso 6 EEM -Arranque

En esta fase del proyecto se procede a arrancar con pruebas formales de funcionalidad a fin de dar entrada a la correcta operación.



*Ilustración 64 Paso 6 - Pruebas*

### Paso 6.1 - Arranque con pruebas

Al terminar la instalación la bomba se procede a realizar pruebas de recirculación con el ácido cítrico mismas que concluyen satisfactoriamente barriendo los residuos de ácido graso de coco que se encontraban en las tuberías.

Posteriormente se valida durante la producción que la dosificación en cada línea se efectúe en tiempo y forma (ilustración 65) a través de los medidores de flujo, finalmente se esperan los resultados de calidad los cuales consisten en validar entre otros parámetros, que no exista actividad microbiana en la barra de jabón.

Los resultados de calidad confirman que, en efecto, los parámetros se encuentran dentro de los estándares por lo cual se deja funcionando el sistema y se monitorea para descartar desviaciones



*Ilustración 65 Medidores de flujo*

Cabe mencionar que el tanque provisional aún sigue instalado en caso de que algo llegara a fallar durante la transición, se decide mantener así por dos semanas.

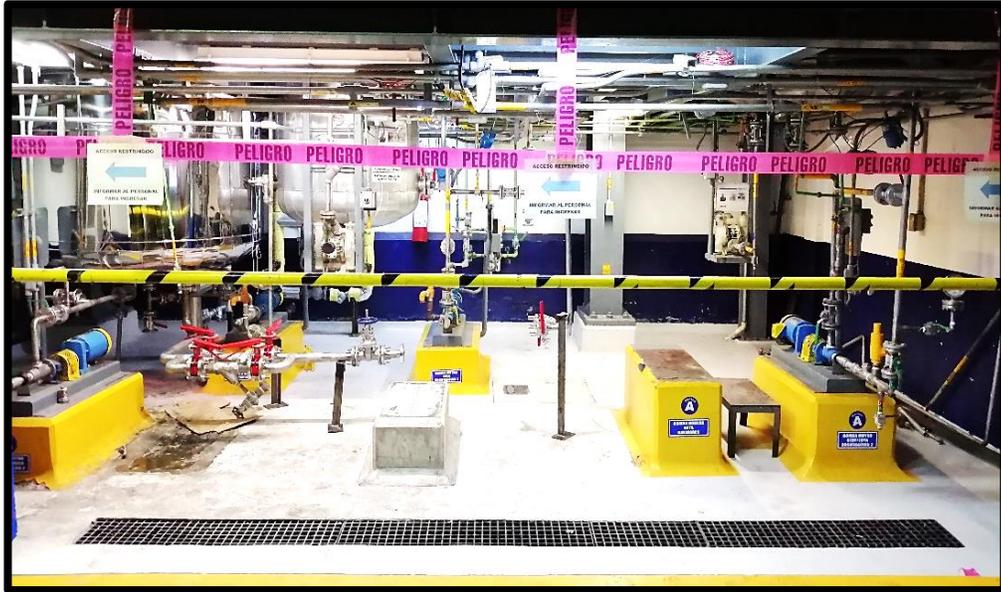
En las semanas próximas se ajustan detalles estéticos. Derivado a las maniobras el piso se encuentra dañado por lo que se pule y repara con una capa epóxica, En las siguientes imágenes se puede observar la transformación de áreas antes y después del proyecto.



*Ilustración 66 Cuarto superior antes del proyecto*



*Ilustración 67 Cuarto superior después del proyecto*



*Ilustración 68 Cuarto inferior previo a las reparaciones*



*Ilustración 69 Cuarto inferior posterior a las reparaciones*

## Paso 7 EEM – Flujo inicial

En este paso se valida que el arranque del proyecto sea vertical, así como una revisión más detallada del cumplimiento de los indicadores propuesto en un principio.



Ilustración 70 Paso 7 - Seguimiento inicial

El arranque vertical está en función de que los objetivos e indicadores planteados se validen con datos comprobables, registros y resultados en la operación.

### Paso 7.1 - Validación de KPI's

A continuación, se enuncian los indicadores planteados en el paso 1,

A) Indicadores de producción y operación:

#### 1. Costos de materia prima

En efecto, al realizar el cambio, el equipo de planeación ya no realiza la compra de ácido graso de coco ( CnFA) por lo que a partir de ese momento se genera el beneficio esperado para la planta.

