

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Aumento de la transaccionalidad de producto terminado al ingreso a bodega y  
distribución a clientes de una empresa de producción de gases medicinales e  
industriales

INGE-2752

**Proyecto Integrador**

Previo a la obtención del título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Darwin Andrés Calderón Solorzano

Víctor David Sola Tapia

Guayaquil - Ecuador

Año 2024

## Dedicatoria

---

Este proyecto es dedicado a mi madre, que nunca dudo de mí y siempre busco la manera de apoyarme para culminar mis estudios, a mi hermano, ingeniero y colega al cual le consultaba sobre ciertas materias incluso hasta en mis últimos semestres, a mi hermana, la cual siempre fue mi voz de conciencia y me ha aconsejado siempre, a mis amigos, que incondicionalmente lograban subirme los ánimos. También quiero dedicárselo a mis profesores, su esfuerzo por transmitir tanto conocimiento y experiencia, incluso en tiempos difíciles como lo fue la pandemia, sin todos ellos nada de esto sería posible.

*-Darwin Andrés Calderón Solorzano*

## Dedicatoria

---

El presente proyecto se lo dedico a Dios, ya que gracias a su misericordia, gracia y amor logré culminar mi tan anhelada carrera. Gracias a mi querida madre Mónica Tapia que hoy en día puedo decir que gracias a ella soy un profesional. Gracias a mi querido padre David Sola por ser parte de este proceso, por inculcarme siempre que estudie, que sea alguien en la vida, que no me desvíe a los malos pasos, gracias por apoyarme en los momentos difíciles de mi vida y gracias por alentarme a que culmine mis estudios. Agradecer también a mis hermanos por ser un gran apoyo en esta larga etapa. También quiero dedicarle este título a mi abuelita Olga Pérez que ahora es un ángel que me cuida desde el cielo y que me hubiese gustado poder extender esta felicidad tan grande con ella y que sé que desde el cielo siempre me cuida, me protege y nunca deja que me pase algo malo. Y por último y no menos importante, quiero agradecerme a mí mismo por creer en mí por haber culminado como un buen profesional, quiero agradecerme por no tener días libres, por las amanecidas, por todo el sacrificio para lograr obtener este título que con gran esfuerzo lo he conseguido, quiero agradecerme a mí por nunca renunciar a mi sueño de ser Ingeniero, por siempre dar más de lo que recibo y por ser yo en todo momento.

*-Victor David Sola Tapia*

## Declaración Expresa

---

Nosotros Víctor David Sola Tapia y Darwin Andrés Calderón Solórzano acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 11 de octubre del 2024.

Víctor David Sola Tapia

vsola@espol.edu.ec

Darwin Andrés Calderón  
Solórzano

darcsolo@espol.edu.ec

## **Evaluadores**

---

**María Laura Retamales, MSc.**

Profesor de Materia

---

**Ingrid Adanaqué, MSc.**

Tutor de proyecto

## Resumen

El objetivo de este proyecto fue el aumento de la transaccionalidad de producto terminado al ingreso a bodega y distribución a los clientes en una empresa que se dedica a la de producción de gases medicinales e industriales. Se realizaron recolecciones de datos durante un período de dos semanas para poder tomar muestras y poder explicar nuestra variable de respuesta. Se tomaron los datos como binarios para luego aplicar el estudio estadístico de prueba de normalidad y un análisis de capacidad de este proceso. Se encontraron las causas raíces del por qué no existía trazabilidad de los productos y se propusieron 5 soluciones para aumentar la transaccionalidad. Entre las soluciones llevadas a cabo están: la reubicación de los puntos de cargas, la capacitación a los operadores para evitar confusiones al usar los handhelds y saber qué protocolo aplicar en caso de que el sistema presente intermitencia o falle. Se logró aumentar la transaccionalidad de un 26% a un 47% aproximadamente durante un período de casi 4 meses, lo que a su vez permitió reducir la pérdida de cilindros a un 36% y disminuir las quejas de los clientes un 21%; además, se redujo el desperdicio de papel de 13.5 kg a 8.1kg por semana respectivamente.

**Palabras clave:** DMAIC, trazabilidad, transaccionalidad, ICC

### **Abstract**

*The objective of this project was to increase the transactionality of finished products upon entry into the warehouse and their distribution to customers in a company dedicated to the production of medical and industrial gases. Data collection was carried out over a two-week period to obtain samples and explain our response variable. The data was treated as binary to then apply a statistical study, including a normality test and a process capability analysis.*

*The root causes of the lack of product traceability were identified, and five solutions were proposed to increase transactionality. Among the implemented solutions were the relocation of loading points, training operators to avoid confusion when using handheld devices, and establishing protocols to follow in case of system intermittency or failure.*

*As a result, transactionality increased from approximately 26% to 47% over nearly four months, which in turn reduced cylinder losses by 36% and decreased customer complaints by 21%. Additionally, paper waste was reduced from 13.5 kg to 8.1 kg per week.*

**Keywords:** DMAIC, traceability, transactionality, ICC.

## Índice General

<b>Capítulo 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1.  Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.  Descripción del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1.  Definición del problema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2.  Alcance del proyecto .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.3.  Requerimientos del cliente .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.  Justificación del problema .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1.  Justificación Social.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.2.  Justificación ambiental.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.3.  Justificación económica .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.  Objetivos.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.1.  Objetivo general .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.2.  Objetivos específicos .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4.  Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4.1.  Metodología DMAIC .....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1  Problema declarado .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2  Medición.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.1  Plan de recolección de datos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.2  Prueba de dos proporciones para datos binarios .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.3  Análisis de capacidad.....</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>14</b>
<b>3    Análisis .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1  Lluvia de ideas.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.1  Lluvia de ideas del área de producción .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.2  Lluvia de ideas del área de distribución .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2  Diagrama de Ishikawa .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1  Ishikawa: Transaccionalidad del oxígeno a un nivel del 28% .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2  Matriz de causas potenciales.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3  Causas potenciales .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3  Diagrama de impacto-esfuerzo .....</b>	<b>17</b>

<b>3.4 Plan de verificación de causas.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Técnica de 5w .....</b>	<b>18</b>
<b>4 Implementación.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Plan de solución #1.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Plan de solución #2.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Plan de solución #3.....</b>	<b>33</b>
<b>4.4 Plan de solución #4.....</b>	<b>34</b>
<b>4.5 Plan de solución #5.....</b>	<b>34</b>
<b>4.6 Plan de solución #6.....</b>	<b>35</b>
<b>4.7 Plan de control.....</b>	<b>38</b>
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>40</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>40</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>42</b>

## Abreviaturas

DMAIC Definición, Measure, Analyze, Improve, Control

VOC Voice of Customer

CTQ Critical to Quality

ICC Individual Control Cylinder

## INDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 1 Herramienta 3w+2h .....</b>	<b>3</b>
<b>Ilustración 2 CTQ Tree .....</b>	<b>4</b>
<b>Ilustración 2.1: Ecuación 1 Variable de respuesta.....</b>	<b>8</b>
<b>Ilustración 3 Serie de tiempo para cilindros escaneados.....</b>	<b>11</b>
<b>Ilustración 4 Prueba de dos proporciones para lotes escaneados y observaciones del equipo de trabajo.....</b>	<b>11</b>
<b>Ilustración 5 Diagrama de bigotes entre datos observados y datos medidos .....</b>	<b>12</b>
<b>Ilustración 6 Informe de capacidad para lotes no conformes en producción .....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustración 7 Informe de capacidad para lotes no conformes en distribución .....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustración 8 Diagrama de Ishikawa para causas raíces .....</b>	<b>16</b>
<b>Ilustración 9 Diagrama de impacto-esfuerzo para causas potenciales .....</b>	<b>17</b>
<b>Ilustración 10 Lluvia de ideas para posibles soluciones a causas raíces .....</b>	<b>19</b>
<b>Ilustración 11 Handheld Honeywell CK65 con cargador de 4 puertos.....</b>	<b>21</b>
<b>Ilustración 12 Visuales industriales propuestos .....</b>	<b>25</b>
<b>Ilustración 13 Contenidos de capacitación a operadores de solución 6 .....</b>	<b>27</b>
<b>Ilustración 14 Desglose de soluciones propuestas.....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 15 Matriz de impacto y esfuerzo para soluciones propuestas .....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 16 Evolución de transaccionalidad en el tiempo .....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 17 Prueba de dos proporciones y diagramas de caja para situación actual y la situación mejorada.....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 18 Análisis de capacidad situación mejorada.....</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 19 Resultados de la justificación económica, ambiental y social.....</b>	<b>39</b>

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1 Plan de recolección de datos.....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 2 Transformación de datos a binarios.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 3 Lluvia de ideas para operadores de producción .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 4 Lluvia de ideas para operadores de distribución .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 5 Matriz de causas potenciales.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 6 Causas potenciales identificadas.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 7 Plan de verificación de causas .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 8 Técnica de los 5 por qué .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 9 Resumen de causas raíces.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 10 Plan de implementación de soluciones .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 11 Metodología y criterios para cada solución .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 12 Desglose de insumos requeridos para solución 1 .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 13 Desglose de insumos requeridos para solución 2 .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 14 Desglose de insumos requeridos para solución 3 .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 15 Desglose de insumos requeridos para solución 4 .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 16 Desglose de insumos requeridos para solución 5 .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 17 Desglose de insumos requeridos para solución 6 .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 18 Resumen de soluciones propuestas y su prioridad.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 19 Diagrama Gantt para las primeras 3 soluciones .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 20 Diagrama Gantt para las últimas 3 soluciones.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 21 Plan de solución 1.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 22 Plan de solución 2.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 23 Plan de solución 3.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 24 Plan de solución 4.....</b>	<b>34</b>

<b>Tabla 25 Plan de solución 5.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 26 Plan de solución 6.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 27 Plan de control de soluciones implementadas .....</b>	<b>38</b>

**INDICE DE PLANOS**

<b>Plano 1 Ubicación actual de puntos de carga de handhelds en planta.....</b>	<b>23</b>
<b>Plano 2 Ubicación recomendada para punto de carga de handhelds en planta.....</b>	<b>24</b>

# Capítulo 1

## 1.Introducción

La empresa objeto de estudio fue constituida en el año 2011 donde surgió con el propósito de cubrir la demanda de gases en el ámbito industrial y hospitalario en el Ecuador y se especializa en la producción, envasado, distribución, comercialización, instalación y mantenimiento de gases medicinales e industriales. Para ello, estableció una planta de vanguardia equipada con tecnología avanzada para la producción de oxígeno, nitrógeno, argón y acetileno en sus formas líquida y gaseosa.

La empresa en mención forma parte de un sólido conglomerado de capital suizo-ecuatoriano con más de un siglo de trayectoria en el país. En marzo de 2023, el Grupo SOL, una empresa italiana con casi 100 años de experiencia en la fabricación y comercialización de gases técnicos y medicinales en donde adquirió la mayoría de las acciones. Esta operación se llevó a cabo mediante una alianza estratégica con la finalidad de fortalecer su presencia en Ecuador y expandirse hacia otros mercados de la región.

