

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Reducción de desperdicios por contaminados en una biofábrica ubicada en
la ciudad de Guayaquil

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

José Alejandro Bastidas Bastidas

Xavier Andrés Ortiz Vega

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a cada una de las personas que me han apoyado durante estos duros años de trabajo y estudio, a mis hermanos Dayanna, Miguel, Ariana y Jafet; a mi papá, mis tíos, mi tía, mis abuelos, a toda mi familia quienes siempre han estado presentes durante este viaje; principalmente a mi madre quien fue y sigue siendo la persona más incondicional y siempre puso mi felicidad por encima de la de ella, soy el hombre que soy gracias a ella y este logro es de los dos y me hace sentir orgulloso poder llamarme su hijo.

Xavier Ortiz

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a toda mi familia, formada por mi padre, mi madre y mi abuelita, quienes me apoyaron en todo el transcurso de mi carrera como profesional; su gran apoyo condicional para que nunca me rindiera y siguiera adelante con mis metas y sueños.

José Bastidas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada uno de los integrantes de mi familia, todos han aportado para que mi sueño se convierta en realidad y no estaría aquí de no ser por ellos. A José por ser el mejor compañero de tesis que podría haber tenido. Mis amigos que son demasiados para nombrarlos, gracias por tantas experiencias y recuerdos juntos y en especial por tenerme paciencia todos estos años. Agradezco a Letty por su amistad y todos sus consejos, no exagero cuando digo que no lo hubiese logrado de no ser por ella. Finalmente, a Dayanna y Miguel por ser los mejores hermanos, soy un mejor profesional y mejor persona gracias a ustedes.

Xavier Ortiz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por ser mi guía espiritual en cada decisión que tomo, quien ha estado conmigo, proporcionándome toda su sabiduría y paz espiritual para tomar las mejores decisiones en mi vida personal y profesional.

A mi familia, quienes su apoyo ha sido incondicional para mí en toda mi carrera universitaria, dándome apoyo con sus palabras para poder seguir adelante y no rendirme.

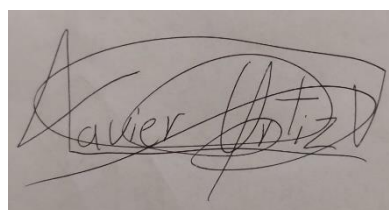
José Bastidas

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *José Alejandro Bastidas Bastidas* y *Xavier Andrés Ortiz Vega* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



José Alejandro
Bastidas Bastidas
AUTOR 1



Xavier Andrés
Ortiz Vega
AUTOR 2

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**JORGE
FERNANDO ABAD
MORAN**

PhD. Jorge Abad

PROFESOR DE LA MATERIA

**JAIME
EDUARD**

Firmado
digitalmente por
JAIME EDUARDO

**O MACIAS
AGUAYO** MACIAS AGUAYO
Fecha: 2020.09.28
18:11:14 -05'00'

MSc. Jaime Macias

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto de titulación se realizó en una biofábrica en la ciudad de Guayaquil, donde se busca mejorar el proceso actual de laboratorio para reducir las pérdidas de contaminados. Este proyecto tiene como objetivo reducir el promedio de porcentaje de plantas contaminadas a un 2% y mejorar el proceso de multiplicación de las plantas. Para eso, se realizó un análisis de los datos para enfocar el problema. Luego, se hizo entrevistas para generar una lluvia de ideas de las posibles causas que afectan el proceso, donde se evaluó mediante una matriz de priorización, las causas potenciales del proceso. Para eso, se realizó una matriz para determinar si la causa tiene alto impacto y es fácil de controlar. Se identificó la contaminación cruzada como una de las principales causas que afectaban el proceso. Posteriormente, se realizó un análisis para proponer soluciones para la misma, donde se hizo un mapeo del proceso de laboratorio y se añadió actividades que agregan valor. Además, se realizó una nueva base de datos que permita validar la información que se ingresa junto a un dashboard que permita visualizar la producción y contaminación de las plantas. Como resultado, se obtuvo que el porcentaje de contaminación se redujo a 1.71%, donde las mejoras que se implementaron fueron efectivas. Como recomendación, se debe tener en cuenta la importancia de la desinfección del puesto de trabajo y sus herramientas para un buen desempeño de todo el proceso de laboratorio.

Palabras Clave: Mapeo del proceso, dashboard, base de datos, plantas contaminadas

ABSTRACT

This project was done in a biofactory in the city of Guayaquil, in which we want to improve the current laboratory process to reduce the losses of contaminants. The objective of this project is to reduce the percentage of contaminated plants to 2% on average and to improve the plant multiplication process. First, we do an analysis of the data to focus the problem. Then, interviews were conducted to generate a brainstorming of the possible causes of the process, where the potential causes of the process were evaluated through a prioritization matrix. For that, a matrix was made to determine if the cause has a high impact and is easy to control. Cross contamination was determined as one of the essential causes affecting the process. Subsequently, an analysis was carried out to propose solutions for it; we do a process mapping of the laboratory process and add activities that have high value. In addition, a new database was created to validate the new information with a dashboard that visualize the production and contamination of the plants. As a result, it was obtained that the percentage of contamination was reduced to 1.71%, where the improvements that were implemented were effective. As a recommendation, the importance of disinfection of the workplace and its tools must be taken seriously for a good performance of the entire laboratory process.

Keywords: *Process mapping, dashboard, database, contaminated plants*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Variable de interés	3
1.1.2 Alcance del proyecto	4
1.1.3 Restricciones.....	4
1.2 Justificación del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Marco teórico	5
CAPÍTULO 2.....	10
2. Metodología	10
2.1 Medición	10
2.1.1 Plan de recolección de datos	10
2.1.2 Verificación de datos	11
2.1.3 Mapeo del proceso.....	12

2.1.4	Estratificación	16
2.1.5	Verificación de los datos.....	18
2.2	Análisis	20
2.2.1	Diagrama Causa-Efecto	20
2.2.2	Matriz Causa-Efecto.....	21
2.2.3	Selección de causas a verificar	23
2.2.4	Plan de verificación de causas	24
2.2.5	Técnica de los 5 porque	28
CAPÍTULO 3.....		31
3.	Resultados y análisis.....	31
3.1	Mejora.....	31
3.1.1	Análisis de las mejoras propuestas	32
3.1.2	Evaluación de mejoras de propuestas.....	34
3.1.3	Plan de implementación	36
3.1.4	Retroalimentación de las soluciones	36
3.1.5	Resultados de la implementación.....	37
3.1.6	Análisis estadístico.....	37
3.1.7	Análisis económico.....	38
3.1.8	Análisis ambiental	38
3.1.9	Impacto en otras áreas.....	39
3.2	Control.....	39
CAPÍTULO 4.....		43
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	43
4.1	Conclusiones	43
4.2	Recomendaciones	43

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

DMAIC	Definición, medición, análisis, implementación y control
VOC	Voz del cliente
SIPOC	Proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes
VBA	Aplicación en Visual Basic
CTQ	Árbol crítico de la calidad

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
\$	Dólares americanos

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1 Serie de tiempo de plantas contaminadas.....	2
Gráfica 1.2 Árbol critico de la calidad	3
Gráfica 1.3 SIPOC del proceso de laboratorio.....	4
Gráfica 1.4 Diagrama OTIDA	8
Gráfica 2.1 Plan de recolección de datos	11
Gráfica 2.2 Confiabilidad de datos por correo electrónico	12
Gráfica 2.3 OTIDA del proceso de introducción.....	13
Gráfica 2.4 OTIDA del proceso de multiplicación	14
Gráfica 2.5 OTIDA del proceso de enraizamiento	15
Gráfica 2.6 Diagrama PARETO de los pases del proceso.....	16
Gráfica 2.7 Diagrama PARETO de la variedad de los productos.....	17
Gráfica 2.8 Prueba de normalidad.....	18
Gráfica 2.9 Análisis de capacidad del proceso	19
Gráfica 2.10 Gráfico de control del proceso	19
Gráfica 2.11 Lluvia de ideas de causas del problema	20
Gráfica 2.12 Diagrama Causa-Efecto.....	21
Gráfica 2.13 Diagrama de Pareto de las causas	22
Gráfica 2.14 Gráfica Impacto vs. Control.....	23
Gráfica 2.15 Serie de tiempo de plantas contaminadas 2020.....	25
Gráfica 2.16 Prueba de datos Excel-1	26
Gráfica 2.17 Prueba de datos Excel-2.....	26
Gráfica 2.18 Prueba de datos Excel-3.....	27
Gráfica 2.19 Entrevista con la empresa.....	27
Gráfica 2.20 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #1	28
Gráfica 2.21 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #2.....	28
Gráfica 2.22 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #3.....	29
Gráfica 2.23 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #4.....	29
Gráfica 3.1 Separación de los contaminados	32
Gráfica 3.2 Dashboard de producción	34
Gráfica 3.3 Evaluación de soluciones.....	35
Gráfica 3.4 Matriz Impacto vs. Esfuerzo	35

Gráfica 3.5 Plan de implementación.....	36
Gráfica 3.6 Evidencia para las mejoras	36
Gráfica 3.7 Serie de tiempo con implementación de la mejora	37
Gráfica 3.8 Prueba de hipótesis Antes vs. Después	38
Gráfica 3.9 Inspección de las plantas en el laboratorio.....	39
Gráfica 3.10 Base de Datos	40
Gráfica 3.11 Manual de usuario	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Matriz Causa-Efecto	22
Tabla 2.2 Matriz Impacto vs. Control	23
Tabla 2.3 Plan de verificación de causas	24
Tabla 2.4 Causas vs. Mejoras	30
Tabla 3.1 Plan de control para la contaminación cruzada de plantas	41
Tabla 3.2 Plan de control para la implementación de base de datos	42

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza el estado actual de la biofábrica ubicada en la ciudad de Guayaquil, donde se encuentran diversos problemas, en los cuales se presentarán diversas propuestas que llevarán a una solución definitiva para eliminar esta problemática.

Esta empresa privada tiene más de 20 años en el mercado dedicada a la producción y comercialización de diferentes tipos de plantas, donde su objetivo principal es la conservación y multiplicación masiva de plantas denominadas InVitro, que, a través de biotecnología ayudan a tener una productividad eficiente en la agroindustria. La empresa se especializa en musáceas, donde se destacan dos tipos de plantas: banano y plátano. Actualmente, la producción se dedica a esto, pero están abiertas a nuevas alternativas como el cacao o la caña.

En este trabajo se propone una solución para reducir el porcentaje de desperdicios por contaminados, donde se busca mejorar el proceso actual de laboratorio y contribuir a la empresa tanto en el ámbito económico como ambiental.

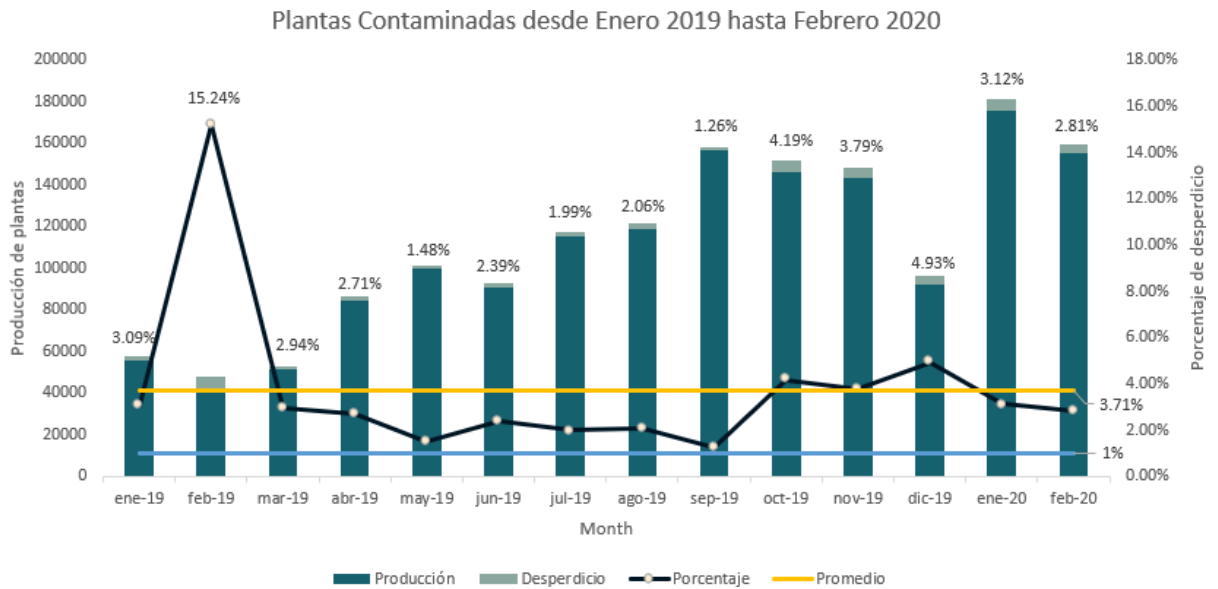
1.1 Descripción del problema

La empresa de biotecnología se dedica a la conservación y propagación de plantas masiva, donde se destacan dos productos, banano y plátano, los cuales representan gran demanda y es su punto fuerte.