#### 2.- Eficiencia de las líneas

Un indicador importante consistía en no impactar la negativamente la eficiencia de las líneas, en la *tabla 11* se puede observar el reporte de la eficiencia general de maquina (OEE) por línea durante el año 2019 en los meses de enero a junio, es decir, un año antes de la implementación del proyecto y su comparación con los mismos meses del siguiente año en donde el proyecto ya había arrancado. Se puede observar

que la eficiencia general de máquinas promedio de las cuatro líneas de producción de jabones en el 2020 aumentó un 4.07% con respecto al año pasado. No se supone que la mejora de eficiencia se relaciona con el proyecto ya que existen diversos factores que afectan la eficiencia de las líneas, sin embargo, los datos validan el cumplimiento de indicador.

*Tabla 11 Resultados de eficiencias generales de máquinas (OEE- Overall Equipment Effectiveness) de líneas de producción. Fuente: Propia obtenida de histórico de resultados de eficiencias de líneas de jabones.*

Línea de producción	Eficiencias	
	2019	2020
	Enero a Junio	Enero a Junio
Línea 1	68.30%	71.38%
Línea 2	62.07%	69.76%
Línea 3	75.38%	74.27%
Línea 4	53%	59.77%
	64.72%	68.79%

### 3.- Aprobación del primer lote

El primer lote se valida el día del arranque, como se mencionó anteriormente, calidad confirma que los parámetros se encuentran dentro de especificación.

### 4- Fecha de arranque

La fecha de arranque se contempló para el día 02 de septiembre del 20219, sin embargo, como se mencionó anteriormente, para esa fecha aún había inventario de CnFa por lo cual se decidió esperar unos días para aprovecharlo al máximo antes de poder hacer el cambio, mismo que sucedió justo una semana después; el 09 de septiembre.

### 5.- Retrasos

Pese a que hubo algunos inconvenientes durante la ejecución, se logró cumplir con los tiempos alineados con la planta.

## B) Indicadores de instalación

### 1.- Instalaciones aceptadas

Para la validación de instalación, se efectúa un formato de puntos a cumplir denominado IQ ( *installation quality*) / OQ ( *operation quality*), dicho formato debe ser firmado por el líder de área por la parte de manufactura , líder de área y mantenimiento. A continuación, se presenta la tabla con los puntos validados:

Tabla 12 IQ/OQ del proyecto

**1.- Seguridad, calidad y finanzas**

**a) Seguridad**

- El equipo cumple los requerimientos de seguridad, salud y medio ambiente:
  - El material está dado de alta en la lista de químicos de la planta
  - Existen hojas de datos de seguridad aprobadas de ácido cítrico.  
Existen los estándares para el manejo de ácido cítrico en la hoja de datos de seguridad
  - Revisar estándar de desconectores locales
    - Altura adecuada entre **0.6m - 1.7m**
    - Interruptores candadeables.
    - Desconexiones visibles de medio giro
    - Verificar voltaje con multímetro **≤600 volts**
    - Cumple el tipo de protección NEMA tipo 3R.
    - Sin fusibles en el des conector.
    - 3 fases (fase1, Fase 2 , fase 3 y tierra).
- Pasillos peatonales deben de medir **80 cm.**
- Se realizaron las pruebas hidrostáticas y de hermeticidad al tanques y tuberías.

Cumple		
N/A	SÍ	NO

**b) Calidad**

- Equipo libre de contaminación (asegurar que no existe alguna desviación de diseño).
- Instrumento de nivel calibrado.
- Equipo y áreas periféricas sin fuentes de contaminación - **Fugas.**
- Se ha sanitizado el tanque.