Esta empresa cuenta con certificaciones en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y estándares internacionales como ISO 45001:2018, ISO 14001:2015 e ISO 9001:2015. Además, dispone de un taller de pruebas hidrostáticas aprobado por el INEN y certificación de grado alimenticio, garantizando la calidad y seguridad de sus productos para su aplicación en distintos sectores, incluidos hospitales, clínicas e industrias.

Tiene como misión ser un aliado estratégico para sus clientes proporcionando soluciones integrales y tecnológicas con altos estándares de calidad priorizando la sostenibilidad ambiental, la seguridad y el bienestar de sus consumidores. Su visión es

consolidarse como un actor clave en el mercado andino de gases industriales y medicinales promoviendo la rentabilidad y sostenibilidad del negocio, además de contribuir al desarrollo de sus colaboradores, accionistas y la sociedad en general.

Con una capacidad de producción de 62 toneladas diarias de gases del aire y 200 toneladas de nitrógeno líquido, la empresa se ha posicionado como un proveedor confiable dentro del mercado ecuatoriano.

Esta alianza estratégica tiene como objetivo consolidar las operaciones en Ecuador y expandirse a mercados vecinos, reforzando así la posición competitiva de la empresa en la región.

### **1.1. Descripción del problema**

Actualmente la empresa tiene problemas de trazabilidad de sus productos, debido a que no se están transaccionando el 100% de los mismos a nivel de sistema, más bien parte de estos se los debe ingresar de manera manual y cuando esto sucede la trazabilidad de dicho cilindro se pierde automáticamente, pues el sistema no permite atar el serial individual de cada cilindro al lote correspondiente al momento de subir información manual al sistema. La empresa entonces presenta información confusa acerca de sus existencias actuales de los envases, además de que el sistema no permite buscar un cilindro único si este fue ingresado manualmente, por lo que no es posible rastrear un cilindro entre los miles que se encuentran en el sistema.

### 1.1.1. Definición del problema

Desde enero del 2024, el porcentaje de transaccionalidad en el área de despacho ha sido del del 26.28% en promedio, mientras que el departamento de distribución espera que este valor sea del 95%. Esto provoca inconsistencias en el inventario y una baja capacidad de trazabilidad de cilindros. Este problema fue establecido mediante la ayuda de la herramienta 3W+2H, detallada en la Ilustración 1.

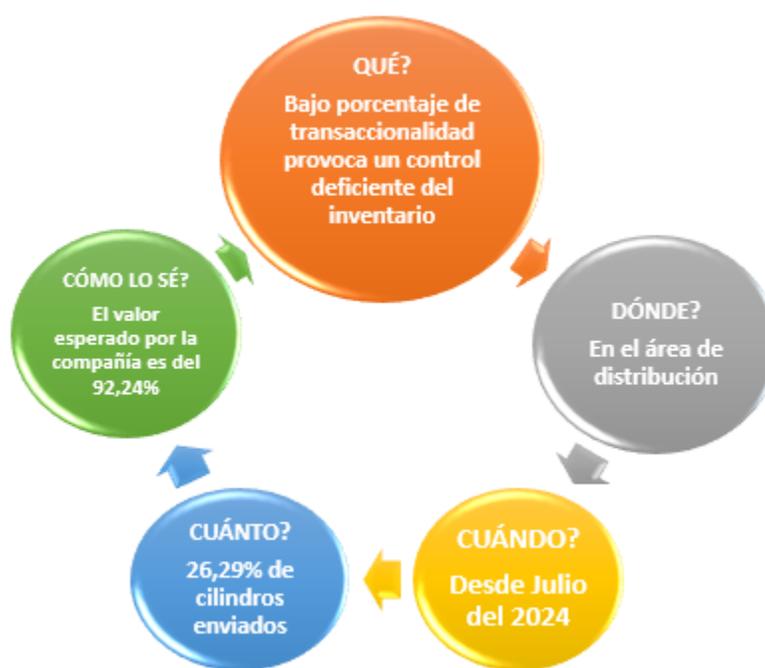


Ilustración 1 Herramienta 3w+2h

### 1.1.2. Alcance del proyecto

Este proyecto busca diseñar una estrategia que permita incrementar la transaccionalidad del área de despacho en una empresa de venta y llenado de cilindros de gases medicinales e industriales la misma que puede ser aplicada a otras áreas de la empresa mediante la aplicación de la metodología DMAIC en un periodo que va desde el mes de octubre del 2024 hasta enero del 2025.

### 1.1.3. Requerimientos del cliente

Para analizar la situación actual de la transaccionalidad de la empresa se realizaron entrevistas con diferentes personas encargadas de las áreas más relacionadas al problema: Departamento de Sistemas, Área de Producción, Transportistas, Departamento de Distribución y Área de Mantenimiento.

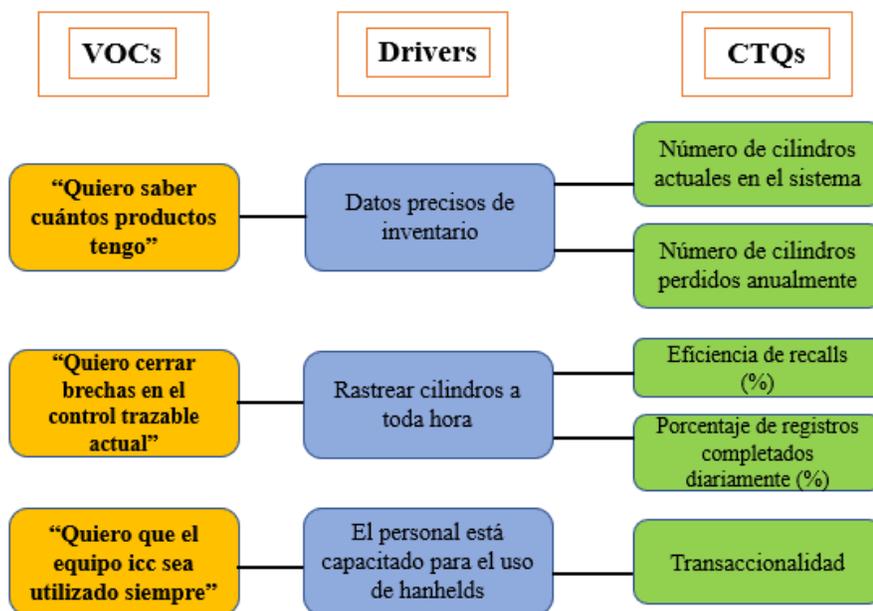


Ilustración 2 CTQ Tree

## **1.2. Justificación del problema**

La baja transaccionalidad en esta empresa impide que puedan tomarse medidas de emergencia para lotes defectuosos o clientes insatisfechos pues no se conoce con certeza donde está cada cilindro en cualquier momento, además de que se tiene un control pobre de inventario tanto en la bodega de producto terminado, como en el control de sus clientes.

### **1.2.1. Justificación Social**

La colaboración del personal tanto operativo como administrativo es clave para un mayor entendimiento de la problemática actual los diferentes puntos de vista fortalecerán la cohesión organizacional. Otra de las justificaciones sociales es la de la satisfacción del cliente que requiera un cambio de producto por defecto o requiera retirarse un producto del mercado debe ser atendido con la mayor rapidez posible por lo que la reducción de este número de quejas o solicitudes y el aumento de las solicitudes resueltas satisfactoriamente son claves.

### **1.2.2. Justificación ambiental**

Hoy en día la sostenibilidad es un pilar fundamental para cualquier empresa. Al reducir el porcentaje de cilindros desechados se minimiza el impacto ambiental y se optimiza el uso del espacio en la planta mejorando así la eficiencia operativa.

### **1.2.3. Justificación económica**

Un negocio rentable es la meta que cualquier inversionista busca al incrementar el porcentaje de transaccionalidad en la empresa, no solo se tendrán procesos más eficaces como controles de inventario o recalls, sino que se tendrá una reducción de costo de mano de obra preciso pues será mucho más sencillo monitorear el nivel de inventario y los cilindros que se encuentran en el mercado, teniendo una trazabilidad completa.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Aumentar la transaccionalidad en el área de distribución, de un 26.29% a un 38.63% en un periodo de 4 meses mediante la aplicación de la metodología DMAIC e implementación de mejoras.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Levantar información para la identificación de pasos claves relacionados en la baja transaccionalidad.
2. Identificar las causas potenciales por las que se tiene bajo porcentaje de transaccionalidad utilizando herramientas cualitativas y cuantitativas, para el establecimiento de soluciones.
3. Implementación de soluciones.
4. Crear un plan de control y seguimiento para evaluar las mejoras conseguidas.

## **1.4. Marco teórico**

### **1.4.1. Metodología DMAIC**

La metodología DMAIC, también conocida como Six Sigma por algunos autores, es un proceso estructurado de 5 fases: Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control. Su correcto uso está asociado a mejoras tales como agregar valor a los procesos, reducción de desperdicios, minimizar defectos, entre otros. Es una herramienta muy versátil por lo que puede ser aplicada tanto para empresas de manufactura como de servicios (Pérez M., 2017).

La fase de definición es donde se caracteriza uno o varios procesos con la participación del personal involucrado para un mejor entendimiento, además de la identificación del cliente (que puede ser un trabajador, un área de la empresa o el consumidor final) y la identificación de sus requerimientos. La fase de medición identifica y recopila características claves del producto y parámetros del proceso, define el sistema de medida (plan de recolección de datos) y se mide la capacidad del proceso actual. (Pérez Lopez Esteban, 2014).

La fase de análisis, como su nombre lo dice, tiene como objetivo analizar los datos obtenidos por la fase de medición utilizando herramientas estadísticas como pruebas de hipótesis para verificar la validez de los datos e identificar las causas que influyen en el rendimiento del proceso actual. (Douglas, 2005)

Se estructura un plan de mejoras el cual puede ser aplicado en el siguiente paso. La fase de implementación se identifican las posibles soluciones al problema, cuya existencia quedó demostrada estadísticamente en la fase anterior, usualmente se realizan lluvias de ideas para reunir propuestas que luego serán probadas en corridas piloto dentro

de este proceso para poder verificar su correcta implementación. (Ocampo & Pavón, 2012).

Finalmente, la fase de control se utiliza para documentar y diseñar los controles necesarios para la mejora implementada, buscando así cumplir todos los objetivos propuestos para finalmente dar por terminado el proyecto y mostrar las mejoras. (Escalante Vásquez, 2003)

## Capítulo 2

### 2.1 Problema declarado

Siguiendo con la metodología DMAIC, se elige una variable de respuesta que permita valorar el problema planteado inicialmente, esto se conoce como variable ‘‘Y’’. Para el caso del presente proyecto, la variable de respuesta será la transaccionalidad del área de distribución, la misma que puede ser medida con la siguiente formula:

$$\text{Transaccionabilidad de entrega} = \frac{\text{Número de cilindros ingresados en el sistema usando ICC}}{\text{Número de cilindros ingresados en el sistema usando ICC} + \text{Número de cilindros ingresados al sistema manualmente}} * 100\%$$

Ilustración 2.1: Ecuación 2 Variable de respuesta

## 2.2 Medición

### 2.2.1 Plan de recolección de datos

Se realiza un plan de recolección de datos, los mismos que están directamente relacionados con la variable de respuesta identificada, la palabra clave en esta fase es ICC, por sus siglas “Internal Cylinder Control”, es la metodología interna que utiliza la empresa para control de cilindros, como se aprecia en la Tabla 1.