Actualmente, la empresa tiene algunas dificultades ya que el nivel de desperdicios es mayor al esperado, por lo que las necesidades del cliente son:

- ✓ Evitar seguir perdiendo dinero debido a los productos contaminados.
- ✓ Mejorar el proceso de multiplicación InVitro en los productos de plátano y banano.
- ✓ Implementar un método para controlar las plantas contaminadas.
- ✓ Reducir el volumen de plantas contaminadas.
- ✓ Reducir el porcentaje de desperdicio del proceso hasta al menos 2%.

En base a la recopilación de información se ha visualizado altos niveles de contaminación, lo cual ocasiona un alto volumen de perdida de plantas. Para observar de mejor manera, la producción de la empresa se mide en el número de plantas.



Gráfica 1.1 Serie de tiempo de plantas contaminadas

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 1.1 se muestra la data histórica desde enero del 2019 hasta febrero 2020, donde se visualiza el porcentaje de desperdicios, que viene a ser las plantas contaminados por cada mes.

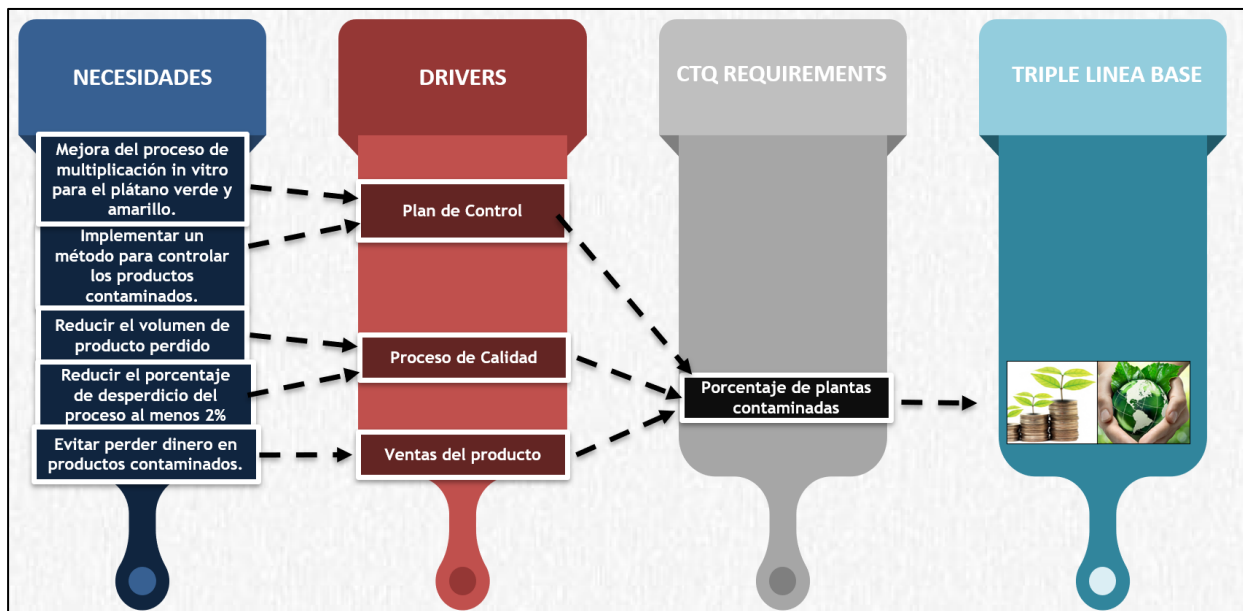
Al observar la gráfica, se puede visualizar niveles de desperdicios en todo el año, que son sustancialmente altos para los estándares de calidad del cliente, ya que se espera tener como máximo un 2% de desperdicios.

Por lo tanto, se define el problema como:

"Se presenta un desperdicio excesivo de plantas contaminadas en el laboratorio de una biofábrica; dando un desperdicio promedio de 3.71% desde enero de 2019 a febrero de 2020, sin embargo, la compañía espera tener un desperdicio promedio del 2%."

1.1.1 Variable de interés

Luego de escuchar la voz del cliente (VOC), se elabora el CTQ (Critical Tree Quality), llamado *Árbol Crítico de Calidad*, donde se traduce las necesidades del cliente en variables medibles para luego establecer las variables críticas de la problemática mencionada anteriormente. Este CTQ se lo puede apreciar en la gráfica 1.2 para su mejor visualización.



Gráfica 1.2 *Árbol crítico de la calidad*

Fuente: *Elaboración propia*

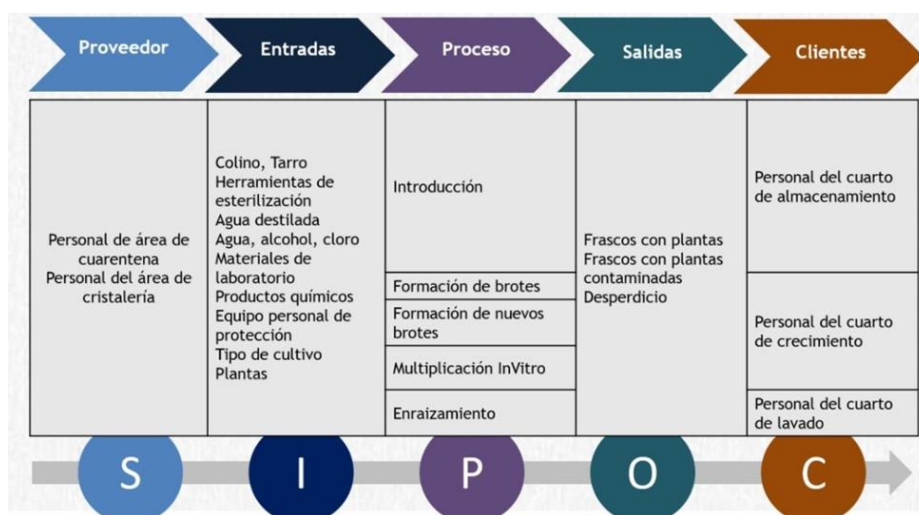
Las variables que afectan en el proceso son: variedad, tipo de cultivo, operario, mes y las pases. Finalmente, se procede a obtener la variable de respuesta la cual será nuestra base para resolver la problemática. La fórmula 1.1 se la define como:

$$\% \text{ de desperdicio} = \frac{\text{Plantas Contaminadas}}{\text{Total Plantas}} \times 100\%$$

Fórmula 1.1 *Porcentaje de desperdicios*

1.1.2 Alcance del proyecto

Con respecto a las restricciones del tiempo que toma visualizar los resultados y dar un mejor enfoque, se utiliza la herramienta SIPOC para observar de manera macro, el proceso que se ejecuta en el laboratorio, donde se lleva a cabo la multiplicación masiva de plantas. En la gráfica 1.3, se puede visualizar el SIPOC del proceso de laboratorio.



Gráfica 1.3 SIPOC del proceso de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Restricciones

Se debe tomar en cuenta las siguientes restricciones:

- Tiempo entre un proceso a otro (3-4 semanas)
- Condiciones actuales debido a la pandemia COVID-19

1.2 Justificación del problema

La empresa privada cuenta con altos desperdicios y el sistema para controlarlos no es tan eficiente, por lo que es esencial encontrar alguna solución que ayude a disminuir estos desperdicios y a su vez medir el porcentaje que estos se dan, es decir dar un seguimiento a los frascos y plantas que producen. Se propone implementar un plan de control y encontrar la causa raíz para eliminar dicha problemática.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir el porcentaje de desperdicio de plantas contaminadas a un promedio del 2% en el proceso de laboratorio.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Crear un plan de control adecuado para mantener los desechos al mínimo posible.
- Mejorar el proceso de producción para maximizar las ganancias.
- Determinar los factores de influencia en el proceso.

1.4 Marco teórico

Lean Manufacturing

Es una metodología que se basa en la eliminación de desperdicio, simplificación de procedimientos y agilización de diferentes operaciones de la empresa; eliminar operaciones que no tenga valor alguno o no sean tan relevantes para el producto o servicio que esté brindando la empresa.

Six Sigma

Es una estrategia de mejora que se enfoca en la drástica reducción del número de defectos que ocurre en una empresa de manufactura o de servicios, usando diferentes técnicas estadísticas para solucionar diversos problemas que se presenten y ver su mejora en un antes y después de las soluciones establecidas. Se la considera como una herramienta de mejora continua.

Defectos

Es cualquier estado de incapacidad para su uso, también se lo puede definir como un incumplimiento de un requisito asociado a un uso previsto o especificado.

Límites de especificación

Son las fronteras dentro de las cuales, el cliente espera que se encuentren las especificaciones del producto o servicio. Cabe mencionar que estos límites son definidos por el cliente.

Variabilidad

Son los cambios inevitables que ocurren en los procesos que afectan las características de un producto o servicio, donde hay que tener en cuenta ciertos aspectos como:

- Siempre habrá variabilidad, es algo inevitable.
- Es indeseable.
- A mayor variación, menor cumplimiento con el cliente.

DMAIC

La implementación de Six Sigma va de la mano con la metodología DMAIC, similar a la metodología enfocada a la resolución de problemas PDCA, donde su acrónimo es de las siguientes fases: DEFINIR, MEDIR, ANALIZAR, MEJORAR Y CONTROLAR.

DEFINIR

En este inicio de la etapa, se identifica los requisitos y necesidades del cliente, donde se seleccionan los proyectos, se establecen metas y objetivos tanto general como específicos. En adición, se identifica las variables o métricas para el proyecto con el uso de las herramientas y actividades:

- VOC (Voice of Customer): Es un proceso de captar, interpretar las expectativas y experiencias del cliente con respecto al producto o servicio que se le da.
- QFD (Quality Function Deployment): Herramienta que vincula las necesidades de los clientes con las características de un producto.
- SIPOC: Herramienta que sirve para definir el alcance del proyecto donde se ve puede apreciar más detallado el proceso.
- Crear el equipo de proyecto Six Sigma.
- Crear un plan de trabajo con horarios de reuniones para discutir sobre el progreso del proyecto.

MEDIR

En esta etapa del proyecto, se debe crear gráficos de control para la variable de salida o la Y. Por otro lado, determinar la capacidad del proceso a corto y a largo plazo para verificar su funcionalidad, esto ayudará a obtener el desempeño actual del proceso. Usar diagramas de Pareto para estratificar el problema definido en la anterior etapa, donde se tiene el problema enfocado. Desarrollar diagramas de flujo o mapeo del proceso.

La meta de esta etapa es identificar y cuantificar las causas (x) que generan el problema(Y*).

ANALIZAR

En esta etapa del proyecto, se debe determinar qué tan fuerte es la influencia de las causas (x) sobre el problema (Y*), por lo que las herramientas y actividades a seguir son:

- Desarrollar un diagrama de Ishikawa o diagrama de causa y efecto para identificar las variables que afectan la salida del proceso.
- Elaborar una matriz de causa y efecto, donde se evalúa la interacción ya sea fuerte o débil que tiene las variables claves de entrada del proceso y las variables clave de salida del proceso.
- Recopilar datos para evaluar las relaciones de las variables de entrada y salida del proceso.
- Aplicar estadística descriptiva e inferencial, como diagramas de dispersión, pruebas de hipótesis, ANOVA, DOE (diseño de experimentos) y análisis de métodos de superficie de respuesta.

Las causas críticas son los datos entregables en esta fase para ir a la siguiente etapa.

MEJORAR

En esta etapa del proyecto se define e implementa soluciones definitivas para las causas críticas del problema, por lo que se debe simular si las acciones a implementar serán sostenibles en el tiempo. Al momento de implementar, debo volver a medir para verificar si llego a mi objetivo deseado, verificar la capacidad del proceso y las gráficas de control respectivas.

CONTROLAR

En esta etapa final del proyecto se debe mantener los beneficios alcanzados a través de la implementación de Six Sigma, donde se debe:

- Estandarizar: Actualizar el nuevo estándar con respecto al anterior.
- Control estadístico: Asegurar que los procesos sigan siendo estables a lo largo del tiempo y con baja variación, esto debe ser frecuente.
- Plan de control: Conjunto de actividades para mantener ajustado el proceso. Esas variables críticas ya establecidas deben ser controladas.

OTIDA

Representación gráfica que se usa para mostrar los procesos de forma visual y así mejorar la comprensión de los mismos. Su simbología se la describe en la gráfica 1.4.



Gráfica 1.4 Diagrama OTIDA

Fuente: (Celag, 2015)

Gráfica de Pareto

También llamada gráfica A-B-C, se la usa como una forma de visualizar el principio de Pareto donde dice que “el 80% de las consecuencias son originadas por el 20% de las causas” y se representan por medio de barras en forma descendente. Es de gran utilidad para saber qué datos o conjuntos de los mismos son los que deben recibir prioridad al momento de estratificar.