N/A	SÍ	NO

**c) Controles internos**

- El tanque ha sido dada de alta como activo fijo.
- El tanque tiene su placa de activo fijo visible.
- El tanque se incluyen en los reportes de activos del área.
- El tanque se incluye en el plan mensual de revisión de activos

N/A	SÍ	NO

## 2.- Pruebas Estáticas (Calificación de la instalación)

### a) Generales

	DTI	Real			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El diagrama de tubería e instrumentos vs lo físico coincide               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvulas                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvula de mariposa.</li> <li>• Válvula de bola.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<b>8</b>	8	N/A	<b>SÍ</b>	NO
	<b>1</b>	1	N/A	<b>SÍ</b>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe acta de nacimiento de los equipos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de día.</li> <li>• Sensor de nivel.</li> <li>• Sensor de temperatura.</li> <li>• Bomba de recirculación.</li> </ul> </li> </ul>			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe sábana de mantenimiento de los equipos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de día.</li> <li>• Sensor de nivel.</li> <li>• Sensor de temperatura.</li> <li>• Bomba de recirculación.</li> </ul> </li> </ul>			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Existe estructura en sistema de control de los equipos nuevos?</li> </ul>			N/A	<b>SÍ</b>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los equipos se encuentran libres de defectos visibles:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos libres de fugas.</li> <li>• Controles visuales.                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo.</li> <li>• Tanque rotulado.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• El material de construcción, diámetro y cédula para tuberías, válvulas, empaques y tomillería concuerda con el catálogo de conceptos (acero Inoxidable para tuberías &amp; Equipos nuevos)</li> </ul> </li> </ul>			N/A	<b>SÍ</b>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las válvulas están accesibles para:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación, limpieza y mantenimiento.</li> <li>• Las conexiones bridadas están fijas.</li> <li>• La tubería está soportada, alineada y no presenta vibraciones a simple vista.</li> <li>• La tubería fue inspeccionada.</li> <li>• La tubería está identificada.</li> </ul> </li> </ul>			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿El equipo funciona sin partes innecesarias?               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soportes.</li> <li>• Tuberías.</li> <li>• Válvulas.</li> <li>• Purgas.</li> </ul> </li> </ul>			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO
			N/A	<b>SÍ</b>	NO

**b) Medidores Masicos**

- El medidor másico tiene señal al HMI
- La secuencia de carga se puede ver en el HMI
- La válvulas de adición tienen señal al HMI
- Los históricos de adición de Acido Cítrico se están registrando
- Receta de cargas de CNFA
- Se verifico el peso del material en una bascula calibrada

N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO

**c) Edificios**

- El piso del primer nivel esta libre de defectos
- El piso del segundo nivel esta libre de defectos
- Los muros están libres de huecos

**3.- Pruebas Dinámicas (Calificación de la operación)**

**a) Generales**

- Los equipos están libre de fugas y derrames:
  - Bridas.
  - Válvulas.
  - Conexiones.
  - Injertos.
  - Tuberías.
- ¿La sustancia que se va almacenar está identificada en el tanque?
- ¿Maneja las temperaturas adecuadas para el material almacenado?
  - Temperatura en el sensor entre 35-55°C.
- ¿El equipo se encuentra sin ruidos anormales?
  - Golpeteos
  - Forzamientos en el paso de flujo.
  - Rechinidos.
  - Golpes de ariete.
  - ¿El equipo se encuentra sin olor a quemado?
- ¿El equipo está fijo?
  - Reguladora de vapor.
  - Válvulas.
  - Bridas.
  - Sensor de nivel.
  - Sensor de temperatura.
- Los fluidos de proceso son los que marca el diagrama de tuberías e instrumentos
- Válvulas que abran y cierren correctamente.

**Cumple**

N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO
N/A	SÍ	NO

El documento es liberado con firmas las cuales abalan la conformidad de todo lo instalado en el proyecto.

### *2.- Incidentes de calidad*

Tanto en la operación del tanque provisional como en las pruebas de arranque y arranque formal no se reportan incidentes de calidad.

### *3.- Arranque:*

El arranque del proyecto se desarrolla de buena forma, no hay necesidad de habilitar el tanque provisional el cual se encontraba conectado como respaldo. Pasadas las dos semanas de arranque, el tanque provisional se desmantela.

### *4.- Accidentes*

El proyecto cumple con el objetivo de realizar todos estos cambios de forma segura. Un factor clave fue enterar a todos los involucrados en las actividades a realizar, así como en los peligros que existen al poder tener exposición directa o indirecta a los dos tipos de ácido que se manipularon en este proyecto a través de la ficha de datos de seguridad de materiales (MSDS-Material Safety Data Sheet) y el reforzamiento continuo del área de seguridad hacia los trabajadores.