Variable	Descripción	Unidad	Tipo de dato	Método de recolección	Factores de estratificación	Tamaño de la muestra	Origen	Razón	Estado
Transaccionalidad	Porcentaje mensual de transaccionalidad	%	Continuo	Data histórica		Enero 2024 - Septiembre 2024 / Octubre 2024 - Noviembre 2024	Distribución	Controlar la variable de respuesta	26,29%
Producciones realizadas por icc	Porcentaje mensual de producción por icc & cantidad de órdenes producidas por icc	% & unidades	Continuo & discretos	Data histórica & control visual	Operador & Área	Enero 2024 - Septiembre 2024 / Octubre 2024 - Noviembre 2024	Línea de producción de Oxígeno	Medir situación actual & medir uso de tecnología (ICC)	92,42%
Producciones ingresadas manualmente	Porcentaje mensual de producción manual & porcentaje de órdenes ingresadas manualmente	% & unidades	Continuo & discretos	Data histórica & control visual	Operador & Área	Enero 2024 - Septiembre 2024 / Octubre 2024 - Noviembre 2024	Línea de producción de Oxígeno	Medir la situación actual e identificar causas (corte de energía/tecnología/falta personal)	7,58%
Entregas resgistradas usando icc	Porcentaje mensual órdenes de entrega con icc	% & unidades	Continuo & discretos	Data histórica & control visual	Supervisor Distribución	Enero 2024 - Septiembre 2024 / Octubre 2024 - Noviembre 2024	Distribución	Medir situación actual & control de número de órdenes entregados	80,44%
Entregas resgistradas manualmente	Porcentaje mensual de entregas & número de entregas	% & unidades	Continuo & discretos	Data histórica & control visual	Supervisor Distribución	Enero 2024 - Septiembre 2024 / Octubre 2024 -	Distribución	Medir situación actual & control de número de órdenes entregados	19,56%

Tabla 1 Plan de recolección de datos

### 2.2.2 Prueba de dos proporciones para datos binarios

Los datos se transformaron a datos binarios, ya que, por ejemplo, la variable producciones usando ICC se puede categorizar como: el cilindro fue escaneado o el cilindro no fue escaneado por lo que pueden tener valores de 1 o 0 dependiendo de lo observado. Se utilizó el software Minitab para realizar todas las pruebas estadísticas y tratamiento de datos. Para el caso de variables binarias, la prueba de dos proporciones se utilizará para demostrar diferencias significativas entre 2 muestras o proporciones.

NÚMERO MUESTRA	FECHA	# DE LOTES INSPECCIONADOS	# LOTES NO CONFORMES	FRACCIÓN DE LOTES NO CONFORMES
1	4-nov-24	5	1	0,2
2	5-nov-24	4	2	0,5
3	6-nov-24	4	2	0,5
4	7-nov-24	5	0	0
5	8-nov-24	5	2	0,4
6	11-nov-24	7	2	0,29
7	12-nov-24	3	1	0,33
8	13-nov-24	5	1	0,2
9	14-nov-24	5	0	0
10	15-nov-24	4	1	0,25
<b>Total de lotes</b>		<b>47</b>	<b>12</b>	<b>0,27</b>

Tabla 2 Transformación de datos a binarios

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la Ilustración 3, donde la gráfica toma un valor de 0 cuando el cilindro fue ingresado de forma manual, y 1 cuando este se escanea usando el equipo ICC



Ilustración 3 Serie de tiempo para cilindros escaneados

Para realizar la prueba de proporciones, se comparan las mediciones realizadas por el equipo de trabajo y las mediciones que los operadores suben al sistema, garantizando la confiabilidad de los datos obtenidos. Se establecen las pruebas de hipótesis y se buscan diferencias significativas entre ambas muestras:

#### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
ESCANEO SI NO OBSERVACION	47	0.745	0.441	0.064
ESCANEO SI NO	47	0.702	0.462	0.067

#### Método

$\mu_1$ : media de ESCANEO SI NO OBSERVACION

$\mu_2$ : media de ESCANEO SI NO

Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

#### Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0.0426	(-0.1425, 0.2276)

#### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
0.46	91	0.649

Ilustración 4 Prueba de dos proporciones para lotes escaneados y observaciones del equipo de trabajo

Se establece que no existe diferencia significativa entre ambas proporciones, por lo que los datos que fueron medidos por el equipo de trabajo son confiables, la Ilustración 5 detalla un gráfico de intervalos entre las proporciones estudiadas.

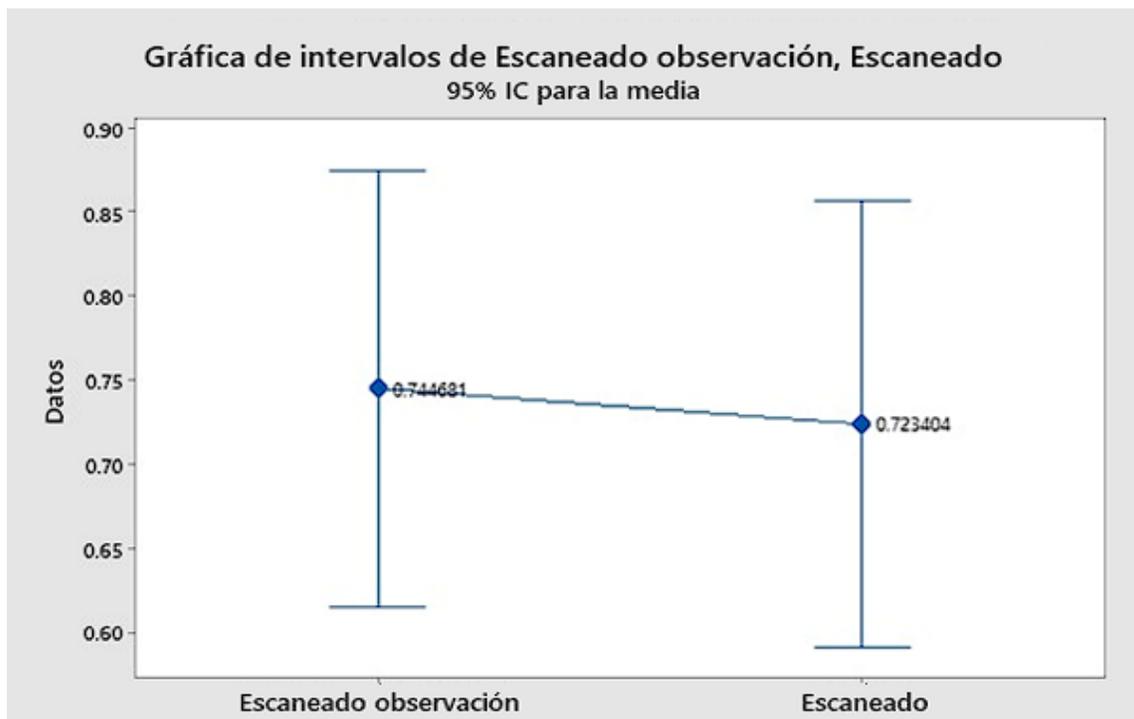


Ilustración 5 Diagrama de bigotes entre datos observados y datos medidos

### 2.2.3 Análisis de capacidad

Para este tipo de datos, la carta de control que se debe utilizar es la carta binomial tipo P para datos categóricos. En estos casos, el valor proporciona información de la capacidad actual del proceso es el valor Z del proceso. Para la metodología DMAIC, que se está utilizando para el presente proyecto, un valor Z de 2 indica que el proceso está bajo control, a continuación, se muestra el análisis de capacidad para las variables de ICC en producción y distribución, Ilustraciones 6 y 7 respectivamente.

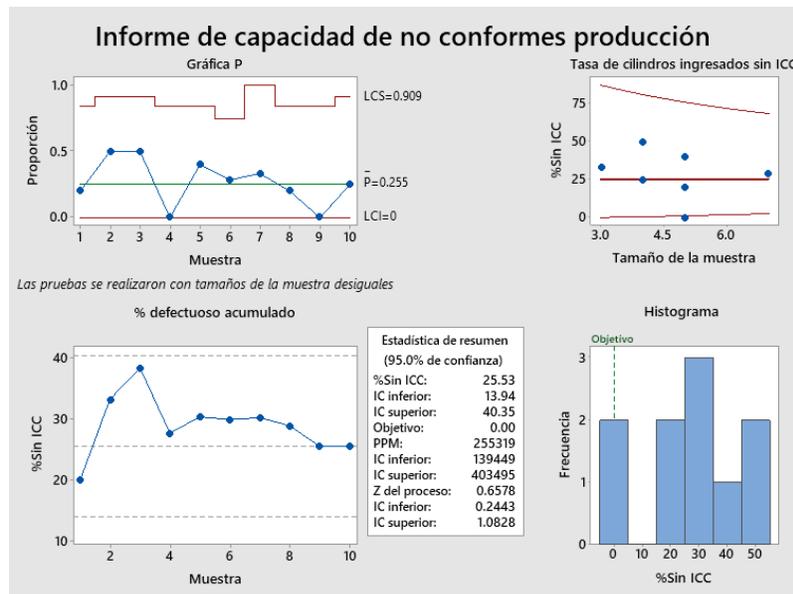


Ilustración 6 Informe de capacidad para lotes no conformes en producción

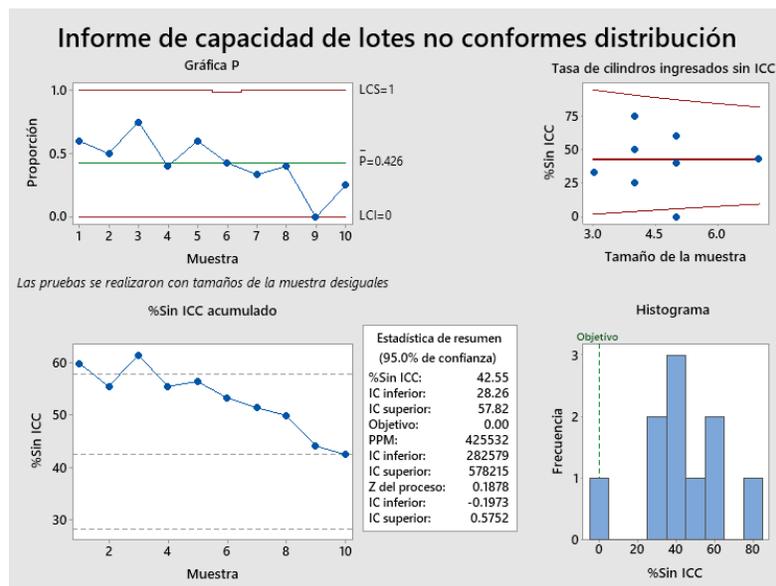


Ilustración 7 Informe de capacidad para lotes no conformes en distribución

Para el caso del área de producción, se obtuvo una Z del proceso de 0.65, en distribución, la Z del proceso es 0.18, ambos procesos (escaneo usando ICC) no están bajo control estadístico y se requiere propuesta e implementación de mejoras pertinentes

## Capítulo 3

### 3 Análisis

Una vez que se obtuvo el análisis enfocado del problema del nivel de registro manual en promedio de 1.2 lotes/día, se utilizaron herramientas como la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa, matriz causa-efecto, matriz impacto-esfuerzo, y los 5 por qué, para poder encontrar la causa raíz del problema.

