

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Mejora de la productividad en el proceso de cristalería de una biofábrica

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Andrés Eduardo Duarte Campos

Julio Josué González González

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres Franklin Duarte y Roció Campos, quienes han sido el soporte en mi vida, sin sus enseñanzas, consejos, confianza y compañía este trabajo no podría haber sido completado.

A mi abuela Isabel Tapia, que en paz descansa, quien junto a mi madre me inculcaron los valores y principios que he tenido presente a lo largo de toda mi vida.

Andrés Duarte

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres, que me han apoyado durante toda mi vida y a mis hermanos que siempre me han acompañado en los momentos de mayor dificultad.

Julio González

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme a lo largo de mis años de estudio.

A mis padres, por su cariño incondicional y su confianza.

A Julio, por mostrar optimismo en momentos complicados, demostrar liderazgo, persistencia, compromiso y tener confianza plena en mis capacidades.

Al Ph.D. Kleber Barcia quien mostro cariño hacia la enseñanza, ser un soporte a lo largo de la carrera y participar en el desarrollo de este proyecto.

Al M.Sc. Israel Herrera por ser una guía a en el desarrollo este proyecto.

Andrés Duarte

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la fortaleza suficiente en los momentos más difíciles de la carrera y de esta última etapa.

A mis padres, por apoyarme en las etapas de mi vida.

A Andrés, por ser un gran compañero de carrera, gracias por tu ayuda y enseñanzas.

Al M.Sc. Israel Herrera y Ph.D. Kleber Barcia, por su apoyo desinteresado en nuestra superación profesional.

Julio González

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Andrés Eduardo Duarte Campos y Julio Josué González González damos 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”



Andrés Eduardo Duarte
Campos



Julio Josué González
González

EVALUADORES

.....
Marcos Buestan B., Ph. D.

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Israel Herrera G., M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo incrementar la productividad en el área de cristalería en una empresa de biotecnología, ubicada en el norte de Guayaquil, debido a que, no se cumplen con los requerimientos semanales de frascos lavados en la sección. La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto fue DMAIC, la que está comprendida por cinco etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En la etapa definir se estableció el problema y los objetivos del proyecto, de acuerdo con la información recolectada, en promedio la productividad se encontraba 18% por debajo del requerimiento semanal. En la etapa medir se determinó las variables que influyen en el rendimiento de la productividad y se llevó a cabo la recolección de los datos. En la etapa analizar se examinó el comportamiento de los datos que fueron recolectados en la etapa previa, empleando herramientas de estadística descriptiva e inferencial, en búsqueda de las posibles causas raíz, para encontrar las causas raíz se empleó un análisis de 5 por qué. En la etapa mejorar se definieron las posibles soluciones de acuerdo con las causas raíz. En la etapa controlar se validó la solución, se pudo comprobar que la productividad se vio incrementada en un 20 %, además se implementó procesos para controlar las nuevas condiciones del sistema y se estableció un plan de reacción, con el fin de que el problema no se vuelva a presentar.

Palabras Clave: Productividad, Procesos, VSM, DMAIC, Biofábrica.

ABSTRACT

The objective of this project is to increase productivity in the glassware area of a biotechnology company, located in the north of Guayaquil, due to the fact that the weekly requirements of washed bottles in the section are not being met. The methodology used for the development of the project was DMAIC, which is comprised of five stages: define, measure, analyze, improve and control. In the define stage, the problem and the objectives of the project were established; according to the information collected, on average productivity was 18% below the weekly requirement. In the measure stage, the variables that influence productivity performance were determined and data collection was carried out. In the analyze stage, the behavior of the data collected in the previous stage was examined, using descriptive and inferential statistics tools, in search of possible root causes, to find the root causes a 5-why analysis was used. In the improvement stage, possible solutions were defined according to the root causes. In the control stage, the solution was validated, it was verified that productivity was increased by 20%, and processes were implemented to control the new system conditions and a reaction plan was established, in order to prevent the problem from recurring.