Análisis de capacidad

Indicativo visual del proceso para saber si este se encuentra dentro de los límites deseados por los estándares de la empresa. Requiere de límites, tanto superior como inferior. Si el resultado es mayor a 1.33 se dice que el proceso es “capaz” y se encuentra en condiciones favorables para producir el producto deseado.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En el capítulo anterior se desarrolló la definición del problema, el alcance del proyecto y los objetivos que se esperan conseguir con la finalización del mismo. Siguiendo la metodología Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control (DMAIC por sus siglas en inglés) en este capítulo se buscará realizar una recolección de datos, un análisis de los mismos y propuestas de mejoras para solucionar la problemática ya tratada, además de la correcta implementación de un plan de control para evitar que la empresa regrese al índice de desperdicios que tenían antes del proyecto.

2.1 Medición

En esta etapa se realizó una búsqueda profunda y exhaustiva de todos los datos que sean necesarios para la realización del proyecto, los cuales fueron proporcionados por la empresa y tratados con responsabilidad con el objetivo de usarlos para atacar el problema y proporcionar una solución eficiente para la disminución de desperdicios de plantas. Dada la gran cantidad de datos se realizó una estratificación de los mismos para obtener un problema enfocado. Estos datos también fueron analizados para comprobar el estado del proceso actual y poder usarlos en comparación con datos futuros del proceso una vez la solución se encuentre implementada.

2.1.1 Plan de recolección de datos

Para la realización del plan de recolección de datos se usó el gráfico 1.1, este muestra las variables a usar en el proyecto:

- Porcentaje de desperdicio
- Producción de plantas
- Producción del desperdicio de plantas

Todas estas variables son cuantitativas y necesarias para conocer en que parte del proceso se enfocará el problema y poder atacarlo desde su causa raíz.

También se usó una última variable que es el rendimiento del operario, la cual es cualitativa y con ayuda de la gerente de la empresa se le dio una calificación a cada uno de los operarios que intervienen en el proceso, esto para saber cuáles de ellos podrían requerir un mayor entrenamiento para evitar pérdidas en el producto y la disminución de la calidad. En la gráfica 2.1, se describe el plan de recolección de datos referente a las variables del proceso.

QUÉ			DÓNDE	CUÁNDO	CÓMO	POR QUÉ	QUIÉN
Significado Operacional	Unidad de medida	Tipo de dato	¿Dónde recolectar?	¿Cuándo recolectar?	Método de recolección	¿Por qué recolectar?	Persona a cargo
Desperdicio	Porcentaje	Cuantitativo -Continuo	Base de datos	Desde Enero 2019 hasta Febrero 2020	Datos Históricos	Permitirá medir la variable de respuesta del problema del Proyecto	José Bastidas y Xavier Ortiz
Producción de plantas	No. Plantas	Cuantitativo -Discreto	Base de datos	Desde Enero 2019 hasta Febrero 2020	Datos Históricos	Permitirá determinar el periodo donde la producción es más eficiente	José Bastidas y Xavier Ortiz
Producción de plantas contaminadas	No. Plantas	Cuantitativo -Discreto	Base de datos	Desde Enero 2019 hasta Febrero 2020	Datos Históricos	Permitirá determinar el periodo donde se produce mayor desperdicio	José Bastidas y Xavier Ortiz
Rendimiento de operario	Escala del 1 al 10	Cualitativo	Oficina de Biofábrica	Fase de medición	Entrevistas	Para asegurar la calidad del proceso es necesario conocer cuáles trabajadores necesitan más entrenamiento	José Bastidas y Xavier Ortiz

Gráfica 2.1 Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Verificación de datos

Para la verificación de los datos usados se recurrió a un método poco convencional debido al estado de emergencia y al alto riesgo que existe en el país por la pandemia de COVID-19 al momento de la realización de este proyecto.

Esta se realizó por medio del compromiso y confianza de la empresa hacia el proyecto en el cual por medio de correo electrónico se aseveró que los datos son reales, confiables y pueden ser manipulados para la realización del proyecto. Se puede visualizar en la gráfica 2.2, la evidencia con respecto a la confiabilidad de los datos.



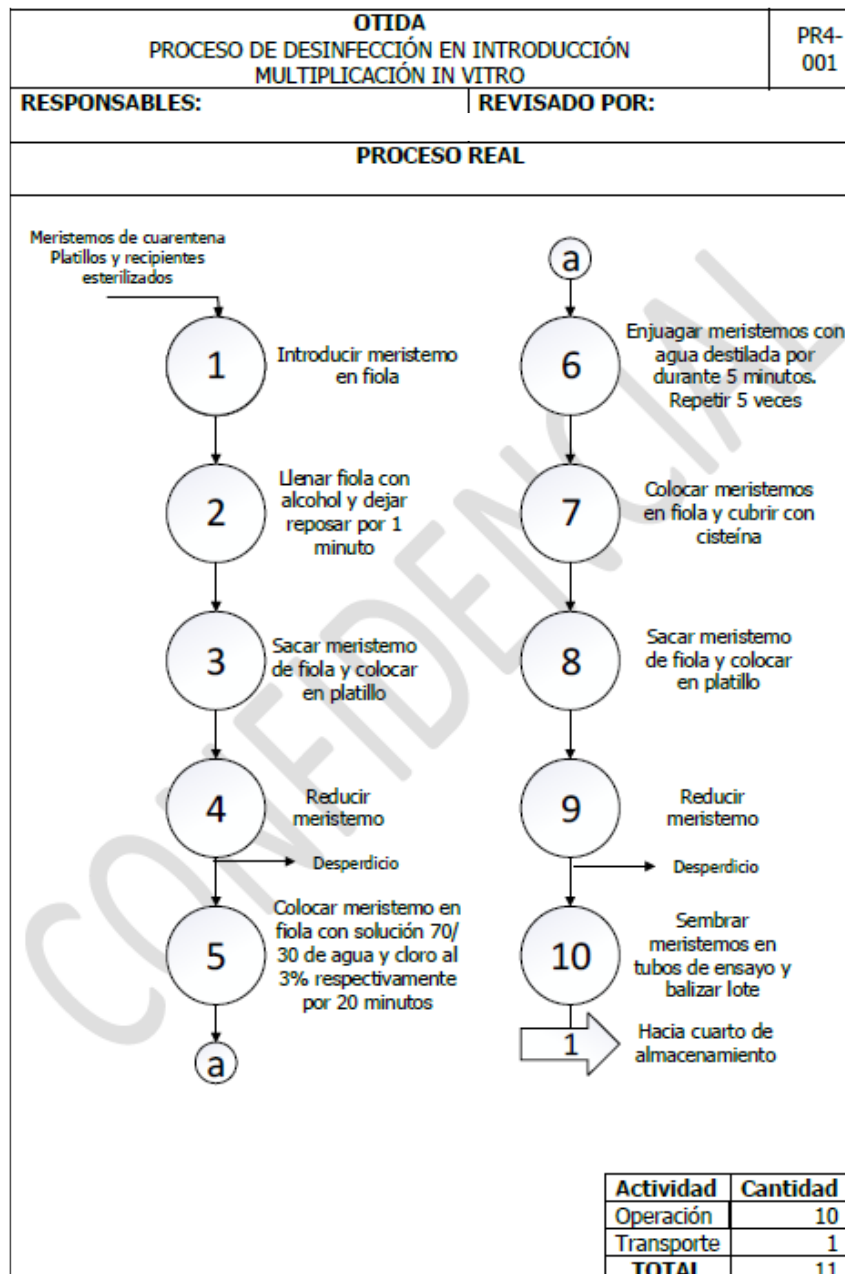
Gráfica 2.2 Confiabilidad de datos por correo electrónico

Fuente: Elaboración propia

2.1.3 Mapeo del proceso

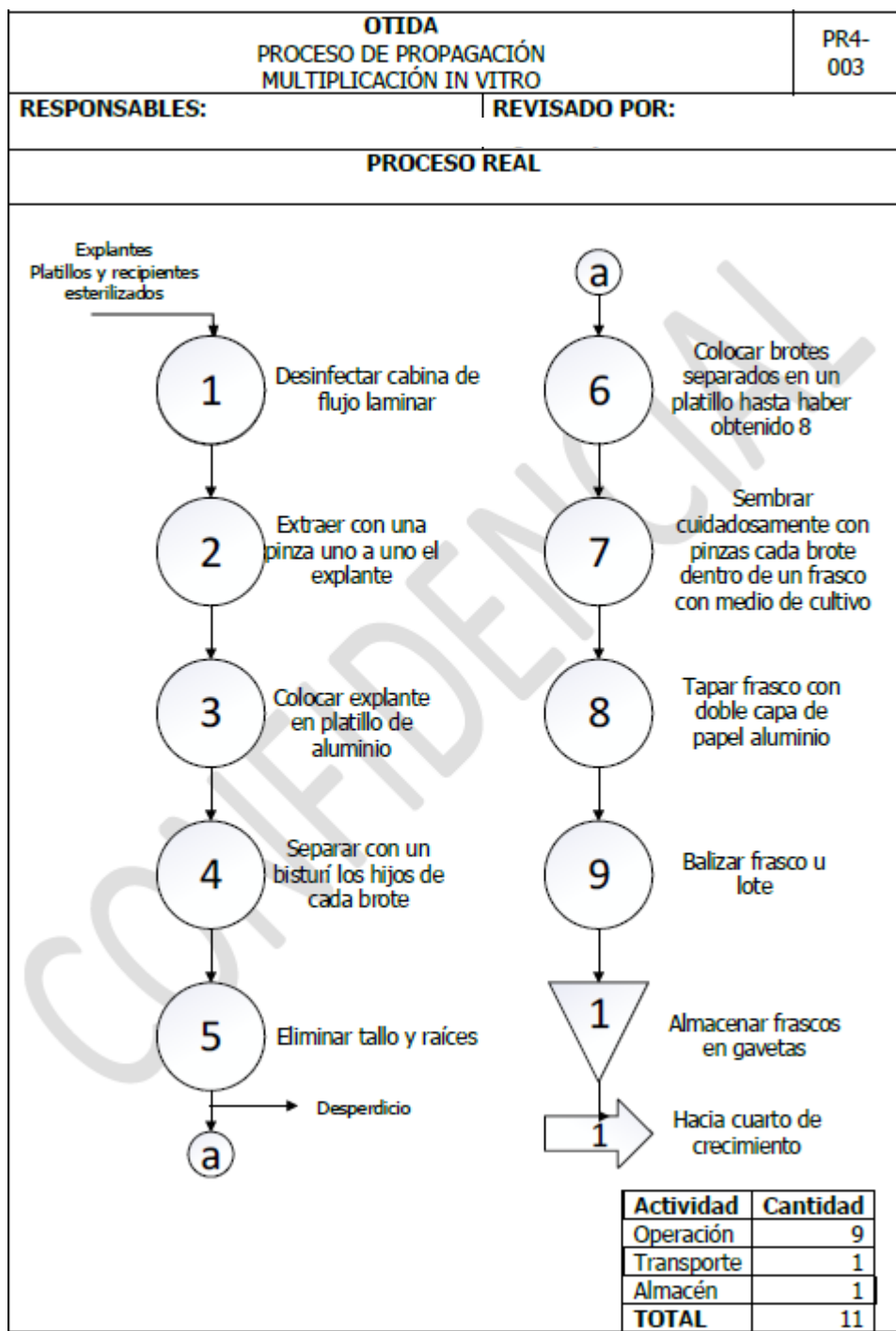
La empresa proporcionó diagramas OTIDA detallados de los procesos que se realizan en el laboratorio, estos se dividen en 3 procesos principales; primero, se tiene el proceso de introducción el cual se origina al momento que el colino ingresa al área de laboratorio y es tratado por un operario con sus respectivas normas y cuidados; el siguiente es el proceso de multiplicación, donde el colino procede a multiplicarse en varias plantas pequeñas y así pasa de fase en fase. Es importante mencionar, que de 1 colino se obtiene al menos 1000 plantas pequeñas al final del proceso; por último, se tiene al proceso de enraizamiento, el cual es el proceso final de realizar en el laboratorio donde se realiza una última inspección a las plantas y se las transporta al invernadero.

Las gráficas 2.3, 2.4 y 2.5 muestran los diagramas OTIDA del proceso en el laboratorio para una mejor visualización.