#### 3.1 Lluvia de ideas

Se realizó la lluvia de ideas a distintos miembros de la empresa como los operadores del área de producción y distribución el cuál llevan más de 5 años de experiencia dentro de la misma y que han venido identificando los problemas que se presentan.

##### 3.1.1 Lluvia de ideas del área de producción

La lluvia de ideas que se muestra en la Tabla 3 se realizó en el área de producción.

Operadores de producción	
Desconocimiento por parte de los operadores	Directrices no claras
Operador cree que el sistema está caído	Handheld sin batería
No se imprimen lotes	Pérdida de handheld
No usan los handheld correctamente	Factores de estrés laboral

Tabla 3 Lluvia de ideas para operadores de producción

### 3.1.2 Lluvia de ideas del área de distribución

Para esta lluvia de ideas que se muestra en la Tabla 4 se realizó en el área de distribución.

Operadores de distribución	
Retraso en la planificación de ruta	Retraso de transportistas
Demora en realizar despachos y procesar transferencias	Falta y/o recursos insuficientes
Problemas de inventario	Actividades que no agregan valor
Problemas y confusión de data histórica	Fallo en el sistema

Tabla 4 Lluvia de ideas para operadores de distribución

## 3.2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama de causa-efecto, es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. El nombre es en honor al doctor Kaoru Ishikawa quien fue uno de los principales impulsores de la calidad en Japón y en todo el mundo, y que, además, empezó a usar de manera sistemática el diagrama de causa-efecto. (R., 2005)

### 3.2.1 Ishikawa: Transaccionalidad del oxígeno a un nivel del 28%

Teniendo conocimiento para que sirve el diagrama de Ishikawa y hecha la lluvia de ideas, se tienen estas ideas categorizándolas en el diagrama de causa-efecto por cada una de ellas, el cual se aprecia en la Ilustración 8.

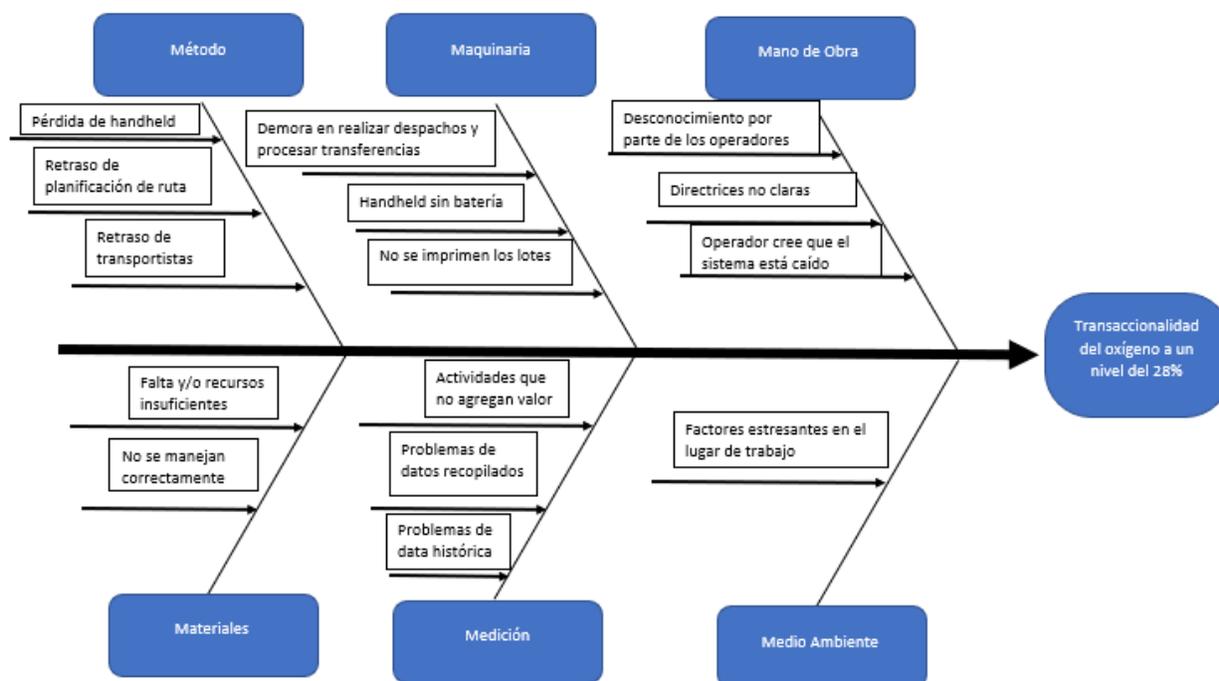


Ilustración 8 Diagrama de Ishikawa para causas raíces

### 3.2.2 Matriz de causas potenciales

La matriz muestra una calificación para cada causa potencial posible debido a la baja transaccionalidad que existe en la empresa, y en donde se detalla la siguiente Tabla 5

Causas Xs		Operador de producción	Operador de despacho	Operador de distribución	Y1
Método	Pérdida de handheld	6	9	9	9
	Retraso de planificación de ruta	9	9	9	9
	Retraso de transportistas	3	3	3	3
Maquinaria	Demora en realizar despachos y procesar transferencias	3	6	3	3
	Handheld sin batería	9	9	6	9
	No se imprimen los lotes	6	3	3	3
Mano de obra	Operador no sabe utilizar el handheld	9	9	9	9
	Falta de comunicación y colaboración	3	3	3	3
	Operador cree que el sistema está caído	9	9	9	9
Materiales	Falta y/o recursos insuficientes	1	1	1	1
	No se manejan correctamente	1	3	1	1
Medición	Actividades que no agregan valor	3	1	1	1
	problemas de datos recopilados	3	3	3	3
	Problemas de data histórica	3	3	1	3
Medio ambiente	Factores estresantes en el lugar de trabajo	1	3	3	3

Tabla 5 Matriz de causas potenciales

### 3.2.3 Causas potenciales

Para identificar las posibles causas potenciales se hicieron varias reuniones y preguntas con distintos operadores y líderes de las áreas involucradas de la empresa. Se realizó una breve explicación sobre la escala de puntuación que le debían dar a las posibles causas que se detallan a continuación en la Tabla 6.

Causas potenciales	
1	Handheld sin batería
2	Operador cree que el sistema está caído
3	Pérdida de handheld
4	Operador no sabe utilizar handheld correctamente

Tabla 6 Causas potenciales identificadas

### 3.3 Diagrama de impacto-esfuerzo

Se eligió todas aquellas causas con el personal de la empresa que tienen un alto impacto y poco/mediano esfuerzo como se muestra en la Ilustración 9.

IMPACTO	ALTO	1	2
	BAJO	4	3
		BAJO	ALTO
		ESFUERZO	

Ilustración 9 Diagrama de impacto-esfuerzo para causas potenciales

### 3.4 Plan de verificación de causas

Se realizó un plan de verificación de causas con el fin de analizar qué impacto tiene las variables “X” en la variable de respuesta “Y”, el método a utilizar y el lugar involucrado se aprecia en la Tabla 7.

Variable de respuesta Y	Nº	Causas potenciales	Impacto X->Y	¿Cómo se comprueba?	¿Quién verifica?	¿Dónde se revisa?	Estado
		Descripción		Metodología	Responsable	Lugar	
Transaccionalidad de entrega	X1	Handheld con poca batería	Se lo deja cargando el día anterior de la producción, y al día siguiente se encuentran descargados por lo que hay que ingresar los lotes manualmente	GEMBA	Equipo de proyecto	Distribución	En proceso
	X2	Operador cree que el sistema está caído	Suele presentar intermitencias por lo que el operador prefiere no arriesgarse e ingresa el lote manualmente	GEMBA	Equipo de proyecto	Distribución	En proceso
	X3	Pérdida de handheld	El operador no encuentra el handheld a tiempo por lo que opta ingresar el lote manualmente	GEMBA	Equipo de proyecto	Distribución	En proceso
	X4	Operador no sabe utilizar el handheld correctamente	Lo utiliza pero lo ingresa mal y hay que llamar a sistemas para corregir	GEMBA	Equipo de proyecto	Distribución	En proceso En proceso

Tabla 7 Plan de verificación de causas

### 3.5 Técnica de 5w

Esta es una herramienta que se utiliza para analizar e identificar la causa-raíz de un problema y se la aplica para cada causa potencial identificada, detallada en la Tabla 8.

¿Qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Acción
El handheld con poca batería	Porque no se cargaron en la noche	Porque los operarios olvidaron cargarlos	Porque las ubicaciones donde están los handhelds están muy distantes entre sí	Porque hay pocos puntos de carga	Asignar una ubicación estratégica para los equipos y adquirir cargadores de handheld con batería interna recargable
El operador cree que el sistema está caído	Porque el sistema presenta intermitencias	Porque no se conoce cada cuánto tiempo se debe actualizar el sistema y calibrar los equipos	Porque el servidor es compartido con varias empresas a la vez	Porque el costo es muy elevado	Crear o comprar un servidor propio y calibrar los equipos cada 3 meses
El equipo se pierde	Porque el operador lo deja en un lugar no adecuado	Porque no existe un lugar designado en la planta para ubicar los handhelds	Porque hay un solo punto de carga de handhelds y tiene capacidad para 6 handhelds		Adquirir un cargador de handhelds con más puntos de conexión
El operador no utiliza el handheld correctamente	Porque el operador no domina las funciones	Porque no interpreta correctamente los inputs del sistema	Porque el operador fue capacitado brevemente sobre su uso del equipo pero no de cómo funciona		Capacitación sobre el swissystem que incluya creación de lotes, interpretación de transaccionalidad diaria por área (producción-distribución) e importancia de trazabilidad y correcto manejo de equipo

Tabla 8 Técnica de los 5 por qué

## 4 Implementación

Se procede a reunir al equipo de trabajo para realizar una lluvia de ideas una vez identificadas las causas raíz del proyecto las cuales serán argumentadas y elegidas por todos los miembros incluyendo operadores, jefes y los estudiantes, la Tabla 9 resume las causas raíz encontradas.

Causas Raíces	
1	Handheld con poca batería
2	Handheld perdido cuando se lo necesita
3	Operador cree que el sistema está caído
4	Operador no sabe utilizar handheld correctamente

Tabla 9 Resumen de causas raíces

Las soluciones con mayor aprobación fueron ubicadas respectivamente para cada una de las causas raíz definidas anteriormente, tal como se muestra en la Ilustración 10.