Key words: *Productivity, Processes, VSM, DMAIC, Biofactory.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.1.1 Alcance del proyecto	2
1.1.2 Requerimientos	3
1.1.3 Restricciones	4
1.2 Justificación del problema.....	4
1.2.1 Información histórica	4
1.2.2 Justificación económica.....	5
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Marco teórico	6
1.4.1 Definición.....	6
1.4.2 Medición	7
1.4.3 Analizar	8
CAPÍTULO 2	10
2. Metodología.....	10

2.1	Medición.....	10
2.1.1	VSM (Value Stream Mapping).....	10
2.1.2	Plan de recolección de datos	11
2.1.3	Verificación de los datos.....	12
2.1.4	Análisis de capacidad.....	13
2.2	Análisis	16
2.2.1	Lluvia de ideas	16
2.2.2	Diagrama Ishikawa	18
2.2.3	Matriz de ponderación de causas.....	19
2.2.4	Selección de causas a verificar	21
2.2.5	Plan de verificación de causas	22
2.2.6	Verificación de las causas	22
2.2.7	5 ¿Por qué?.....	27
2.2.8	Causa raíz.....	28
2.3	Generación de soluciones.....	29
2.3.1	Lluvia de idea de soluciones	29
2.3.2	Evaluación de las soluciones	29
2.3.3	Matriz de priorización de soluciones	30
2.3.4	Diagrama de impacto esfuerzo.....	31
2.3.5	Plan de implementación de soluciones	32
2.4	Implementación de soluciones.....	33
2.4.1	Establecer un nuevo tiempo estándar en el proceso de Inmersión	34
2.4.2	Rediseño del área y adquisición de nuevos implementos	35
2.4.3	Manual de procesos	37
CAPÍTULO 3		38
3.	Resultados y análisis.....	38
3.1	Beneficios económicos	38

3.1.1	Aumento de productividad.....	38
3.1.2	Ahorro en costo de mano de obra directa	39
3.1.3	Beneficio aumento de capacidad.	40
3.2	Beneficios sociales	40
3.2.1	Reducción en la distancia recorrida por el operador	40
3.2.2	Reducción de carga laboral.....	41
3.3	Beneficios ambientales	41
3.3.1	Ahorro en recursos hídricos	41
3.4	Control	42
CAPÍTULO 4		45
4.	Conclusiones y recomendaciones	45
4.1	Conclusiones	45
4.2	Recomendaciones	45
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
CTQ	Critical to Quality
SIPOC	Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers
VSM	Value Stream Mapping

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
m	Metro
Tm	Tonelada
L	Litro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Herramienta 3W+2H Figura.....	2
Figura 1.2 Diagrama SIPOC biofábrica	3
Figura 1.3 Árbol crítico de la calidad	4
Figura 1.4 Productividad semanal	5
Figura 2.1 Value Stream Mapping.....	11
Figura 2.2 Plan de recolección de datos	12
Figura 2.3 Análisis de normalidad.....	14
Figura 2.4 Cartas de control.....	15
Figura 2.5 Análisis de capacidad.....	16
Figura 2.6 Lluvia de ideas de las causas.....	17
Figura 2.7 Diagrama de afinidad	18
Figura 2.8 Diagrama Ishikawa	19
Figura 2.9 Matriz de ponderación de causas.....	20
Figura 2.10 Diagrama de Pareto	20
Figura 2.11 Matriz Impact and control	21
Figura 2.12 Diagrama de recorrido.....	23
Figura 2.13 Resumen estadístico – Inventario de gavetas con residuo	25
Figura 2.14 Diagrama de dispersión productividad vs Inventario con residuos	26
Figura 2.15 Diagrama de cajas - Comparativa gavetas.....	27
Figura 2.16 Análisis 5 ¿Por qué?	28
Figura 2.17 Lluvia de ideas de posibles soluciones.....	29
Figura 2.18 Evaluación de soluciones	30
Figura 2.19 Matriz de priorización de soluciones.....	31
Figura 2.20 Diagrama de impacto esfuerzo.....	32
Figura 2.21 Plan de implementación	33
Figura 2.22 Entrevista con experto en biotecnología.....	34
Figura 2.23 Diagrama de recorrido – Nueva distribución	36
Figura 2.24 Simulación proceso de cristalería.....	37
Figura 3.1. Resultados mejora en la productividad.....	39
Figura 3.2 Plan de control.....	43