## **Paso 7.2 - Validación de operación y entrega a mantenimiento**

Respecto a la operación, las preparaciones tendrán que ser más continuas dado que ahora la planta requiere más consumo de ácido cítrico, la tarea de gestión de esta actividad se la lleva el líder de área, por otro lado, a pesar de que los cambios en el computador de

control (HMI) son sencillos, se da un entrenamiento a los operadores responsables de su manejo.

La bomba que se instaló ya se utilizaba en la planta, por otro lado, son bombas muy comunes por lo que su sábana de mantenimiento no se modifica, sin embargo, sí se da un entrenamiento para las configuraciones de los sensores de nivel y radar de nivel para futuros ajustes.

## 5. Quinto Capítulo - Conclusiones

El cambio realizado permitió que el equipo de planeación ya no realiza la compra de ácido graso de coco ( CnFA) por lo que a partir de ese momento se comenzó a generar el beneficio esperado para la planta, así mismo este cambio se logró ejecutar sin afectar la eficiencia general de maquina (OEE) por línea de producción de jabones, incluso, los datos arrojan que la eficiencia general de máquinas promedio de las cuatro líneas aumentó un 4.07% con respecto al año pasado. A pesar de que no se atribuye la mejora de eficiencia al proyecto ya que existen diversos factores que afectan la eficiencia de las líneas, se puede decir que los datos validan el cumplimiento de indicador.

*Tabla 11 Resultados de eficiencias generales de máquinas (OEE- Overall Equipment Effectiveness) de líneas de producción. Fuente: Propia obtenida de histórico de resultados de eficiencias de líneas de jabones.*

Línea de producción	Eficiencias	
	2019	2020
	Enero a Junio	Enero a Junio
Línea 1	68.30%	71.38%
Línea 2	62.07%	69.76%
Línea 3	75.38%	74.27%
Línea 4	53%	59.77%
	64.72%	68.79%

Así mismo, el primer lote se validó el día del arranque y calidad confirmó que los parámetros se encuentran dentro de especificación, por otro lado, pese algunos inconvenientes durante la ejecución por los inventarios sobrantes, se logró cumplir con los tiempos alineados con la planta.

Finalmente la ejecución se validó a través de la firma de los documentos denominados IQ ( *installation quality*) / OQ ( *operation quality*), dicho formato fue firmado por el líder de área, el líder de área y mantenimiento.

El proyecto cumplió con el objetivo de realizar todos estos cambios de forma segura y sin incidentes de calidad. Un factor clave fue enterar a todos los involucrados en las actividades a realizar, así como en los peligros que existen al poder tener exposición directa o indirecta a los dos tipos de ácido que se manipularon en este proyecto a través de la ficha de datos de seguridad de materiales y el reforzamiento continuo del área de seguridad hacia los trabajadores.

A través de la resolución del caso de estudio se puede determinar que la gestión temprana de equipos juega un papel importante para el desarrollo de proyectos que requieren una inversión de capital ya que permite que la ejecución se efectúe de forma ordenada y sistemática con pasos comunes que llevarán a un arranque vertical con los menores impactos a la producción, a la operación y siempre sumando un valor agregado a los procesos existentes y es que ese es el objetivo fundamental de aquellas empresas que buscan la implementación de mejora en sus procesos a nivel mundial, es decir, una categoría de clases mundial ; WCM .

## Bibliografía

Dr Marc Donnez. (1995). *Soap Production*. Obtenido de New Zealand Digital Library:

<http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0cdl--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-OutfZz-8-00&cl=CL2.19&d=HASH015bbb10c6f5cb2249d93782.3&gt;=2>

Dudek, M. (2016). Generation of the world class manufacturing systems. *CLC'2016*.

Felice, F. D., Petrillo, A., & Monfreda, S. (2013). *Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry*. Cassino, Italy: InTech.

Morales, C. B. (2012). *World Class Manufacturing como perspectiva para el liderazgo empresarial*.

Novická, A., Papcun, P., & Zolotová, I. (2016). Mapping of machine faults using tools of World. *IEEE 14th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, 1.

R C Gupta, J. S. (2003). Economics of Early Equipment. *The Journal of Business Perspective*.