Ilustración 10 Lluvia de ideas para posibles soluciones a causas raíces

En total se tomaron seis soluciones para cuatro causas raíz, a continuación, se detallará cada causa raíz con sus soluciones en un plan de implementación, el dicho plan se encontrará información como el por qué implementar tal solución, donde se implementará, como se lo realizara y quienes lo harán, como se aprecia en la Tabla 10.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN						
Causas Raíces	Solución	Por qué implementarlo?	Cómo?	Dónde?	Cuándo?	Quién?
Dispositivo portátil con batería baja	Comprar un cargador de mano más grande	Porque permitirá a los operadores asignar y cargar más dispositivos portátiles en un espacio reducido	Comprar un cargador para 2 dispositivos portátiles que pueda cargar simultáneamente al menos 4 dispositivos portátiles	Punto de carga portátil actual en la línea de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Victor& Calderón Darwin)
Dispositivo portátil con batería baja	Reubicar los puntos de carga	Porque los lugares actuales donde se almacenan los dispositivos portátiles están muy alejados entre sí y facilitará el trabajo de los operadores	Encontrar la ubicación óptima en el área de producción que minimice el movimiento del operador y no interfiera con el proceso.	Área de producción	Mediano plazo	Líderes de proyecto (Sola Victor& Calderón Darwin)
Handheld perdido cuando se lo necesita	Diseñar un control visual 5s para herramientas	Porque facilitará la organización de las herramientas (incluidos los portátiles) y evitará pérdidas innecesarias.	Comprar e instalar herramientas visuales que sean sencillas y fáciles de entender.	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Victor& Calderón Darwin)
Handheld perdido cuando se lo necesita	Diseñar un control visual 5s para herramientas	Porque facilitará la organización de las herramientas (incluidos los portátiles) y evitará pérdidas innecesarias.	Comprar e instalar herramientas visuales que sean sencillas y fáciles de entender.	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Victor& Calderón Darwin)
Operador cree que el sistema está caído	Calibrar los equipos	El equipo no se calibra constantemente y el dispositivo portátil falla	Contratar un técnico de calibración de equipos	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Victor& Calderón Darwin)
Operador cree que el sistema está caído	Actualizar el sistema	El sistema intermitentemente y se vuelve lento.	Área de control y tecnologías de la información (TIC)	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Victor& Calderón Darwin)
Operador no sabe usar el handheld correctamente	Capacitar a los operadores	El operador no interpreta correctamente las entradas y sus funciones.	Implementando un curso de capacitación	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Victor& Calderón Darwin)

Tabla 10 Plan de implementación de soluciones

Una vez elaborado el plan de implementación se asociará para cada solución una metodología de implementación para facilitar su posterior ejecución, además se catalogarán por criterios, como se muestra a continuación en la Tabla 11.

#	Solución	Metodología de Implementación	Criterio
1	Comprar un cargador de mano más grande	Análisis de presupuesto y espacio disponible.	Económico
2	Reubicar los puntos de carga	Diseño en AutoCAD	Económico
3	Diseñar un control visual 5s para herramientas	Despliegue en el piso	Social
4	Calibrar los equipos	Mantenimiento	Económico
5	Actualizar el sistema	Presupuesto	Económico
6	Capacitar a los operadores	Curso de formación de 1 hora cada 5 días.	Social

Tabla 11 Metodología y criterios para cada solución

Cada solución va a ser implementada y evaluada, por lo pronto se va a detallar como realizarlo y los costos asociados (en caso de tenerlos) serán mostrados.

Para la solución 1, la cual es la compra de dos cargadores de cuatro puertos cada uno, buscara optimizar la carga de los siete handhelds que dispone actualmente la organización en la que se realiza el proyecto. La Ilustración 11 nos muestra el modelo de los equipos, cuyos costos asociados se resumen en la Tabla 12.



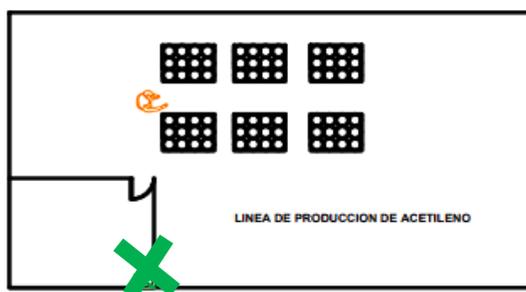
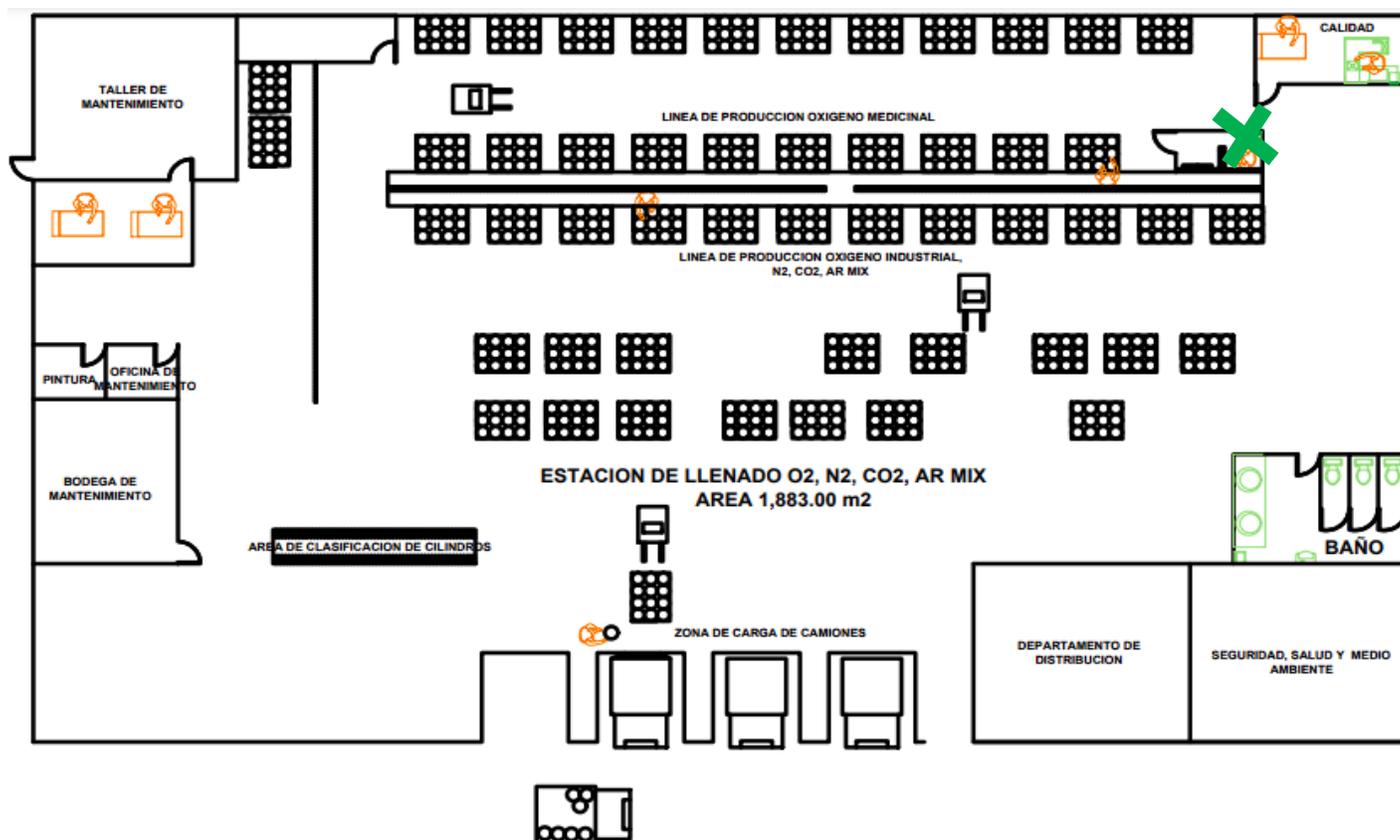
Ilustración 11 Handheld Honeywell CK65 con cargador de 4 puertos

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo total
2	CARGADOR DE DISPOSITIVOS DE 4 ENTRADAS SIN ARRANQUE HONEYWELL PARA EL MODELO CK65	\$ 465.00	\$ 930.00
2	TOMA DE CA HONEYWELL POWER CHORD PARA ALIMENTACIÓN TIPO A C13	\$ 10.00	\$ 20.00
<b>Total</b>			<b>\$ 950</b>

Tabla 12 Desglose de insumos requeridos para solución 1

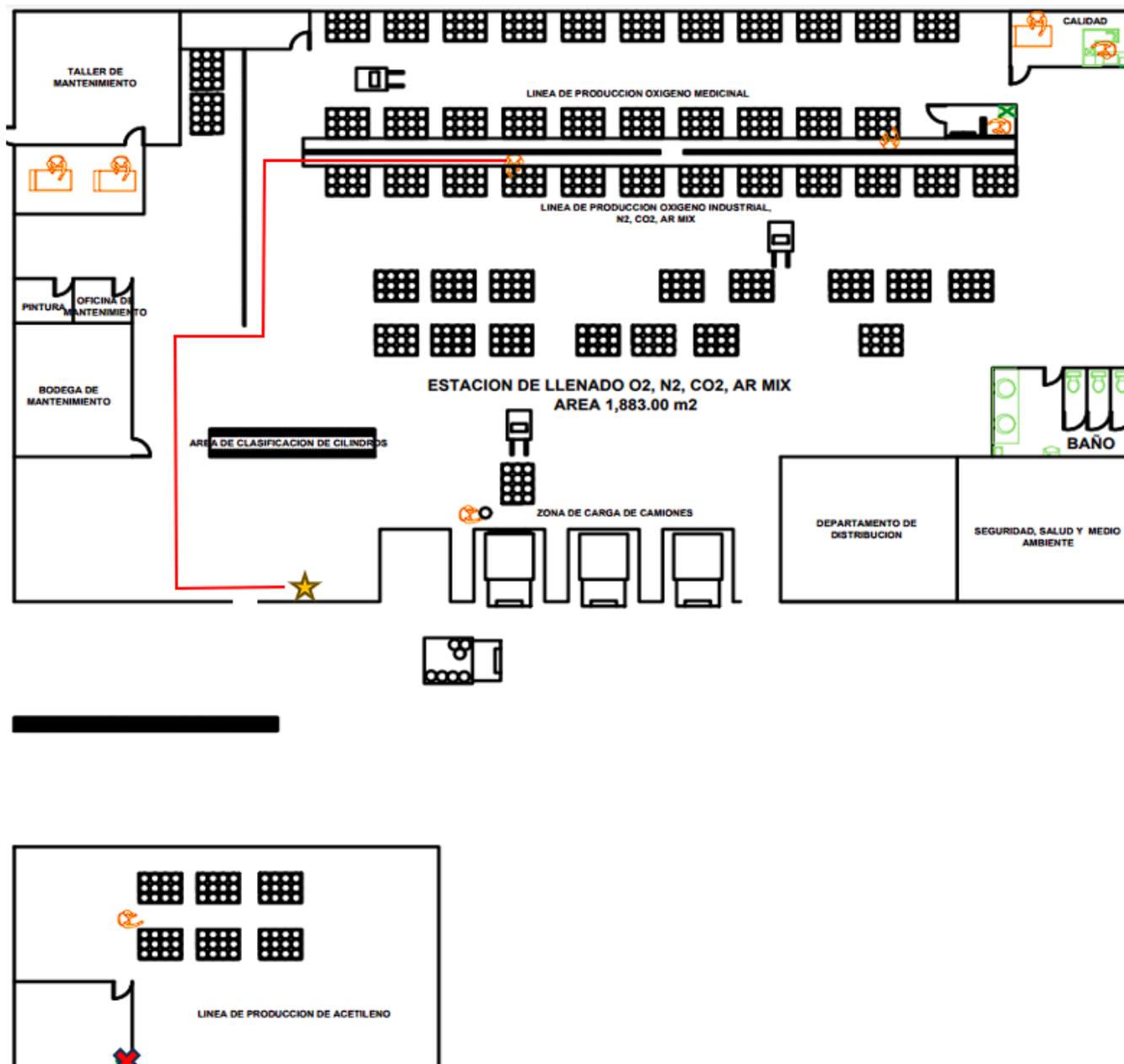
Luego, para la solución 2, se buscará reubicar los puntos de carga actuales, los cuales están muy distanciados entre si debido a un pico de demanda por acetileno que hubo hace 2 años.