Figura 3.3 Tablero de indicadores del área de cristalería.....44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de verificación de causas	22
Tabla 3.1 Incremento en productividad	38
Tabla 3.2 Ahorro costo de mano de obra directa.....	39
Tabla 3.3 Beneficio de cumplir con el requerimiento de frascos.....	40
Tabla 3.4 Comparativa distancia entre procesos.....	41
Tabla 3.5 Ahorro litros de agua	41

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales productos que se cosechan en el Ecuador es el banano. En el año 2019, Ecuador fue nombrado el principal proveedor de esta fruta a nivel mundial. De acuerdo con los datos del ministerio agrícola ecuatoriano, el banano se vende en 78 países diferentes (EFE News Service, 2019). Para suplir con la demanda de banano, en el año 2019 se registró 6,583,000 Tm de producción de cultivo permanente en Ecuador (ESPAC, 2019).

Con el fin de garantizar una producción masiva de plantas y semillas que cumplan con estándares altos de calidad nacen las biofábricas. La biofábrica donde se realiza el proyecto está ubicada en Guayaquil. Dentro de sus objetivos se encuentra la propagación de plantas de banano con alta calidad genética que cumplan con los requerimientos sanitarios, para satisfacer las necesidades de los productores agrícolas y de los consumidores.

Para la propagación de plantas se debe cumplir con dos fases. En la fase uno la planta es expuesta a condiciones controladas de laboratorio e invernadero. El objetivo de esta fase es controlar los parámetros (luz, agua, nutrientes, plagas) que pueden afectar el crecimiento de las plantas en su desarrollo inicial. Cuando estas han alcanzado el tamaño apropiado, son trasladadas a un nuevo invernadero, donde se las expone a un ambiente que simula las condiciones de un cultivo en campo. Una vez que la planta tiene una altura entre 25 a 28 cm está lista para ser sembrada en campo.

Dentro de la fase uno hay procesos que ocurren dentro del laboratorio, los que deben ser realizados en un ambiente controlado, evitando que se presente contaminación por mala manipulación de la materia prima. Los parámetros de los procesos deben estar establecidos de tal manera que se garantice la calidad del producto final. Por ello, la estandarización de los procesos forma parte integral de todas las actividades realizadas.

Uno de los procesos clave en el laboratorio es la desinfección de los frascos. Estos son utilizados para alojar a los meristemos que se emplean para la multiplicación de las plantas. Si el frasco no es desinfectado de manera correcta se forman bacterias y hongos, lo que ocasiona la pérdida de los meristemos. Además, se debe desinfectar

constantemente los frascos de querer mantener un flujo adecuado de producto terminado.

1.1 Descripción del problema

En la actualidad, la biofábrica no puede cumplir con los requerimientos de producción en el área de cristalería. De acuerdo con los datos de productividad de la sección de los meses de marzo a mayo, en promedio se desinfectan 5012 frascos cada semana, mientras que el requerimiento semanal es de 5904 frascos.

La herramienta 3W+2H, de la Figura 1.1, muestra cómo se define el problema:



Figura 1.1 Herramienta 3W+2H
[Fuente: Elaboración propia]

1.1.1 Alcance del proyecto

Los procesos realizados en la biofábrica, previo al proceso en el invernadero, se resumen en los mostrados en la Figura 1.2:

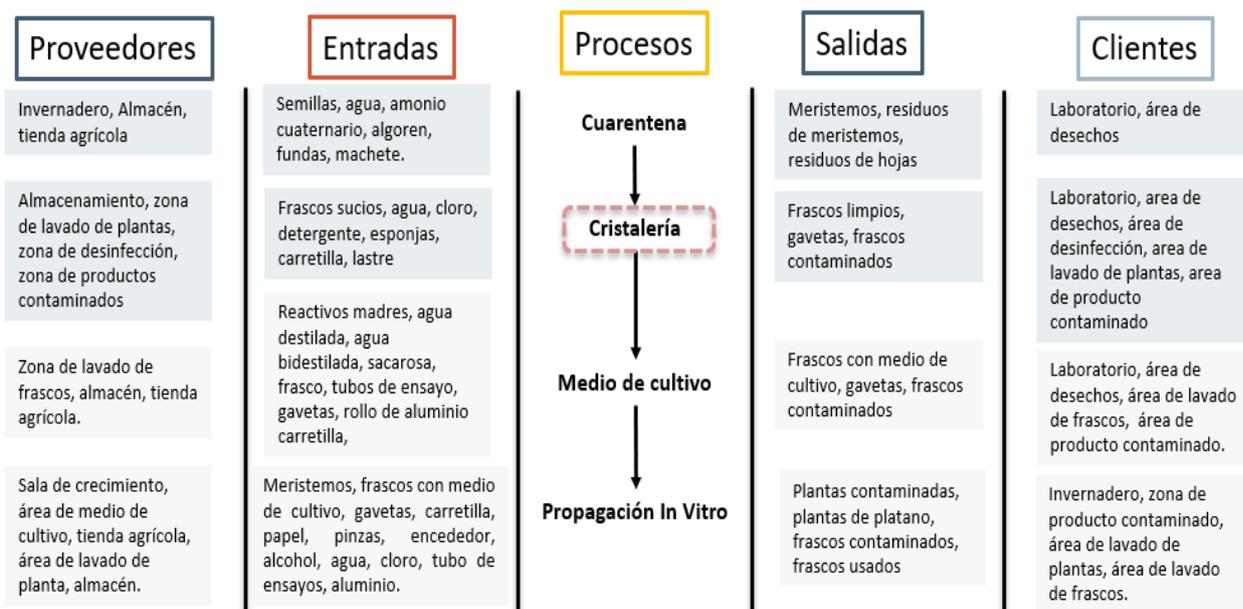


Figura 1.2 Diagrama SIPOC biofábrica

[Fuente: Elaboración propia]

El presente proyecto se centra en el proceso de cristalería. De acuerdo con los datos recolectados en el 2021, hay una baja productividad en esta área y no se cumple con el requerimiento de fascos semanales.

1.1.2 Requerimientos

Para definir las expectativas del cliente se emplea como herramientas las siguientes: voz del cliente (VOC), diagrama de afinidad y árbol crítico de la calidad (CTQ). La voz del cliente identifica las necesidades, mediante entrevistas y sesiones grupales; el diagrama de afinidad agrupa dichas necesidades; y el árbol crítico de la calidad las cuantifica. Al analizar los requerimientos de esta manera, se puede proponer una solución que impacte de manera significativa.