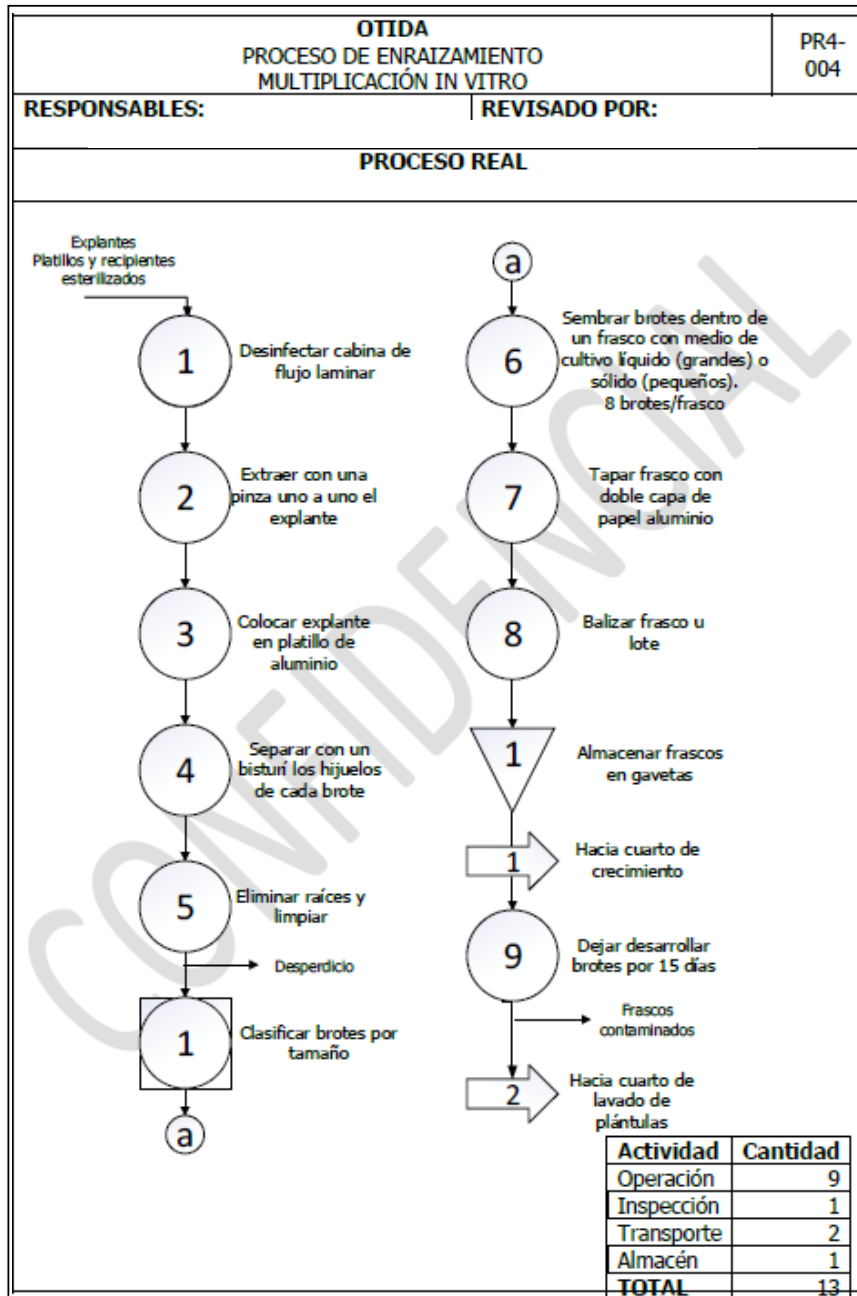
Gráfica 2.3 OTIDA del proceso de introducción

Fuente: Empresa biofábrica



Gráfica 2.4 OTIDA del proceso de multiplicación

Fuente: Empresa biofábrica

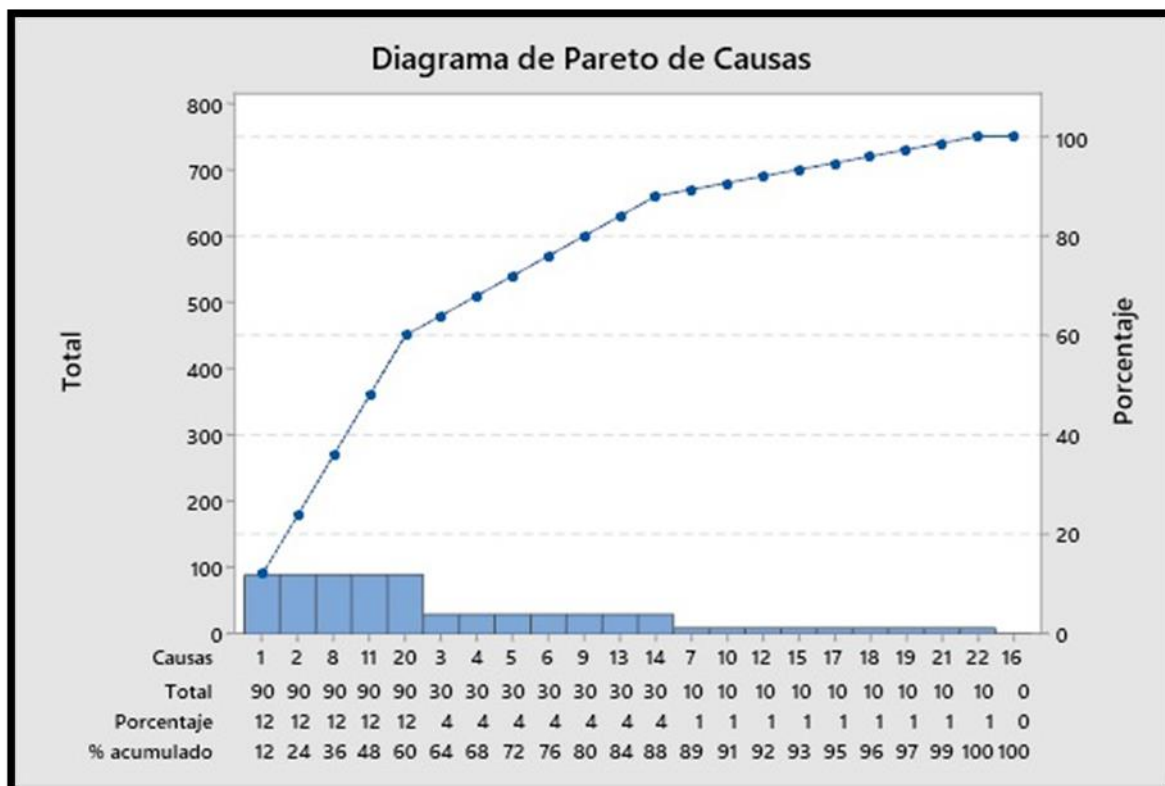


Gráfica 2.5 OTIDA del proceso de enraizamiento

Fuente: Empresa biofábrica

2.1.4 Estratificación

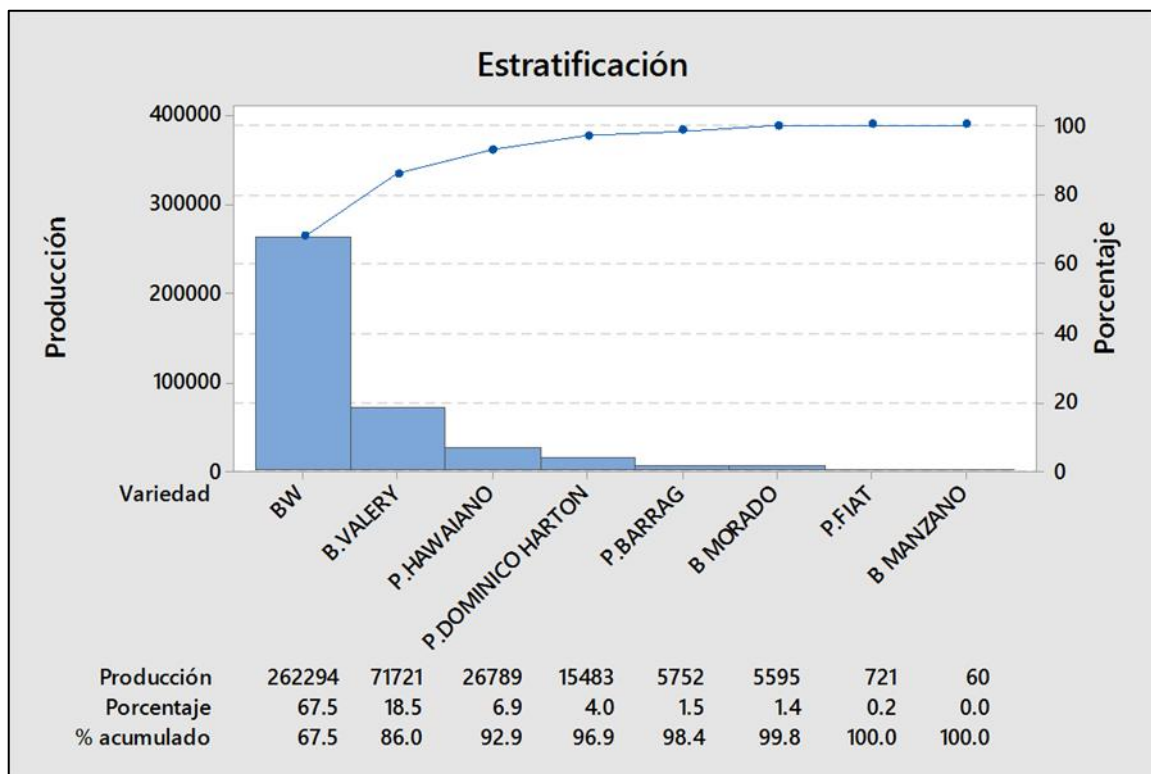
Dada la enorme cantidad de datos que se obtuvieron, es necesario estratificar los datos para así obtener un problema enfocado y poder atacar el problema desde su causa raíz y así obtener mejores y más eficaces resultados.



Gráfica 2.6 Diagrama PARETO de los pases del proceso

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica 2.6, se representaron los datos en un gráfico de Pareto, donde se llegó a la conclusión que el problema no se encuentra en todas las Pases del proceso, sino que se puede enfocar en las Pases P0, P1, P2, P3, P4 y P10 pues son las que poseen mayor porcentaje de desperdicios.



Gráfica 2.7 Diagrama PARETO de la variedad de los productos

Fuente: Elaboración propia

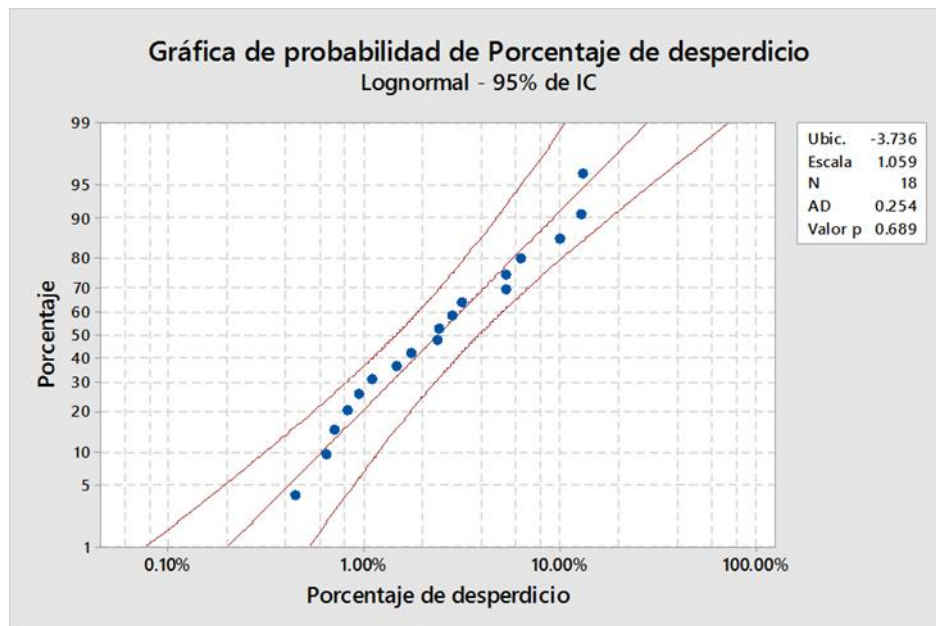
Luego se realizó una segunda estratificación de los datos, donde en la gráfica 2.7, se puede observar que el 86% de producción de la empresa se basa en los tipos de banano Wilson y Valery por lo que se enfocará en esta variedad del producto.