Al reubicar ese punto de carga en un lugar más accesible tanto para el personal de distribución como el de producción no solo se reducirán distancias y se asegurara que el equipo se pueda cargar cuando se necesite, sino que también está relacionado a reducir las incidencias de pérdida de handhelds. Para esto se realizó un plano en AutoCAD de la planta, enfocado a las áreas de producción y embarque de camiones, donde se puedan apreciar distancias, departamentos y los puntos de carga. A continuación, en el Plano 1, se mostrará el plano de la planta, específicamente en el área de llenado y carga/descarga de cilindros, en el cual se pueden apreciar los puntos de carga presentes actualmente. Luego, en el Plano 2 se muestra la nueva ubicación del punto de carga del área de acetileno.



Plano 1 Ubicación actual de puntos de carga de handhelds en planta

Los puntos de carga se pueden apreciar cerca de las esquinas superior derecha e inferior izquierda, marcadas con una “x” verde.



*Plano 2 Ubicación recomendada para punto de carga de handhelds en planta*

El nuevo punto de carga recomendado se encuentra representado por una estrella amarilla, cerca del área de clasificación de cilindros. Esto reduciría aproximadamente 35 metros recorridos entre el nuevo punto y el punto de carga anterior. A continuación, se detalló la inversión que esto supondría, en la Tabla 13.

Cantidad	Descripción	Costo Total
1	ENCHUFE DOBLE TIPO B	\$2.45
-	MANO DE OBRA (INCLUYE CABLEADO)	\$10

Tabla 13 Desglose de insumos requeridos para solución 2

Para este nuevo punto de carga es necesario instalar un tomacorriente debido a que dicha ubicación no cuenta con uno. En total costaría \$12.45, incluido el cableado.

Para la solución 3 que es el diseño de visuales 5s para el control de la ubicación de herramientas y equipos se propusieron los siguientes diseños apreciados en la Ilustración 14.



Ilustración 12 Visuales industriales propuestos

Los costos asociados a la implementación de la solución 3 se detallan en la Tabla 14.

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
2	CARTEL TAMAÑO 28 X 50 CM TODO COLOR PEGADO SOBRE PVC DE 3MM + LAMINADO Y CON CINTA DE ESPUMA	\$13.33	\$26.66
25	LETRAS TAMAÑO 10 X 10 CM VINILO TODO COLOR PEGADAS SOBRE PVC + LAMINADO Y CON CINTA DE ESPUMA	\$0.49	\$12.25
<b>Total</b>			<b>\$ 38.91</b>

Tabla 14 Desglose de insumos requeridos para solución 3

Lo que se busca con esta solución es reducir las incidencias de pérdida de equipos mediante un control visual y didáctico.

Para la solución 4 que es la calibración de los equipos Handheld, se contrató un agente externo que se encargó de calibrar los siete handhelds al menos cada tres meses. Esto impactará la causa raíz de fallas durante el escaneo, los costos asociados son detallados en la Tabla 15.

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
7	PORTÁTIL DE MANO HONEYWELL CK65	\$48,50	\$339,50

Tabla 15 Desglose de insumos requeridos para solución 4

Para la solución 5, actualización del sistema, que también impacta a las fallas durante el escaneo, estará a cargo del departamento TIC de la empresa, buscaran solucionar fallos constantemente, además de implementar nuevas funciones, de ser necesarias.

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
1	SISTEMA DE LA EMPRESA	\$0,00	\$0,00

Tabla 16 Desglose de insumos requeridos para solución 5

Para la última solución, capacitación de personal, se dictó un curso a los dos operadores del área de distribución, los temas que serán cubiertos durante este curso de 5 días serán: bases del sistema y su funcionalidad, fallas comunes, utilización de Handheld adecuada, resumidos en la Ilustración 13.

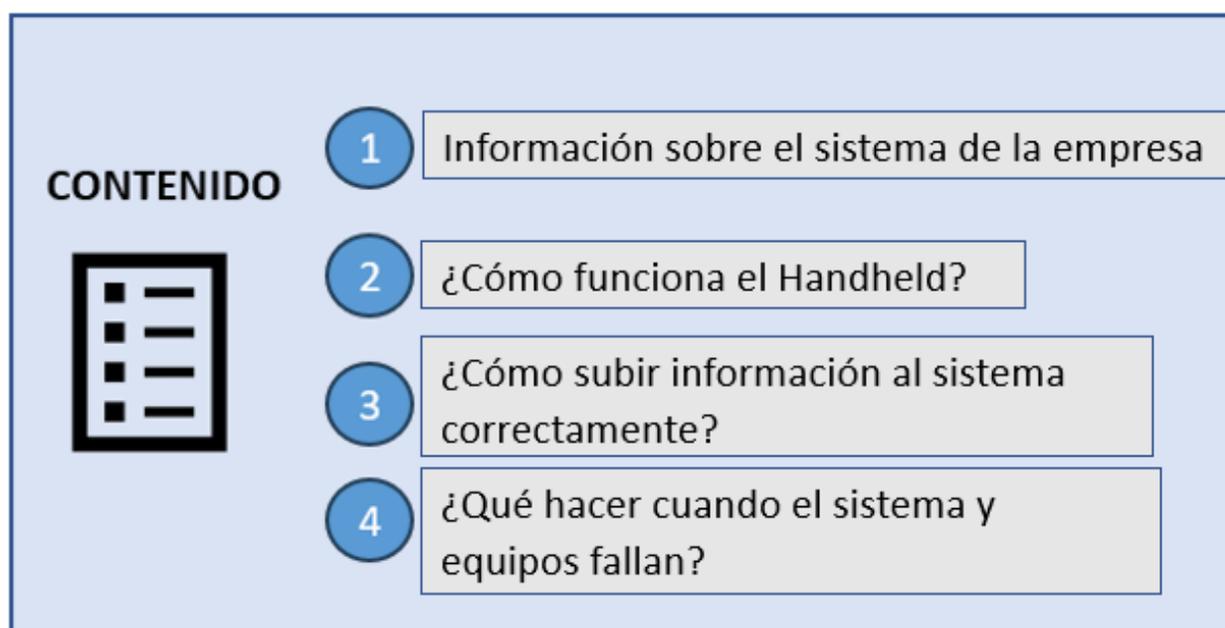


Ilustración 13 Contenidos de capacitación a operadores de solución 6

Los costos asociados fueron calculados por el salario básico unificado, y se detallan a continuación en la Tabla 17.

Cantidad	Descripción	Salario por operador	Costo por día	Costo por hora	Costo total
2	CURSO DE CAPACITACIÓN	\$460	\$21,90	\$2,74	\$27,38

Tabla 17 Desglose de insumos requeridos para solución 6

Finalmente se categorizará cada solución dependiendo a su costo, nivel de prioridad y tiempo esperado de implementación como se muestra a continuación en la Ilustración 14.

N	Solución propuesta	Costos Asociados	Horizonte Temporal	Priorización
1	Comprar un cargador de mano más grande	\$950 (Incluye instalación)	Corto plazo	B
2	Calibrar los equipos	\$339,50 (Incluye instalación)	Corto plazo	B
3	Reubicar los puntos de carga	\$12.45 (Incluye cableado)	Mediano plazo	B
4	Diseñar un control visual 5s para las herramientas	\$38.91 (Incluye instalación)	Corto plazo	A
5	Capacitar a los operadores	\$26,14	Corto plazo	A
6	Actualizar el sistema	\$0	Corto plazo	B

Escala	Priorización
A	Listo para implementar
B	Aprobación de gestión en proceso
C	Para revisión del equipo

Ilustración 14 Desglose de soluciones propuestas

Una vez más se organizarán, pero esta vez dependiendo del impacto esperado a nuestra variable de respuesta, la transaccionalidad. Se utilizó la herramienta de matriz de impacto-esfuerzo, que, como su nombre lo dice, ordenará cada solución dependiendo de su impacto positivo (aumentar la transaccionalidad) y el esfuerzo asociado a su implementación (costos, permisos, etc.).

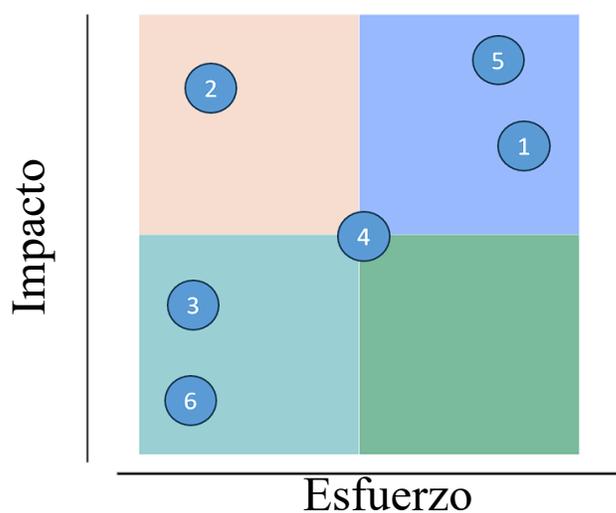


Ilustración 15 Matriz de impacto y esfuerzo para soluciones propuestas

Las soluciones fueron organizadas dependiendo su costo, tiempo de implementación y nivel de prioridad, detallado en la Tabla 18.

N	Solución	Costos asociados	Horizonte Temporal	Priorización	Estatus
5	Actualizar el sistema	\$0	Corto plazo	B	Implementar
1	Reubicar los puntos de carga	\$12,45	Mediano plazo	B	Implementar
6	Capacitar a los operadores	\$26,14	Corto plazo	A	Implementar
3	Diseñar un control visual 5s para las herramientas	\$38.91	Corto plazo	A	Implementar
4	Calibrar los equipos	\$339,50	Corto plazo	B	Implementar
2	Comprar un cargador de manos más grande	\$950	Corto plazo	B	Implementar

Tabla 18 Resumen de soluciones propuestas y su prioridad

Una vez obtenidos los costos asociados, las metodologías de implementación y las priorizaciones se agendan las soluciones gradualmente para ir implementándolas de a poco, con el propósito de analizar el impacto de cada una y asegurar que no existan retrabajos o reprocesos. Se utilizará una herramienta visual para organizar tareas con sus respectivas duraciones, el diagrama Gantt.