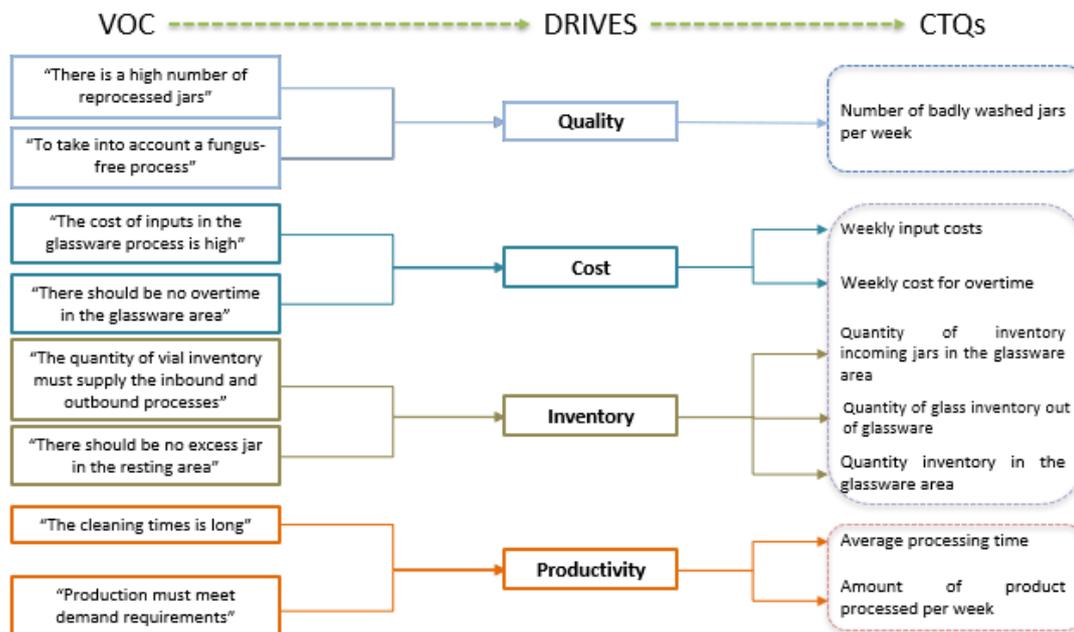


Figura 1.3 Árbol crítico de la calidad

[Fuente: Elaboración propia]

1.1.3 Restricciones

Las restricciones identificadas en el área de cristalería son:

- La cantidad de frascos que entran en cada gaveta;
- El número total de gavetas que se tienen disponible;
- La cantidad de trabajadores;
- La capacidad de almacenamiento de gavetas;
- El horario de trabajo;
- La capacidad del horno.

1.2 Justificación del problema

1.2.1 Información histórica

De acuerdo con la información recolectada en el 2021, la productividad semanal de frascos no es la adecuada. Entre marzo y mayo en promedio cada semana hubo 5012 frascos, mientras que el requerimiento es de 5904 frascos. En 10 de 13 semanas no se pudo cumplir con el requisito de producción.

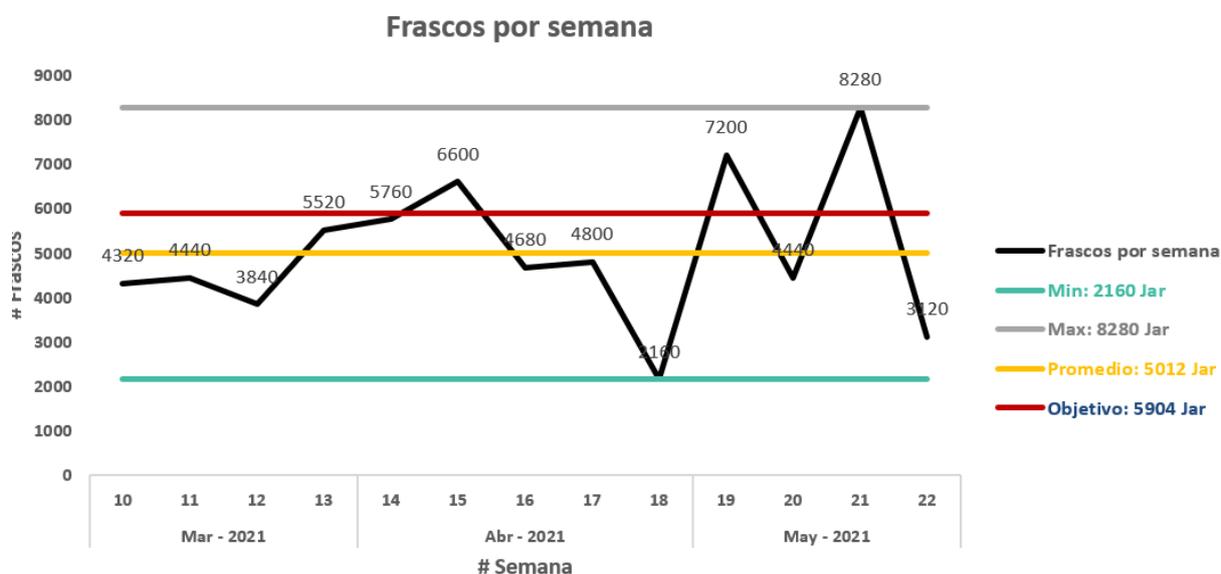


Figura 1.4 Productividad semanal

[Fuente: Elaboración propia]

Las semanas donde se cumplió con el requerimiento de fascos los operarios realizarán sobretiempo, por lo que actualmente el proceso no es capaz de cumplir con el requerimiento semanal con las horas ordinarias de trabajo.