Con esto se obtiene el nuevo problema enfocado:

"Se presenta un desperdicio excesivo de plantas contaminadas en las Pases P0, P1, P2, P3, P4, P10 en los bananos Wilson y Valery en el laboratorio de una biofábrica; dado un desperdicio promedio de 3.71% desde enero de 2019 a febrero de 2020, sin embargo, la compañía espera tener un desperdicio promedio del 2%"

2.1.5 Verificación de los datos

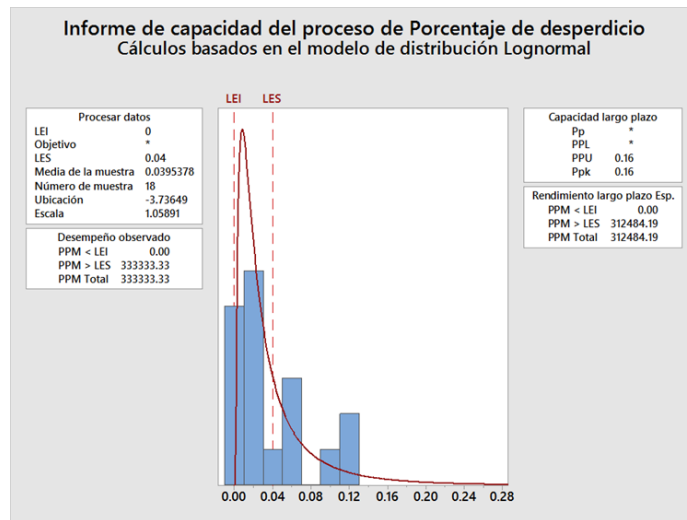
En esta sección primeramente se procedió a verificar y comprobar los datos antes de usarlos en el análisis de los mismos.



Gráfica 2.8 Prueba de normalidad

Fuente: Elaboración propia

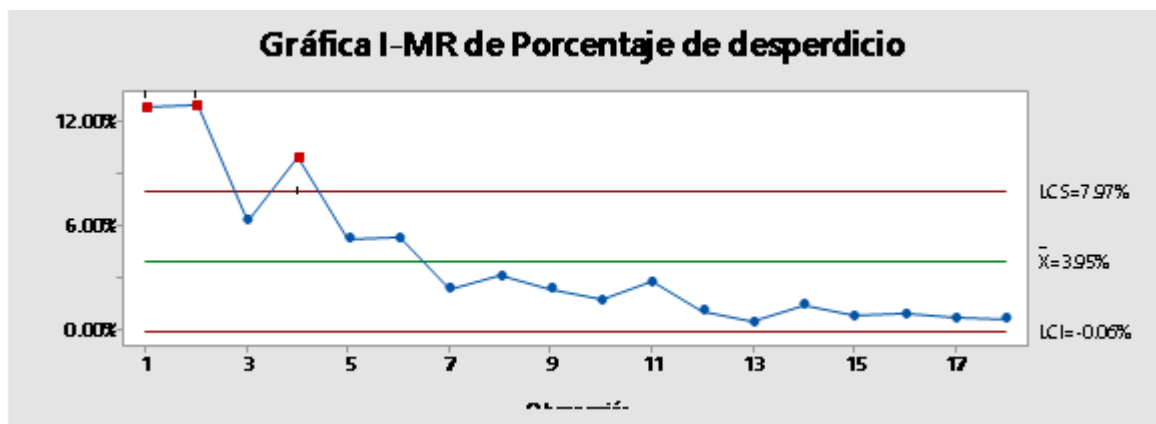
Como se pudo observar en la gráfica 2.8, los datos se asemejan a una distribución de tipo Lognormal, con esto se procedió a trabajar en las siguientes secciones con la distribución indicada.



Gráfica 2.9 Análisis de capacidad del proceso

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 2.9, se realizó la capacidad del proceso, dándole al límite inferior un valor de 0 y al superior el valor de 0.04, estos valores indicados por la empresa. Se obtuvo que el valor Ppk es de 0.16 por lo que el proceso no es capaz y se necesitó un mayor análisis para poder proponer una mejora.



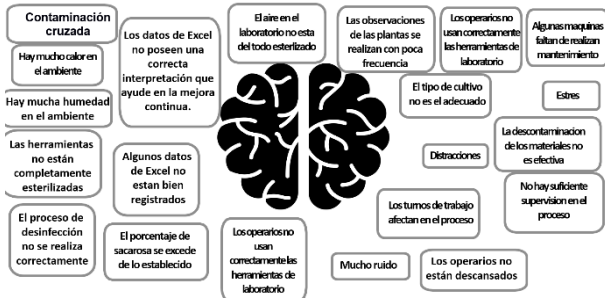
Gráfica 2.10 Gráfico de control del proceso

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 2.10, se puede visualizar que el proceso cuenta con 3 puntos que están por encima de los límites permitidos, se concluye que el proceso se encuentra fuera de control.

2.2 Análisis

En esta etapa, se presentó las posibles causas del problema, las cuales se analizaron con diferentes técnicas aprendidas durante la carrera y con este análisis se llegó a la causa raíz para posteriormente proponer soluciones y mejorar el proceso en general. Para tener un mejor análisis, la gráfica 2.11 describe una lluvia de ideas para poder recopilar una gran cantidad de causas posibles que afectan al problema.

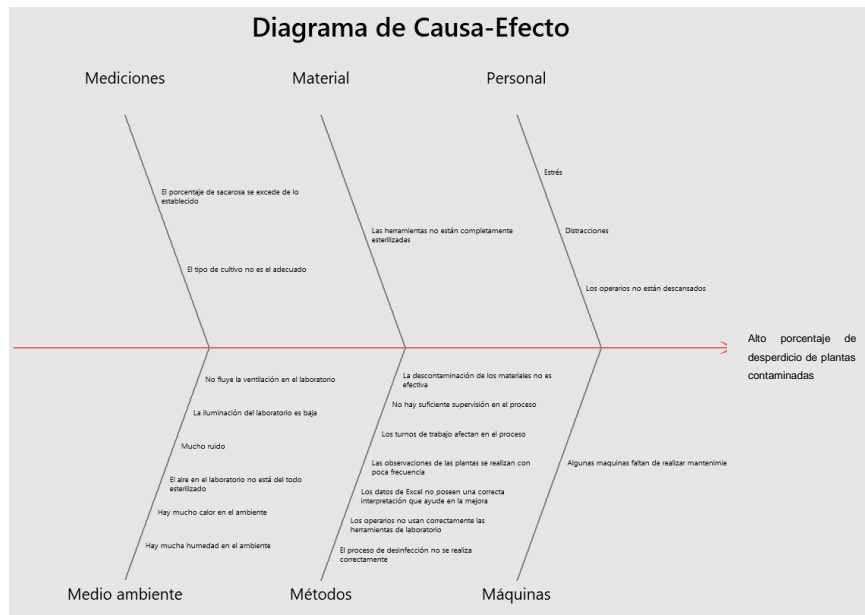


Gráfica 2.11 Lluvia de ideas de causas del problema

Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Diagrama Causa-Efecto

Con todas las causas posibles, se procedió a realizar un diagrama de causa y efecto, el cual se describe en la gráfica 2.12, donde se dividieron en 6 categorías para una mejor visualización y análisis.



Gráfica 2.12 Diagrama Causa-Efecto

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Matriz Causa-Efecto

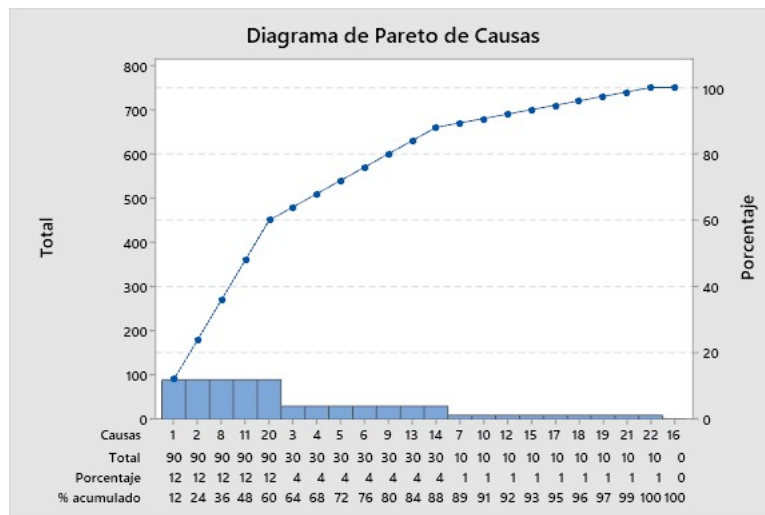
Se realizó una matriz con todas las posibles causas, se solicitó la ayuda de 3 personas relacionadas a la empresa y que conocen el proceso mejor para que le den un puntaje a cada una de las causas, con esto se calculó la moda de cada una y este valor se lo multiplicó por 10. Cabe recalcar que únicamente se usaron 4 puntajes diferentes para reducir la variabilidad, siendo estos; 0 cuando no existe relación, 1 cuando es relación baja, 3 una relación mediana y 9 una relación elevada. La tabla 2.1 permite visualizar las diferentes puntuaciones con respecto a la lluvia de ideas.

Tabla 2.1 Matriz Causa-Efecto

Fuente: Elaboración propia

Matriz Causa-Efecto		Variable de salida Y				Total
		Porcentaje de Plantas Contaminadas				
		10				
		Valor 1	Valor 2	Valor 3	Moda	
Variables de entrada X	1Contaminación cruzada	9	9	9	9	90
	2El proceso de desinfección no se realiza correctamente	9	9	9	9	90
	3Las herramientas no están completamente esterilizadas	3	3	3	3	30
	4Hay mucha humedad en el ambiente	1	3	3	3	30
	5Hay mucho calor en el ambiente	1	3	3	3	30
	6El porcentaje de sacarosa se excede de lo establecido	1	1	0	1	10
	7Los operarios no usan correctamente las herramientas de laboratorio	3	3	1	3	30
	8Los datos de Excel no poseen una correcta interpretación que ayude en la mejora continua.	3	9	9	9	90
	9El aire en el laboratorio no está del todo esterilizado	1	1	0	1	10
	10El tipo de cultivo no es el adecuado	1	1	1	1	10
	11Las observaciones de las plantas se realizan con poca frecuencia	9	9	3	9	90
	12Estrés	3	3	3	3	30
	13Distracciones	3	3	1	3	30
	14Mucho ruido	1	1	1	1	10
	15Los operarios no están descansados	0	1	0	0	0
	16La iluminación del laboratorio es baja	1	1	1	1	10
	17No fluye la ventilación en el laboratorio	0	1	1	1	10
	18Los turnos de trabajo afectan en el proceso	0	1	1	1	10
	19No hay suficiente supervisión en el proceso	1	1	1	1	10
	20La descontaminación de los materiales no es efectiva	9	9	3	9	90
	21Algunas maquinas faltan de realizar mantenimiento	1	1	3	1	10

Luego, se procedió a realizar un Pareto con las causas y su debida puntuación para así poder observar cuáles son las causas con mayor puntaje, es decir, las que tiene una mayor influencia en el proceso, se puede visualizar en la gráfica 2.13.



Gráfica 2.13 Diagrama de Pareto de las causas

Fuente: Elaboración propia

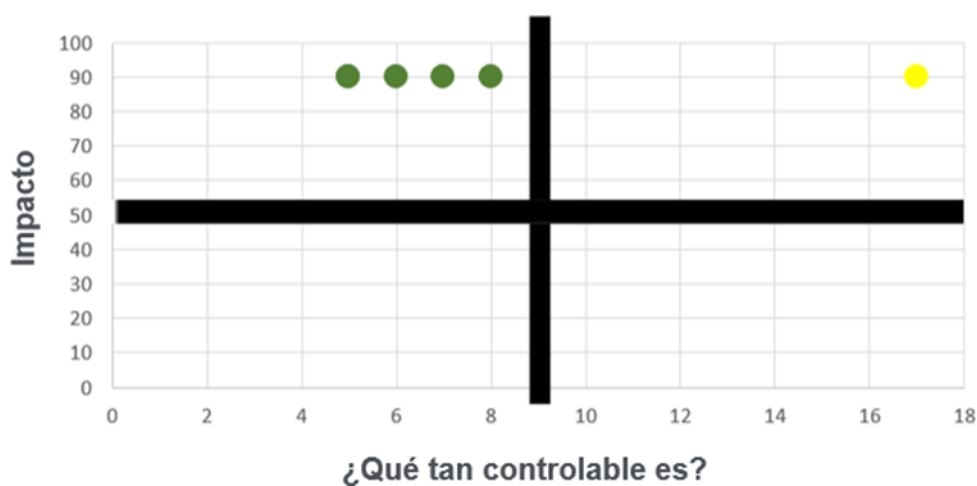
2.2.3 Selección de causas a verificar

Del Pareto anterior, se seleccionaron las 5 causas principales, lo siguiente fue realizar un análisis Impacto-Control; de este análisis se decidió eliminar una de las causas que no era muy controlable, siendo ésta “Las observaciones de las plantas se realizan con poca frecuencia”. A continuación, la tabla 2.2 permite visualizar el impacto que tienen dichas causas.

Tabla 2.2 Matriz Impacto vs. Control

Fuente: Elaboración propia

# Causa	Matriz Impacto vs. Control	Control X	Impacto Y
1	Contaminación cruzada	7	90
2	El proceso de desinfección de las plantas no se realiza correctamente	5	90
3	Los datos del Excel no poseen una correcta interpretación que ayude en la mejora continua	6	90
4	Las observaciones de las plantas se realizan con poca frecuencia	17	90
5	La descontaminación de los materiales no es efectiva	5	90



Gráfica 2.14 Gráfica Impacto vs. Control

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 2.14, se puede visualizar y conocer las causas que pueden ser controlables y de alto impacto.