#	Actividad	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Responsable	Semana 1 (23/12/2024 - 27/12/2024)	Semana 2 (30/12/2024 - 03/01/2025)	Semana 3 (06/01/2025 - 10/01/2025)	Semana 4 (13/01/2025 - 17/01/2025)	Semana 5 (17/01/2025 - 24/01/2025)
1	Reubicar los puntos de carga actuales	23/12/2024	3/1/2025	Líder del proyecto (Sola Victor – Darwin Calderón)					
1.1	Hacer la solicitud al departamento de compras	23/12/2024	23/12/2024						
1.2	Solicitar acceso al supervisor de producción (para que el técnico ingrese a la planta)	23/12/2024	23/12/2024						
1.3	Obtener la aprobación del departamento de	23/12/2024	23/12/2024						
1.4	Obtener la aprobación del supervisor y del área de seguridad	23/12/2024	23/12/2024						
1.5	El técnico instala la salida de energía y reubica la estación de carga	30/12/2024	30/12/2024						
2	Diseñar controles visuales 5S para herramientas	23/12/2024	25/12/2024	Líder del proyecto (Sola Victor – Darwin Calderón)					
2.1	Hacer la solicitud al departamento de compras	23/12/2024	23/12/2024						
2.2	Obtener la aprobación del departamento de	23/12/2024	23/12/2024						
2.3	Comprar materiales	25/12/2024	25/12/2024						
2.4	Instalar señales visuales	25/12/2024	25/12/2024						
3	Comprar un cargador de dispositivos portátil más grande	23/12/2024	25/12/2024	Líder del proyecto (Sola Victor – Darwin Calderón)					
3.1	Hacer la solicitud al departamento de compras	23/12/2024	23/12/2024						
3.2	Obtener la aprobación del departamento de	23/12/2024	23/12/2024						
3.3	Comprar el cargador portátil	25/12/2024	25/12/2024						
3.4	Instalar el cargador portátil	25/12/2024	25/12/2024						

Tabla 19 Diagrama Gantt para las primeras 3 soluciones

	Actividad	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Responsable	Semana 1 (23/12/2024 - 27/12/2024)	Semana 2 (30/12/2024 - 03/01/2025)	Semana 3 (06/01/2025 - 10/01/2025)	Semana 4 (13/01/2025 - 17/01/2025)	Semana 5 (17/01/2025 - 24/01/2025)
4	Calibrar el equipo	30/12/2024	Cada 5 meses	Líder del proyecto (Sola Víctor – Darwin Calderón)					
4.1	Solicitar acceso al supervisor de producción	30/12/2024	Cada 5 meses						
4.2	Aprobar acceso	30/12/2024	Cada 5 meses						
4.3	El técnico ingresa	30/12/2024	Cada 5 meses						
4.4	Calibrar el equipo	30/12/2024	Cada 5 meses	Líder del proyecto (Sola Víctor – Darwin Calderón)					
5	Actualizar el sistema	30/12/2024	Cada 6 meses						
5.1	Solicitar acceso al administrador del sistema para la actualización semestral de Swisssystem	30/12/2024	Cada 6 meses						
5.2	El administrador del sistema presenta el rendimiento de la versión actual	30/12/2024	Cada 6 meses						
5.3	Trabajar en la actualización del sistema	30/12/2024	Cada 6 meses						
5.4	Presentar resultados a las partes interesadas	30/12/2024	Cada 6 meses						
6	Capacitar a los operadores	30/12/2024	10/1/2025	Líder del proyecto (Sola Víctor – Darwin Calderón)					
6.1	Solicitar acceso al supervisor de producción	30/12/2024	30/12/2024						
6.2	Aprobar permiso	31/12/2024	31/12/2024						
6.3	Capacitar al personal	6/1/2025	10/1/2025						

Tabla 20 Diagrama Gantt para las últimas 3 soluciones

#### 4.1 Plan de solución #1

Causas Raíces	Solución	¿Por qué implementarlo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?
Los operadores no usan los Handheld correctamente	Capacitaciones a los operadores	El operador no interpreta correctamente las entradas y sus funciones.	Implantación de un curso de formación	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Víctor & Calderón Darwin)

Tabla 21 Plan de solución 1

- **Antes:** El sistema operativo del Handheld es confuso y no sabe cómo actuar eficientemente
- **Después:** Capacitar a los operadores sobre el funcionamiento del sistema, cómo funcionan los dispositivos portátiles y qué hacer cuando el equipo falla.

## 4.2 Plan de solución #2

Causas Raíces	Solución	¿Por qué implementarlo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?
Handheld se pierde cuando es necesario	Reubicar los puntos de recarga actuales	Porque los lugares actuales donde se almacenan los dispositivos portátiles están muy alejados entre sí y facilitará el trabajo de los operadores.	Encontrar la ubicación óptima en el área de producción que minimice el movimiento del operador y no interfiera con el proceso.	Área de producción	Mediano plazo	Líderes de proyecto (Sola Víctor & Calderón Darwin)

Tabla 22 Plan de solución 2

- **Antes:** Los operadores caminaba aproximadamente 70 metros ya que los puntos de cargas estaban equidistantes entre si desde el área de producción hasta el área de acetileno.
- **Después:** Ahora los operadores tendrán que caminar aproximadamente 30 metros para la estación de carga debido a que se reubicó los puntos de cargas para facilitar el trabajo de los operadores

### 4.3 Plan de solución #3

Causas Raíces	Solución	¿Por qué implementarlo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?
Handheld se pierde cuando es necesario	Diseñar control visual 5s para herramientas.	Porque facilitará la organización de las herramientas (incluidos los portátiles) y evitará pérdidas innecesarias.	Comprar e instalar herramientas visuales que sean sencillas y fáciles de entender.	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Víctor & Calderón Darwin)

Tabla 23 Plan de solución 3

**Antes:** Innecesariamente los handhelds se perdían debido a que los operadores dejaban los equipos en cualquier lado por tratar de realizar las operaciones rápido había una falla operativa por parte de ellos.

**Después:** Se implementó un punto específico de carga para los handhelds y un diseño 5s para el control de herramientas.

#### 4.4 Plan de solución #4

Causas Raíces	Solución	¿Por qué implementarlo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?
Los operadores piensan que el sistema está caído	Calibrar el equipo	El equipo no se calibra constantemente y el dispositivo portátil falla	Contratar un técnico de calibración de equipos	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Víctor & Calderón Darwin)

Tabla 24 Plan de solución 4

**Antes:** Los handhelds fallan porque no han sido calibrados

**Después:** Los equipos han sido calibrados por un proveedor externo

#### 4.5 Plan de solución #5

Causas Raíces	Solución	¿Por qué implementarlo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?
Los operadores piensan que el sistema está caído	Actualizar el sistema	El sistema intermitentemente y se vuelve lento.	Área de control y tecnologías de la información (TIC)	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Víctor & Calderón Darwin)

Tabla 25 Plan de solución 5

**Antes:** El sistema presenta fallas, se cae y hay mucha intermitencia debido a que el servidor es compartido con varias empresas

**Después:** El sistema comenzó a mejorar debido a sus actualizaciones posteriores

#### 4.6 Plan de solución #6

Causas Raíces	Solución	¿Por qué implementarlo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?
Handheld con batería baja	Comprar un cargador de mano más grande	Porque permitirá a los operadores asignar y cargar más dispositivos portátiles en un espacio reducido	Comprar un cargador para 2 dispositivos portátiles que pueda cargar simultáneamente al menos 4 dispositivos portátiles	Área de producción	Corto plazo	Líderes de proyecto (Sola Víctor & Calderón Darwin)

Tabla 26 Plan de solución 6

**Antes:** Solo había un cargador para 4 dispositivos

**Después:** Existe un cargador grande para 4 dispositivos portátiles

Desde la implementación de la solución, existe una tendencia positiva hacia la transaccionalidad que se espera que siga creciendo debido a la aprobación de la compra de cargadores portátiles de 4 vías, dicha tendencia se puede apreciar en la Ilustración 16.

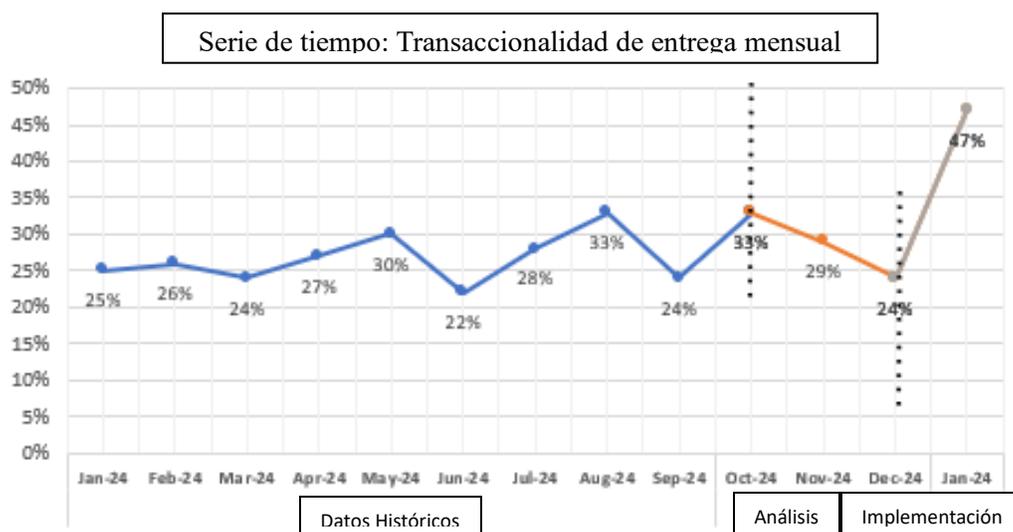


Ilustración 16 Evolución de transaccionalidad en el tiempo

Se procede a realizar un segundo análisis de capacidad para verificar la mejora obtenida y cuanto impacta en la capacidad del proceso. Primero se realiza un análisis de dos proporciones para verificar si existe una diferencia significativa entre la situación actual y la situación mejorada, como se aprecia en la Ilustración 17.

#### Método

$p_1$ : proporción donde Muestra 1 = Evento  
 $p_2$ : proporción donde Muestra 2 = Evento  
 Diferencia:  $p_1 - p_2$

#### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Evento	Muestra p
Muestra 1	156	79	0.506410
Muestra 2	47	10	0.212766

#### Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 90% para la diferencia
0.293644	(0.175420, 0.411869)

IC basado en la aproximación a la normal

#### Prueba

Hipótesis nula	$H_0: p_1 - p_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: p_1 - p_2 \neq 0$	
Método	Valor Z	Valor p
Aproximación normal	4.09	0.000
Exacta de Fisher		0.000

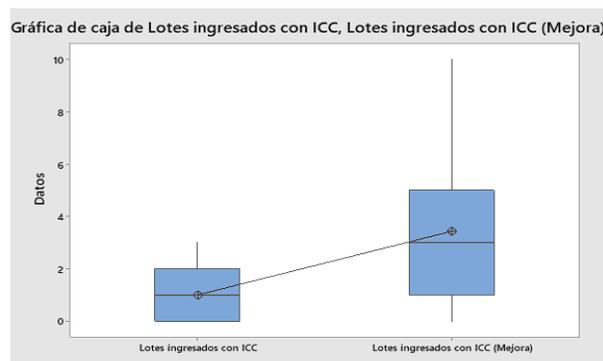


Ilustración 17 Prueba de dos proporciones y diagramas de caja para situación actual y situación mejorada

Para el análisis de capacidad se compara la situación actual y la situación mejorada, para este tipo de análisis de capacidad, el valor z nos indica si el proceso que se está midiendo (para el caso del proyecto, sería el escaneo con ICC) se encuentra bajo control, esto se puede apreciar en la Ilustración 18.