1.2.2 Justificación económica

La biofábrica al no poder cumplir con el requerimiento semanal de fascos tiene un desabastecimiento de 8920 plantas cada semana, lo que representa para la empresa ventas perdidas de \$ 4,460 cada semana. Cada mes la empresa pierde la oportunidad de ganar \$ 17,840.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Incrementar la productividad en el área de cristalería en un 4% en 4 meses, gestionando efectivamente el inventario y estandarizando el proceso, para obtener una mejora en la productividad en la cantidad de fascos lavados.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Reducir las ineficiencias en el proceso de cristalería, con el fin de incrementar la productividad.

2. Determinar el inventario de frascos en el proceso, para tener material disponible en los horarios de producción.
3. Establecer indicadores de productividad, que permitan controlar el proceso e identificar oportunidades de mejora.

1.4 Marco teórico

En esta sección se detalla la teoría necesaria para la elaboración de un proyecto de mejora continua, basado en la metodología DMAIC que está compuesta de 5 fases: “Definir, Medir, Analizar, Mejorar; controlar”. La metodología DMAIC es un sistema de mejora continua, basado en herramientas estadísticas de medición y análisis de datos. Tiene como objetivo el aumento de la productividad, la reducción de desperdicios, la reducción de variabilidad y la mejora de la calidad del producto, entre otros. En cada fase se hace uso de diferentes herramientas para cumplir con los objetivos planteados (Socconini & Reato, 2019).

R. Eric Reidenbach (2008) en su libro explica que el objetivo de un proyecto Six Sigma es el aumento de la productividad de un producto o servicio, teniendo como consecuencia el aumento de su cuota de mercado. Por eso el proyecto debe ser medible, controlando las variables hasta tener el resultado deseado.

1.4.1 Definición

La primera fase de un proyecto DMAIC consiste en identificar el problema. Con los métodos que se explican a continuación se hallaron las necesidades del cliente, las restricciones, las variables a analizar, el problema enfocado y los beneficios.

- **Voz del cliente (VOC):** Esta herramienta tiene como objetivo identificar al cliente involucrado en el proyecto. Esta técnica consiste en realizar reuniones con las personas implicadas en el problema. Busca obtener respuestas desde su punto de vista, analizando qué requisitos piensan que no se cumplen. Además, se toma en consideración sus expectativas con respecto al proyecto y las limitaciones que ellos consideran existen en el área (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004).

- **Diagrama de afinidad:** El diagrama de afinidad es utilizado para organizar de un gran número de ideas, opiniones, requerimientos o necesidades encontradas anteriormente en la lluvia de ideas. Se crean grupos con ideas relacionadas entre sí. Las recomendaciones al momento de reagrupar ideas: Limitar los grupos a un máximo de 10, crear un nombre general que englobe las ideas contenidas en ese grupo y no forzar a la inclusión de ideas (Instituto uruguayo de Normas Técnicas, 2009).
- **Árbol crítico de la calidad (CTQ):** El árbol crítico de la calidad es una herramienta que sirve para transformar los requerimientos del cliente en factores que pueden ser medibles. El factor elegible debe estar estrechamente relacionado con la problemática del proyecto, teniendo como resultado una métrica significativa que genere una propuesta de valor cuantificable para la empresa con una variable que le permita la reducción de costos y aumento de la productividad (Reidenbach & Goeke, 2008).
- **Diagrama SIPOC:** El diagrama SIPOC (Proveedor, Entrada, Proceso, Salida, Cliente) por sus siglas en inglés, es una herramienta que permite transparentar los procesos en una organización, identificando sus componentes básicos y las actividades que ayudan a la empresa a crear valor. El objetivo es delimitar el alcance del proyecto para poder identificar los proveedores; las entradas de materia prima; los procesos que agregan valor al producto final a analizar; y el cliente (Mark, 2015).

1.4.2 Medición

Es la segunda fase de un proyecto DMAIC establece variables que definen el problema de una forma más precisa. Existen variables cuantitativas que no se miden en el proceso, por lo que se realizó toma datos (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004).