2.2.4 Plan de verificación de causas

Se seleccionaron 4 causas con las que se procedió a trabajar, las cuales se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 2.3 Plan de verificación de causas

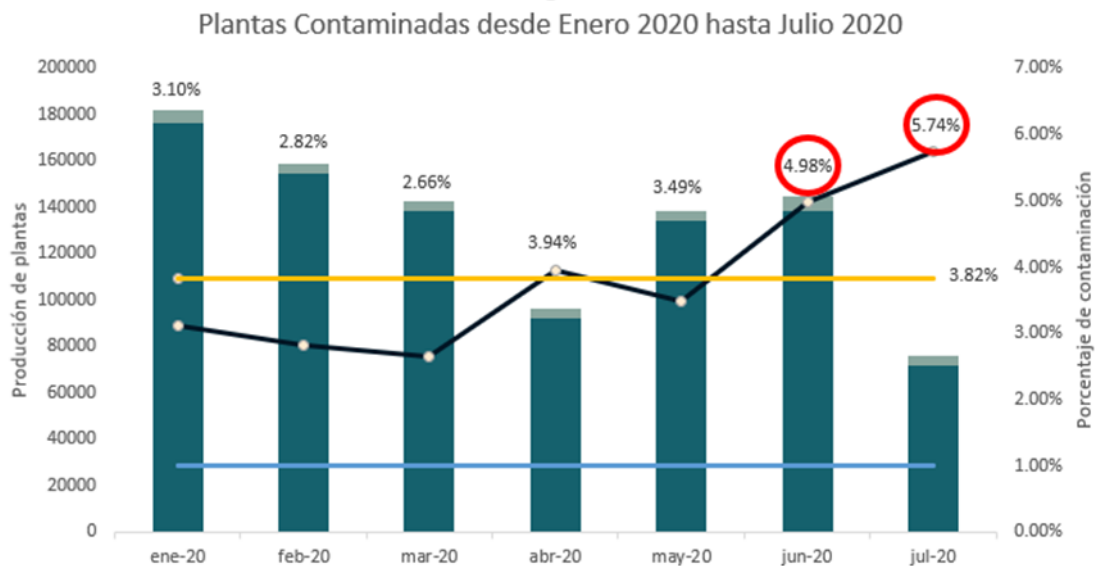
Fuente: Elaboración propia

# Causa	Causas Potenciales	Teoría acerca del impacto	¿Como lo verifico?	Estado
1	Contaminación cruzada	El mínimo contacto de una planta contaminada con un lote sano puede causar que todo el lote se contamine	Serie de tiempo en Excel	Completado
2	El proceso de desinfección de las plantas no se realiza correctamente	No se usa un temporizador en ciertos procesos donde la medición del tiempo es crucial	Entrevista / GEMBA	Completado
3	Los datos de Excel no poseen una correcta interpretación que ayude en la mejora continua	El formato con el que se trabajan los datos en Excel es confuso y contiene errores, no hay una buena visualización ni interpretación de datos	Data Histórica	Completado
5	La descontaminación de los materiales no es efectiva	No se descontamina o se cambian los materiales cada vez que se trabaja con un nuevo lote, aumentando las probabilidades de contaminación	Entrevista / GEMBA	Completado

En la tabla 2.3, se logra observar que para cada causa se teorizó acerca del impacto en el proceso general, además de cuál fue el método que se usó para su verificación.

- Causa: Contaminación cruzada.

Se realizó una nueva serie de tiempo, representada en la gráfica 2.15, con los nuevos datos proporcionados por la empresa, donde claramente se puede observar que existe un incremento del porcentaje de contaminación en los últimos meses, se consultó con la empresa y en un trabajo coordinado se llegó a la conclusión que esto se debe a la contaminación que se transmiten unas plantas a otras, es decir, contaminación cruzada.



Gráfica 2.15 Serie de tiempo de plantas contaminadas 2020

Fuente: Elaboración propia

- Causa: El proceso de desinfección de las plantas no se realiza correctamente.

Al momento de analizar los procesos se notó que en varios de estos influye en gran medida que exista una toma de tiempo precisa, por lo que en una entrevista con el cliente se procedió a indagar y preguntar acerca del proceso y la forma de medir el tiempo. El cliente mencionó que se usaba un reloj el cual no era muy confiable y existía la posibilidad que el operario se distrajera afectando esto directamente al proceso.

- Causa: Los datos de Excel no poseen una interpretación que ayude en la mejora continua del proceso.

La verificación de esta causa se la realizó por medio de los datos proporcionado por la empresa. Se llegó a encontrar datos aberrantes, errores de tipeo, tablas donde las sumas no eran las correctas y un mal diseño y uso en general del archivo de Excel, además de una nula interpretación de estos datos.

Las gráficas 2.16, 2.17 y 2.18 son evidencias de los datos aberrantes del Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Semana	Fecha	Mes	Código	Operario	Variedad	Código de Barra	Pase	Fr. F	Cant. Plantas	Fr. E	Cant. Plantas B.	Plantas
1873	51	14-nov	Diciembre	U25	Ne			P5	5	50		0	50
1874	51	13-nov	Diciembre	U25	Ne			P5	1	10		0	10
1875	51	28-nov	Diciembre	U24				P8	1	10		0	10
1876	51	19-nov	Diciembre	U14	D			P1	1	0	1	4	4
1877	51	27-nov	Diciembre	U4	F			P7	0	1	10	10	10
1878	51	27-nov	Diciembre	U12	A			P7	0	1	10	10	10
1879	51	20-nov	Diciembre	U24				P3	2	20	0	0	20
1880	51	27-nov	Diciembre	U5				P0	0	1	1	1	1
1881	52	17-dic	Diciembre	U24				P8	2	20	0	0	20
1882	52	14-dic	Diciembre	U24				P8	1	10	0	0	10
1883	52	19-nov	Diciembre	U4	F			P4	0	2	20	20	20
1884	52	19-nov	Diciembre	U14	D			P4	0	1	10	10	10
1885	52	19-nov	Diciembre	U24				P4	0	2	20	20	20
1886	52	19-nov	Diciembre	U5				P4	0	1	10	10	10
1887	52	19-nov	Diciembre	U12	A			P4	2	20	2	20	40
1888	52	19-nov	Diciembre	U25	Ne			P4	4	40	1	10	50

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Sema	Fecha	Mes	Códi	Operario	Cam.	Variedad	Código de Barra	Pase de Entrad	Frascos Recibid	PLANTAS Recibid	TIPO DE MEDIC	Pase de Salid	Frascos Producid	PLANTAS Producid	% Productiv
41	12/10/2019	Octubre	U25	Nelson Mendiola	3	P.HAWAIANO	97	P7	84	672	SOL	P8	112	896	1,33%

Gráfica 2.16 Prueba de datos Excel-1

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2.17 Prueba de datos Excel-2

Fuente: Elaboración propia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Semana	Fecha	Mes	Código	Operario	Variedad	Código de Bar	Pase	Fr. l'	Cant. Plantas	Fr. B	Cant. Plantas B.	Plantas
1873	51	14-nov	Diciembre	U25	Ne			P5	5	50		0	50
1874	51	13-nov	Diciembre	U25	Ne			P5	1	10		0	10
1875	51	28-nov	Diciembre	U24	Ne			P8	1	10		0	10
1876	51	19-nov	Diciembre	U14	D			P1		0	1	4	4
1877	51	27-nov	Diciembre	U4	F			P7		0	1	10	10
1878	51	27-nov	Diciembre	U12	A			P7		0	1	10	10
1879	51	20-nov	Diciembre	U24	F			P3	2	20		0	20
1880	51	27-nov	Diciembre	U5	F			P0		0	1	1	1
1881	52	17-dic	Diciembre	U24	F			P8	2	20		0	20
1882	52	14-dic	Diciembre	U24	F			P8	1	10		0	10
1883	52	19-nov	Diciembre	U4	F			P4		0	2	20	20
1884	52	19-nov	Diciembre	U14	D			P4		0	1	10	10
1885	52	19-nov	Diciembre	U24	D			P4		0	2	20	20
1886	52	19-nov	Diciembre	U5	F			P4		0	1	10	10
1887	52	19-nov	Diciembre	U12	A			P4	2	20	2	20	40
1888	52	19-nov	Diciembre	U25	Ne			P4	4	40	1	10	50
1889	52	28-nov	Diciembre	U24	Ne			P1		0	1	4	4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Sema	Fecha	Mes	Códi	Operario	Cam.	Variedad	Código de Barra	Pase de Entraz	Frascos Reciclád	PLANTAS Reciclád	TIPO DE MEDIC	Pase de Salid	Frascos Producció	PLANTAS Producció	% Productiv
2192	39	26/9/2019	Septiembre	U12	Anthony Mendoza	2	BW	662	P5	11	88	SOL	P6	37	296	3,36%
3226																
3227																

Gráfica 2.18 Prueba de datos Excel-3

Fuente: Elaboración propia

- Causa: La descontaminación de los materiales no es efectiva.

Con la ayuda de la ingeniera a cargo de la supervisión del proyecto se analizó el hecho de que la contaminación cruzada aumenta los desperdicios y se llegó a la conclusión de que otra causa de esto se debe al hecho que las herramientas usadas por los operarios no se cambian ni se desinfectan al trabajar con nuevos lotes, por lo que existe una mayor posibilidad de contaminación. En la gráfica 2.19, se presenta evidencia de la entrevista con la empresa.



Gráfica 2.19 Entrevista con la empresa

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Técnica de los 5 porque

El análisis final que se realizó fue con el uso de la técnica de los 5 por qué. Con esto se busca hacer las preguntas apropiadas y poder llegar a la causa raíz para poder proponer una acción a tomar. Todo esto con la finalidad de mejorar el proceso. Se aplicó las técnicas de los 5 porque a las gráficas 2.20, 2.21, 2.22 y 2.23.

- Causa 1: Contaminación cruzada.

RONDA 1	HIPÓTESIS	RONDA 2	HIPÓTESIS	RONDA 3	HIPÓTESIS	RONDA 4	HIPÓTESIS	RONDA 5	HIPÓTESIS	ACCIÓN
Por qué existe contaminación cruzada?		Por qué una planta o lote contamina a las demás?		Por qué si hay sospecha de contaminación el operario no la separa de las demás?						Cambiar el procedimiento; si existe sospecha de contaminación aislar esta planta o separarla de las demás hasta obtener una confirmación
Porque una planta o lote contamina directa o indirectamente a las demás	sí	Porque si hay sospecha de alguna contaminación el operario no la separa de las demás	sí	Porque el procedimiento no indica que hacer con las plantas contaminadas	sí					

Gráfica 2.20 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #1

Fuente: Elaboración propia

- Causa 2: El proceso de desinfección de las plantas no se realiza correctamente.

RONDA 1	HIPÓTESIS	RONDA 2	HIPÓTESIS	RONDA 3	HIPÓTESIS	RONDA 4	HIPÓTESIS	RONDA 5	HIPÓTESIS	ACCIÓN
Por qué el proceso de desinfección no se realiza correctamente?		Por qué el operario no toma bien el tiempo establecido por el proceso?								Usar un cronómetro con una alarma para tomar el tiempo de forma más precisa y evitar distracciones
Porque en ocasiones el operario no toma bien el tiempo establecido por el proceso	sí	Porque no cuenta con el equipo apropiado para la toma de tiempo y se distrae	sí							

Gráfica 2.21 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #2

Fuente: Elaboración propia

- Causa 3: Los datos de Excel no poseen una correcta interpretación que ayude a la mejora continua del proceso.

Por qué los datos en Excel no poseen una interpretación que beneficie en la mejora continua del proceso?	YES	Por qué no existe una interpretación clara de lo que los datos transmiten?	YES								Realizar un nuevo formato para la entrada de datos en Excel, que sea más fácil de usar, más amigable para el usuario y que tenga un dashboard para una mejor visualización de los datos y los procesos
Porque no existe una interpretación clara de lo que los datos transmiten		Porque no poseen un buen formato ni visualización que ayuden a un posterior análisis									

Gráfica 2.22 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #3

Fuente: Elaboración propia

- Causa 4: La descontaminación de los materiales no es efectiva.

RONDA 1	HIPÓTESIS	RONDA 2	HIPÓTESIS	RONDA 3	HIPÓTESIS	RONDA 4	HIPÓTESIS	RONDA 5	HIPÓTESIS	ACCIÓN
Por qué la descontaminación de los materiales no es efectiva?										
Porque el operario no cambia ni desinfecta las herramientas usadas durante el día	YES									Reemplazar los materiales usados cada vez que se trabaja con un nuevo lote

Gráfica 2.23 Técnica de ¿5 Por qué? Causa #4

Fuente: Elaboración propia

Para una mejor visualización se presenta en la tabla 2.4, las causas principales junto con su respectiva propuesta de mejora para poder tener un mejor entendimiento de los problemas que tiene el proceso y como solucionarlos.