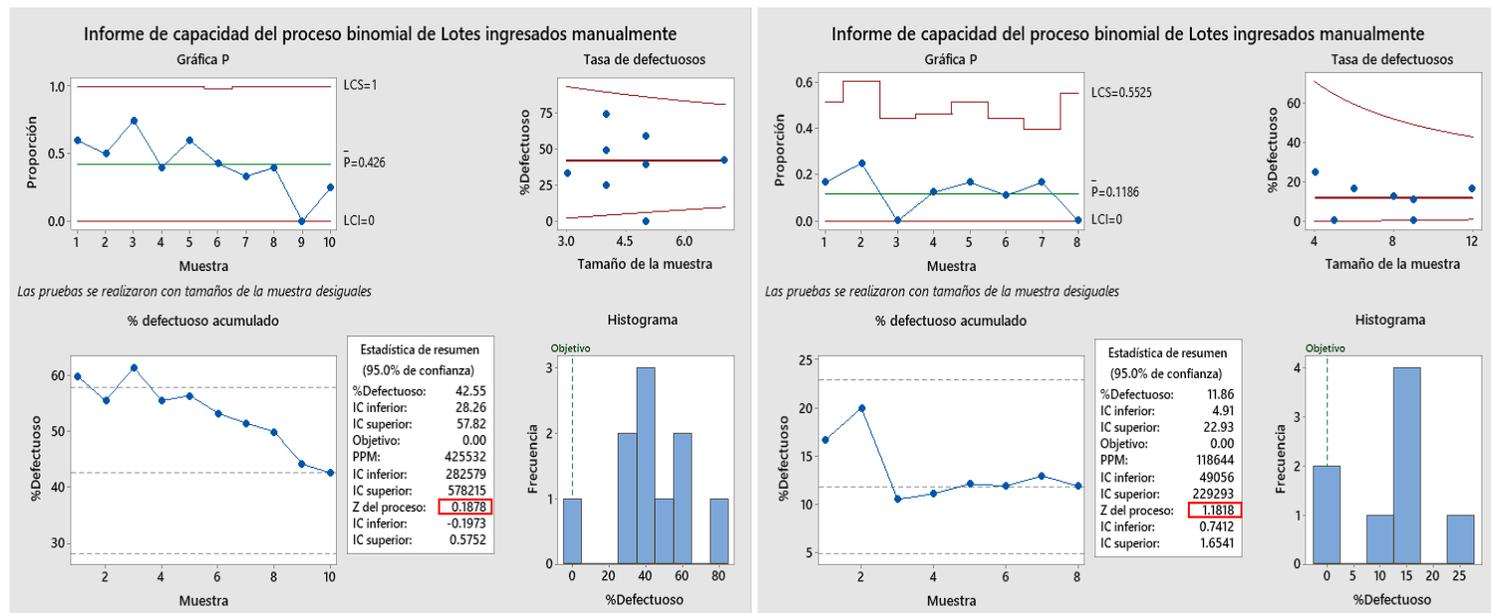


Ilustración 18 Análisis de capacidad situación mejorada

El análisis de capacidad de la situación mejorada indica un valor z de 1.18, aproximadamente 1 punto más que la situación inicial previa a la implementación de mejoras, esto representa una mejora significativa, pero, aun sigue siendo un valor menor a 2, por lo que el proceso sigue sin estar bajo control. Esto puede explicarse debido al poco tiempo que se tuvo para analizar el impacto de las soluciones implementadas, se espera que siga una tendencia creciente hasta que finalmente el proceso este bajo control.

#### 4.7 Plan de control

Finalmente, se presenta un plan de control cuyo propósito es asignar tareas y responsabilidades al personal de interés, garantizando así el seguimiento constante de las soluciones implementadas por el equipo de trabajo y las áreas involucradas en el proyecto. Información como quien es la persona responsable, por que realizar dicho control, como hacerlo, que tan frecuente debe realizarse, en qué lugar de la planta se realizará y el costo asignado para dicha actividad será resumida en la Tabla 27.

¿Qué?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cuánto?
<b>Reubicar los puntos de carga actuales</b>	Coordinador de distribución	Para verificar constantemente si la nueva ubicación del punto de carga afecta de alguna manera a otros procesos	Verificación constante con operadores de montacargas y distribución para ver si este punto interfiere en sus tareas, caminata Gemba	Diario	Segundo punto de carga (cerca del área de carga de camiones)	\$0.00
<b>Implementación de diseño visual 5s</b>	Coordinador de producción y coordinador de distribución	Para mantener un espacio de trabajo limpio y facilitar la búsqueda de los dispositivos portátiles	Recordando a los operadores y revisando los visuales industriales en busca de daños o desenfocados	Quincenal	Puntos de carga	\$0.00
<b>Calibración de equipos</b>	Experto en calibración, coordinador de mantenimiento y contabilidad	Para reducir el margen de error en el proceso de escaneo utilizando ICC	Contratando a un experto en calibración cuando sea necesario	Cada 3 meses	Línea de producción	\$339.5 (para los 7 dispositivos portátiles)
<b>Actualización del sistema</b>	Departamento TIC	Para mantener el rendimiento de SWISSYSTEM lo más fluido posible, además de agregar nuevas y útiles funciones si es necesario	Revisión constante de la retroalimentación de los operadores sobre su experiencia utilizando los equipos ICC	Cada 6 meses	Línea de producción, departamento TIC	\$0
<b>Capacitación de operadores</b>	Coordinador de producción y coordinador de distribución	Para mantener a los operadores capacitados y preparados para el uso del ICC y la funcionalidad del	Cubriendo lo básico sobre el uso de SWISSYSTEM e ICC, errores comunes y solución de problemas	Nuevos ingresos o actualización importante del sistema	Línea de producción, área de distribución	\$2.74 por hora, por operador
<b>Compra de cargador de 4 bahías</b>	Coordinador de producción	Reducir los tiempos de carga y los incidentes por batería baja	Como esta solución no pudo ser evaluada debido al fin del tiempo del proyecto, se requiere monitoreo constante en la variación de la transaccionalidad	Diario hasta que las mejoras sean visuales y relevantes	Línea de producción	\$0

Tabla 27 Plan de control de soluciones implementadas



$$\text{Reducción de cilindros perdidos semanalmente} = \frac{\# \text{ cilindros perdidos por semana}}{\text{Total cilindros perdidos por semana}}$$

$$\text{Reducción de cilindros perdidos semanalmente} = \frac{2,25}{6,25} \times 100 \%$$

$$\text{Reducción de cilindros perdidos semanalmente} = 36\%$$

$$\text{Reducción de desperdicio de papel semanalmente} = \frac{\# \text{ papel desperdiciado por semana (kg)}}{\text{Total papel desperdiciado por semana}}$$

$$\text{Reducción de desperdicio de papel semanalmente} = \frac{5,4}{13,5} \times 100 \%$$

$$\text{Reducción de desperdicio de papel semanalmente} = 5,4 \text{ kg} = 40\%$$

$$\text{Reducción de quejas de clientes semanalmente} = \frac{\# \text{ Quejas de clientes por semana}}{\text{Total quejas de clientes por semana}}$$

$$\text{Reducción de quejas de clientes semanalmente} = \frac{3,36}{16} \times 100 \%$$

$$\text{Reducción de quejas de clientes semanalmente} = 16\%$$

*Ilustración 19 Resultados de la justificación económica, ambiental y social*

- **Justificación Económica:** Las soluciones realizadas redujeron aproximadamente el 36% de los cilindros perdidos por semana. Eso significa aproximadamente 2 cilindros menos que reemplazar, lo que ahorrará alrededor de \$5232 al año.
- **Justificación Ambiental:** Centrándose en aumentar la transaccionalidad, los esfuerzos del equipo del proyecto redujeron al menos 5 kg de papel desperdiciado por mes. El objetivo es eliminar el registro manual de datos por su poca fiabilidad y el desperdicio de papel que conlleva.
- **Justificación Social:** Las soluciones implementadas redujeron aproximadamente el 21% de las quejas de los clientes por semana. Aproximadamente 3 quejas de clientes menos y la satisfacción va en aumento.

## Capítulo 4

### 1. Conclusiones

El presente estudio permitió identificar y abordar los factores que afectaban la transaccionalidad en la gestión de productos terminados, logrando mejoras significativas en los procesos operativos y en la trazabilidad de los productos.

- Se logró aumentar la transaccionalidad a un 47.21%, superando en un 8.58% la meta establecida. Este resultado evidencia la efectividad de las soluciones implementadas para optimizar los procesos y mejorar el registro de transacciones.
- La optimización del sistema y la capacitación del personal contribuyeron a disminuir el uso innecesario de papel, logrando una reducción de 5.4 kg por semana, lo que representa un impacto positivo tanto en la eficiencia operativa como en la sostenibilidad ambiental.
- La implementación de medidas correctivas permitió reducir en un 36% la cantidad de cilindros perdidos semanalmente. Esto refleja una mejora en la trazabilidad y en los controles operativos, evitando pérdidas económicas para la empresa.
- Se registró una reducción del 21% en el número de quejas de clientes por semana, lo que demuestra un aumento en la calidad del servicio, mayor precisión en los registros y una mejor experiencia para los usuarios finales.
- La reubicación del punto de carga y la actualización del sistema fueron las de mayor impacto, contribuyendo con un 6.06% y 4.18%, respectivamente, al incremento total de la transaccionalidad. Esto confirma la relevancia de la optimización logística y tecnológica para mejorar la eficiencia del proceso.

En conclusión, la ejecución de este proyecto permitió alcanzar mejoras sustanciales en la transaccionalidad, la trazabilidad y la eficiencia operativa, reforzando la importancia de un enfoque basado en el análisis de datos y la implementación de soluciones estratégicas.

## **2. Recomendaciones**

- Ampliar el tamaño de las muestras para identificar todas las posibles causas que afectan la trazabilidad, ya que aún no se ha alcanzado la transaccionalidad esperada por la empresa.
- Establecer un monitoreo periódico de los operadores con una frecuencia definida (por ejemplo, semanal, quincenal o mensual), dado que muchos problemas no son perceptibles a menos que se realice una supervisión directa en la línea de producción.
- Implementar un programa continuo de capacitación para los trabajadores, asegurando que conozcan el correcto uso de los equipos. Asimismo, garantizar la calibración y actualización constante de los dispositivos utilizados en el proceso.

## Bibliografía

- Douglas, M. (2005). Control Estadístico de la Calidad. México: Limusa.
- Escalante Vásquez, E. (2003). Seis-sigma, Metodología, Técnicas. . México: Limusa-Noriega.
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. En Actas de la 10ª Conferencia Latinoamericana y del Caribe de Ingeniería y Tecnología, 147.
- Pérez Lopez Esteban, G. C. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Revista tecnología en Marcha, ag-88.
- Pérez M., L. L. (2017). DMAIC como estrategia para control de dureza en la fabricación de galletas. Reaxion Ciencia y Tecnología Universitaria, 4.
- R., E. J. (2005). Administración y control de la calidad. México.