- **Value Stream Mapping (VSM):** Es una herramienta lean que permite identificar de manera gráfica el flujo de valor de un proceso de producción, servicio o logístico. Se muestra la situación actual con sus tiempos de ciclo para la elaboración de un producto; los inventarios entre procesos; la entrada y salida de materiales; los operadores; el flujo de información; la frecuencia de entrega de productos; entre otros. Las conclusiones de esta herramienta

son: los tiempos de las actividades que agregan valor, las que no agregan valor y la eficiencia del proceso. Permite determinar qué proceso es el cuello de botella, fábricas ocultas y el cumplimiento con la demanda del cliente (Rajadell & Sánchez, 2010).

- **Método A3:** Es un método de resolución de problemas que posee una estructura simple pero efectiva para representar: información, objetivos, condiciones actuales, causa raíz, plan de medidas y fallos (Socconini & Reato, 2019).
- **Recolección de datos:** También llamado como recolección de resultados, permite identificar las variables, a través de las preguntas: qué variable se analiza, quién realiza la recolección de los datos, dónde, cuándo y cómo se recolectaron los datos (Instituto uruguayo de Normas Técnicas, 2009).
- **Tamaño de muestra:** Para determinar el tamaño de la muestra, se realiza una prueba piloto con un número específico de datos. Si se obtiene más de 30 datos se puede realizar una prueba con un factor de normalidad, pero si son menos de 30 datos se debe realizar una prueba T student. Las variables que requiere son: promedio, desviación estándar, nivel de confianza y error admisible (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).
- **Diagrama de flujo:** Es herramienta de ingeniería de métodos que permite la representación visual de un proceso, indicando las actividades que se realizan de forma secuencial. Su objetivo es identificar las actividades el proceso, quien las realiza, y como las realiza, analizando si se cumple los requerimientos o existen fábricas ocultas (Instituto uruguayo de Normas Técnicas, 2009).

1.4.3 Analizar

Es la tercera fase de un proyecto DMAIC que involucra la exploración de las causas, usando herramientas para encontrar variables juntos con los encargados del proceso, generando hipótesis y verificándolas para poder determinar las causas raíz que está afectando a la variable de salida (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004).

- **Paseo GEMBA:** El paseo Gemba es un método usado comúnmente para identificar problemas y causas en un proceso. El líder del proceso debe

comprometerse a identificarlos en la primera línea; ayudando a los operadores del proceso; observando y mirando el proceso; preguntando constantemente el porqué de cada duda y sobre todo mostrar respecto a los operarios (Socconini & Reato, 2019).

- **Diagrama de Ishikawa:** El diagrama Ishikawa o también conocido como espinas de pescado, se lo utiliza para analizar las causas de un problema, identificando los fallos de calidad y factores que pueden tener afectaciones en el proceso (Socconini & Reato, 2019).
- **Matrix de ponderación de causas:** La herramienta es de gran utilidad para darle valor a las posibles causas encontradas en un análisis preliminar (entrevista o encuestas). Se usa una escala de valor logarítmica y relaciona las posibles causas con respecto a la variable de salida. Quienes deben llenar esta matriz son las personas involucradas en el proceso (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).
- **Diagrama de Pareto:** El gráfico Pareto representa en su eje X las variables de un problema; y en el eje Y la valoración de dichas variables. Los valores se ordenan se forma descendente para poder determinar cuáles son las variables que más afectan al proceso. Estas valoraciones son obtenidas por la matriz de ponderación de causas (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).
- **5 porqué:** Es una metodología muy útil para encontrar la causa raíz, ayuda a descubrir soluciones que mejoren la problemática a largo plazo. Consiste en preguntar ¿Por qué? al problema hasta poder encontrar la causa raíz (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).
- **Diagrama de recorrido:** El diagrama de recorrido sirve para visualizar el movimiento de las actividades, inventario de un proceso. Tiene como requisito un diagrama de flujo y el plano del área de trabajo (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología usada en el proyecto es DAMIC, la primera fase de definir se ha explicado en el capítulo 1. En este capítulo se detallará los componentes de medir, analizar e implementar.

2.1 Medición

El primer paso es la estratificación del problema, para poder centrarlo en un área específica. El tema del proyecto “Mejora de la productividad en el área de cristalería de una biofábrica”, identificó el problema en un proceso de la empresa que es el lavado de frascos que tiene la misma dimensión, además que el proceso es manejado por un solo operario en una jornada diaria.