Tabla 2.4 Causas vs. Mejoras

Fuente: Elaboración propia

Causas	Mejoras
Contaminación cruzada.	Cambiar el procedimiento; si existe sospecha de contaminación, aislar esta planta y separarla de las demás hasta obtener una confirmación.
El proceso de desinfección de las plantas no se realiza correctamente.	Usar un cronómetro con una alarma para tomar el tiempo de forma más precisa y evitar distracciones.
Los datos de Excel no poseen una correcta interpretación que ayude en la mejora continua del proceso.	Realizar un nuevo formato para la entrada de datos en Excel, que sea más fácil de usar, más amigable para el usuario y que tenga un dashboard para una mejor visualización de los datos y los procesos.
La descontaminación de materiales no es efectiva.	Reemplazar los materiales usados cada vez que se trabaja con un nuevo lote.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Mejora

Tras toda la información recolectada y el análisis realizado, se llega a la etapa donde se proponen mejoras para el proceso, de todas estas mejoras se seleccionarán las que causan un mayor impacto y grandes beneficios.

Se comenzó con una lluvia de ideas, en la cual participan tanto los autores de esta tesis como representantes de la empresa, donde cada participante tiene la oportunidad de opinar y dar su punto de vista para ofrecer algo nuevo en lo que mejorará el proceso y ayudará en cumplir los objetivos planteados.

La primera causa que se trató fue la de contaminación cruzada. Se recomendó actualizar su plan de mantenimiento de equipos y separar los posibles casos de contaminados, aislarlos y enviarlos a un área de observación para tratar esta causa.

La siguiente causa abordada fue la incorrecta desinfección. Para esta, la mejora fue usar un cronómetro con alarma, para evitar que el operario se distraiga y tome correctamente el tiempo cuando así lo indique el proceso y dar una mayor capacitación a los operarios para mejorar su desempeño.

Se procedió con la siguiente siendo la de los datos de Excel no poseen una correcta interpretación en beneficio de la mejora continua del proceso, donde se llegó a la conclusión que se debe crear un dashboard, capaz de interpretar los datos en tiempo real y con la utilidad de que se pueda controlar la producción de plantas y la cantidad de contaminados.

Finalmente, se trabajó con la última causa, la descontaminación de los materiales no es efectiva donde la mejora propuesta fue de reemplazar los materiales y equipos cada vez que se cambia de lote, evitando también la contaminación cruzada.

3.1.1 Análisis de las mejoras propuestas

Luego de la lluvia de ideas, se procedió a realizar un pequeño análisis de cada mejora, su impacto en el proceso y en los beneficios, así como de los respectivos costos e inconvenientes que traerá.

Mejora #1: Actualización del plan de mantenimiento de equipos.

El plan de mantenimiento actual incluye a los equipos del aire acondicionado, cámara de flujo laminar, esterilizador de bolas, regulador de temperatura y sensores de humedad; se lo realiza cada 6 meses y la propuesta es que se cambie este tiempo a cada 2 meses dado la importancia de todas las máquinas previamente mencionadas. Sin embargo, esto implicaría un aumento en los costos, los cuáles la empresa no considera que justifiquen el cambio.

Mejora #2: Separar los posibles casos de contaminados, aislarlos y enviarlos a un área de observación.

Esta mejora implica un cambio en el proceso de propagación de la empresa, donde los posibles casos de contaminados siguen el proceso normal, se propone que estos posibles casos se los separe de los demás y se los coloque en un área de observación, donde se los examinará más exhaustivamente hasta esperar una confirmación. Esta mejora no trae consigo costo alguno para la empresa dado que sería la reorganización de un área y la empresa cuenta con todos los suplementos necesarios. La gráfica 3.1 permite visualizar la separación de los contaminados.



Gráfica 3.1 Separación de los contaminados

Fuente: Elaboración propia

Mejora #3: Usar un cronómetro con alarma, para evitar que el operario se distraiga y tome correctamente el tiempo cuando así lo indique el proceso.

Dado que existen algunos procesos que requieren una toma de tiempos precisos, es necesario que el operario disponga del equipo adecuado, por lo que se recomienda invertir en un cronómetro de cuello, donde luego del tiempo establecido una alarma sonará, con esto se espera que el operario no se distraiga y el tiempo que tome el proceso sea lo más preciso posible. Los costos de esta mejora son de \$15 por operario, además se debe de dar una pequeña capacitación acerca de cómo manejar el nuevo equipamiento.

Mejora #4: Dar una mayor capacitación a los operarios para mejorar su desempeño

Con el propósito de la mejora continua se espera que la empresa pueda realizar una capacitación de refuerzo mensual para los operarios, dado que aumentará el rendimiento de los mismos. Al final de cada capacitación se deberá tomar una prueba donde el operario deberá aprobarla si desea seguir trabajando, en caso de que falle se deberá volver a dar una capacitación más intensiva. Esta mejora cuenta con un gran esfuerzo por parte de la gerencia para dar las capacitaciones y gran inversión de tiempo más no de dinero.

Mejora #5: Dashboard en Excel.

Se crearon dos Dashboard, uno con los datos que se tienen de la producción y otro con los datos de la cantidad de plantas contaminadas. El usuario cuenta con diferentes filtros tales como; mes, operarios, variedad del producto, tipo de cultivo; donde se los usará a conveniencia y la información se actualizará en tiempo real. La finalidad de esta herramienta es de dar un soporte a la gerencia al momento de analizar su volumen de producción, así como de prevenir futuros fallos y contaminaciones entre productos y procesos y poder tomar decisiones con agilidad para el beneficio del proceso del laboratorio. La gráfica 3.2 permite visualizar el nuevo dashboard de producción.



Gráfica 3.2 Dashboard de producción

Fuente: Elaboración propia

Mejora #6: Reemplazar los materiales y equipos cada vez que se cambia de lote.

La última mejora incluye otro cambio al proceso que se realiza en la propagación de plantas. La propuesta es que cada vez que se cambie a un nuevo lote de plantas, también se deberá cambiar los materiales usados por unos nuevos completamente desinfectados, tales como pinzas, bisturí, etc. No se espera ningún gasto con esta mejora dado que la empresa cuenta con todas las herramientas necesarias.

3.1.2 Evaluación de mejoras de propuestas

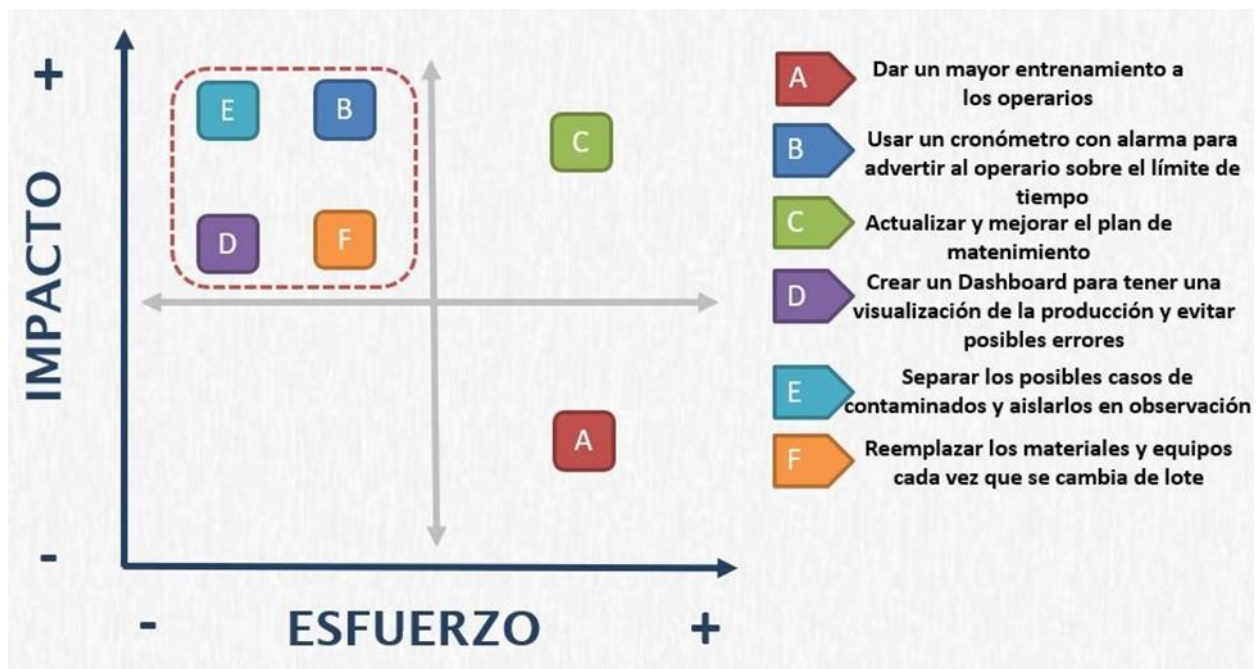
Una vez realizado el análisis de cada mejora, el siguiente paso fue evaluar las mismas y así poder decidir cuáles se implementarán, usando los criterios de dificultad, costo, beneficios económicos y rapidez de implementación. La grafica 3.3 corresponde a la evaluación de las soluciones en base a los criterios mencionados anteriormente.

Soluciones	Baja dificultad	Costo	Beneficio económico	Rapidez de implementación	Puntaje
	3	5	5	2	
A) Dar entrenamiento a los trabajadores para mejorar su rendimiento	5	1	2	5	40
B) Usar un cronómetro con alarma cuando el operario necesite tomar tiempos en el proceso	3	2	2	5	39
C) Actualizar el plan de mantenimiento	5	5	2	2	54
D) Crear un Dashboard en Excel para poder tener una buena interpretación de los datos	3	1	4	3	40
E) Separar los posibles casos de contaminados y evitar que se junten con los que no lo están	4	1	5	4	50
F) Reemplazar los materiales y equipos cada vez que se trabaja con un nuevo lote	3	1	4	4	42

Gráfica 3.3 Evaluación de soluciones

Fuente: Elaboración propia

Junto con esta evaluación, la gráfica 3.4 representa una matriz de Impacto vs Esfuerzo donde se colocaron las mejoras en su respectivo lugar.



Gráfica 3.4 Matriz Impacto vs. Esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

Como se logra observar en la gráfica 3.4, se escogieron las mejoras B, D, E y F; dado que causan un alto impacto en la empresa y no proporcionan mucho esfuerzo para implementarlas.

3.1.3 Plan de implementación

Con las mejoras a implementar ya definidas, la gráfica 3.5 corresponde al plan de implementación, donde se indicará la causa junto con su solución, y se responderá a las preguntas de por qué, cómo, dónde, quién, cuándo, costo y finalmente el estado en que se encuentra.

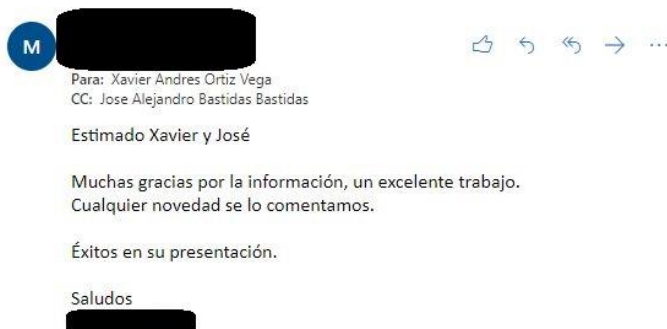
CAUSAS	QUÉ	POR QUÉ	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	COSTO	CUÁNDO	ESTADO
Contaminación cruzada	Separar los posibles casos de contaminados y evitar juntarlos con las plantas sanas	Porque si existe un caso de contaminados, esto evitará que la contaminación se propague	Crear una zona de aislamiento para los posibles casos de contaminados	Laboratorio de Sebioca	Operario	N/A	Julio 2020	Completado
El proceso de desinfección no se realiza correctamente	Usar un cronómetro junto con una alarma para las actividades que requieran tomar el tiempo	Porque el operario no excederá el tiempo que indica el proceso y esto evitará fallos	Añadir el cronómetro en el puesto de trabajo	Laboratorio de Sebioca	Operario	\$15 Por operario	Septiembre 2020	Planeación
La descontaminación de materiales no es efectiva	Reemplazar los materiales y equipos cada vez que se cambia de lote	Porque así se evita que la contaminación se propague a través de los materiales	La persona a cargo de entregar las herramientas, hará el reemplazo en cada cambio de lote	Laboratorio de Sebioca	Operario	N/A	Julio 2020	Completado
Los datos de Excel no poseen una correcta interpretación que ayude al proceso	Crear un Dashboard en Excel	Porque la gerencia tendrá una mayor visualización de la producción y contaminados, ayudando en la mejora continua	Usando herramientas de Excel	Gerencia	Líder del proyecto	N/A	Septiembre 2020	Planeación

Gráfica 3.5 Plan de implementación

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Retroalimentación de las soluciones

Todas las soluciones propuestas han sido un trabajo en conjunto entre los representantes de la empresa y los autores de la tesis. Se comprueba en la gráfica 3.6 que se ha llegado un acuerdo para trabajar en las mejoras previamente mencionadas.

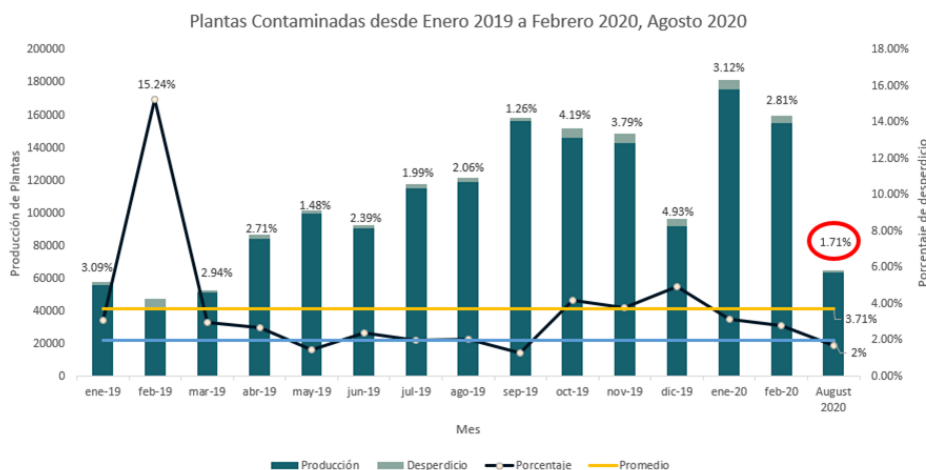


Gráfica 3.6 Evidencia para las mejoras

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Resultados de la implementación

Gracias al trabajo de equipo entre el cliente y los analistas, se lograron implementar las mejoras propuestas en el proceso de laboratorio. Se tomaron nuevos datos durante el mes de agosto 2020 para poder comprobar la eficiencia de las mejoras, estos datos se pueden apreciar de mejor manera en la gráfica 3.7.



Gráfica 3.7 Serie de tiempo con implementación de la mejora

Fuente: Elaboración propia

Como se logra observar en la gráfica 3.7, el porcentaje de desperdicios de la empresa durante el mes de agosto 2020 es de 1.71% esto quiere decir que disminuyó por debajo del promedio con las mejoras implementadas.

3.1.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se tomó dos muestras del porcentaje de desperdicios, siendo estas de antes y después de la implementación de las mejoras.

Estadísticos descriptivos: Desperdicio

Implementación	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Antes	5	4.92	1.03	0.46
Después	5	1.412	0.462	0.21

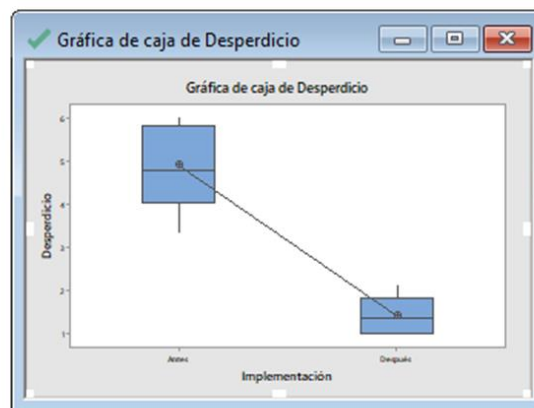
Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
3.506	(2.211, 4.801)

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
6.96	5	0.001



Gráfica 3.8 Prueba de hipótesis Antes vs. Después

Fuente: Elaboración propia

Se logró observar en la gráfica 3.8 que el valor p de la prueba t-student es menos a 0.05; con esto podemos afirmar con un 95% de confiabilidad que existe una diferencia significativa entre las medias de ambas muestras tomadas, por lo tanto, existe una mejora significativa en el descenso del porcentaje de desperdicio.

3.1.7 Análisis económico

Se procedió a calcular los beneficios económicos para la empresa. Al disminuir la contaminación, quiere decir que la producción aumentará en un 2% por lo que esto se puede traducir en ventas. Siendo la producción mensual promedio de 106 300 plantas, se calcula el 2% que se rescató al disminuir el desperdicio, siendo 2126 que ahora están listas para la venta, el precio es de \$0.85 por plantas, dando un total de \$1807.10 mensuales o \$21 685.20 anuales. Cabe recalcar que todo esto se logró con el único costo de \$15 para la empresa.

3.1.8 Análisis ambiental

Gracias a que se logró disminuir el desperdicio del proceso del laboratorio, esto se traduce como una ayuda en el ámbito ambiental, pues la empresa tiene que tratar con menos desperdicios generados por sus procesos.

3.1.9 Impacto en otras áreas

El éxito del proyecto no es únicamente en el área del laboratorio, también ha afectado positivamente a otros departamentos; en el área de ventas, como ya se habló, mejoró los ingresos mensuales generados por la empresa, la producción aumentó y el desperdicio disminuyó.

3.2 Control

En la última etapa de la metodología DMAIC se espera implementar un método de control para asegurar que las mejoras mantengan sus estándares de calidad y no se vuelva a dar marcha atrás en el proceso.

Para el aseguramiento del control de calidad se cuenta con un empleado, el cual realiza inspecciones diarias a las plantas y si encuentra algún caso de contaminados se espera que las separe de las plantas sanas, así como se lo planteó en la parte de mejoras, el mismo empleado se espera que inspeccione a los operarios que trabajan en el proceso de introducción y multiplicación para que se cumpla el nuevo protocolo del cambio de herramientas y equipos cada vez que se trabaje con un nuevo lote.



Gráfica 3.9 Inspección de las plantas en el laboratorio

Fuente: Elaboración propia

El siguiente método de control fue la creación de la nueva base de datos en Excel; con este nuevo modelo se espera que el ingreso de datos sea más eficiente, no contenga

errores de tipeo y con una interfaz más amigable para el usuario, así se podrá controlar que el ingreso de estos datos sea de la manera adecuada. Como complemento se realizó un manual de usuario para aclarar cualquier duda que el cliente puede tener y así asegurar su funcionamiento. Las gráficas 3.10 y 3.11 corresponde a la base de datos que se creó y el manual de usuario acerca del mismo.

REGISTRO DE PRODUCCION

BUSCAR POR OPERARIO:

SEMANA	FECHA	MES	CODIGO	OPERARIO	CAHARA	VARIEDAD	COODIGO BARRA	P. ENTRADA	F. RECIBIDOS	P. SALIDA	F. PRODUCIDOS	TIPO MEDIO
5	21/05/2020	Mayo	U25	Nelson Memodaza	1	P.DONIBUICO HARTON	10571	P5	69	P6	40	SCL
3	21/05/2020	Mayo	U14	Dayana Noyano	2	B.VALERY	10571	P5	38	P5	63	SCL
1	21/05/2020	Julio	U4	Rosalia Andruz	2	P.HAVAZANO	10571	P5	64	R8	88	LIQ
2	21/05/2020	Julio	U4	Rosalia Andruz	2	P.HAVAZANO	10571	P5	64	R8	88	LIQ

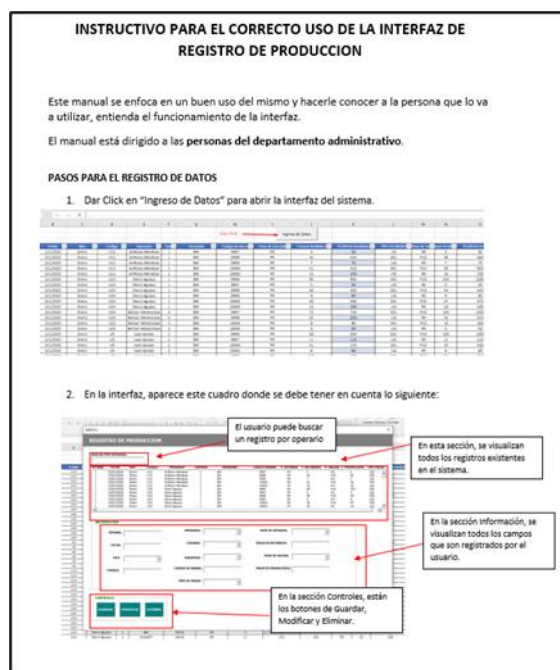
INFORMACION

SEMANA: <input style="width: 80%;" type="text"/>	OPERARIO: <input style="width: 80%;" type="text"/>	PASE DE ENTRADA: <input style="width: 80%;" type="text"/>
FECHA: <input style="width: 80%;" type="text"/>	CAHARA: <input style="width: 80%;" type="text"/>	FRASCOS RECIBIDOS: <input style="width: 80%;" type="text"/>
MES: <input style="width: 80%;" type="text"/>	VARIEDAD: <input style="width: 80%;" type="text"/>	PASE DE SALIDA: <input style="width: 80%;" type="text"/>
CODIGO: <input style="width: 80%;" type="text"/>	COODIGO DE BARRA: <input style="width: 80%;" type="text"/>	FRASCOS PRODUCIDOS: <input style="width: 80%;" type="text"/>
	TIPO DE MEDIO: <input style="width: 80%;" type="text"/>	

CONTROLES

GUARDAR
MODIFICAR
ELIMINAR

Gráfica 3.10 Base de Datos
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 3.11 Manual de usuario

Fuente: Elaboración propia

A continuación, la tabla 3.1 y 3.2 describen a detalle el plan de control.

Tabla 3.1 Plan de control para la contaminación cruzada de plantas

Fuente: Elaboración propia

Qué	Por qué	Cómo	Dónde	Quién	Costo	Cuándo
Separar las plantas contaminadas de las que no están.	Para evitar la contaminación cruzada y las plantas no se infecten.	Realizar una supervisión aleatoria para garantizar que se siga el procedimiento.	Laboratorio	Supervisor	N/A	Diario

Tabla 3.2 Plan de control para la implementación de base de datos

Fuente: Elaboración propia

Qué	Por qué	Cómo	Dónde	Quién	Costo	Cuándo
Nueva base de datos para plantas de producción y contaminadas.	Debido a que los datos no contendrían errores de tipeo que puedan afectar el análisis	Validando los datos que se agregan la sección de información y disponiendo de un manual con todas las instrucciones de cómo funciona la base de datos.	Laboratorio	Administración	N/A	Diario

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se cumplió con la meta establecida al principio del proyecto, el cliente esperaba que el porcentaje disminuyese hasta al menos el 2% de desperdicio, logrando un porcentaje de desperdicio durante el mes de agosto 2020 del 1.71%, lo cual cumple con los estándares de calidad.
- Se realizaron mejoras substanciales al proceso de laboratorio, gracias al análisis realizado y al trabajo en equipo, este proceso ahora está optimizado y se espera que su desempeño sea el deseado por la empresa.
- El Dashboard y la base de datos son complementos el uno del otro, y ayudan a la gerencia a la interpretación de datos, para poder controlar y monitorear la producción y ayuda en la mejora continua del proceso.
- El trabajo de equipo fue crucial en el proyecto, debido a la gran restricción con la que se trabajó, que fue la de la pandemia.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un recordatorio semanal a los empleados acerca de la importancia de la desinfección de las plantas, su puesto de trabajo y las herramientas usadas, todo esto es esencial para el buen desempeño de todo el proceso de laboratorio.
- Es recomendable ingresar los datos al menos semanalmente para que el dashboard junto con los indicadores se actualice y tener mayor tiempo al momento de realizar un cambio o mejora si el proceso lo requiere.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, P. (Mayo de 2010). *UJI*. Obtenido de <https://www3.uji.es/~berbel/Visual%20Basic/Manuales/Excelvbapplication%202010.pdf>
- Calatec*. (2012). Obtenido de <https://www.calatec.com/6sigma/metodologia-dmaic-6-sigma/>
- Campos, S. (17 de Julio de 2017). *Excelinfo*. Obtenido de <https://blogs.itpro.es/exceleinfo/2017/07/17/dashboards-en-excel-tablas-dinamicas-y-graficos/>
- Campos, S. (29 de Abril de 2020). *Excelinfo*. Obtenido de <https://www.exceleinfo.com/macro-para-validar-campos-vacios-de-cualquier-formulario-en-excel-vba/>
- Celag*. (2015). Obtenido de <https://www.celag.org/analisis-economico/>
- Intagri*. (23 de Mayo de 2020). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/cultivo-in-vitro-de-celulas-y-tejidos-vegetal>
- Pulido, H. G. (2004). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. McGraw Hill.
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad total y productividad*. McGraw Hill.
- Sanchez, M. (2009). *MAG*. Obtenido de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v20n01_011.pdf
- Sinnaps*. (2010). Obtenido de <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/lean-six-sigma>