2.1.1 VSM (Value Stream Mapping)

El mapeo de la cadena de valor es una herramienta que permite visualizar el proceso de cristalería, es decir el lavado de frascos. Las actividades que se realizan en el área son: extracción de medio, Inmersión, enjuagado y secado en horno. Los inventarios presentes son: frascos con medio, frascos sin medio, frascos esterilizados con cloro y frascos limpios. Los tiempos calculados en el VSM para los procesos y los inventarios son promedios. La unidad de carga es gaveta que contiene 120 frascos.

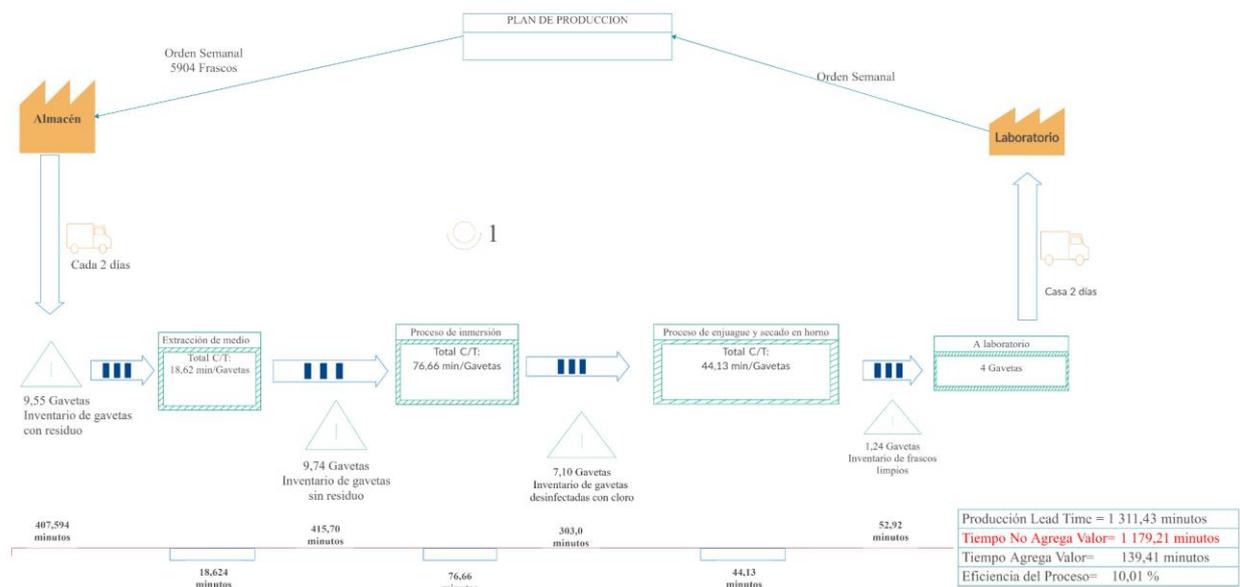


Figura 2.1 Value Stream Mapping.

[Fuente: Elaboración propia]

Gracias a este análisis, se determinó que el cuello de botella del proceso es la actividad de inmersión, porque es el que mayor tiempo conlleva. La eficiencia del proceso es del 10%, lo que muestra que no es capaz.

2.1.2 Plan de recolección de datos

Gracias al mapeo de la cadena de valor, se logró determinar las variables que afectar a la productividad del área. Los datos se tomaron de diferentes formas: datos históricos procedentes de la empresa, requerimientos de producción y toma de datos por cuenta de los autores. Se realizó estudio de tiempos para proceder al análisis.

El plan de recolección de datos establecidos por los autores del proyecto se muestra en la siguiente figura:

¿Quién?	¿Qué?				¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?		¿Por qué?	Status
	Encargados	Variable	Significado Operativo	Unidad de medida			Tipo de dato	Método de Observación		
Líderes de Proyecto	X1	Tiempo de proceso en inmersión	Minutos/Gaveta	Cuantitativo – continuo	Desde Junio 7, 2021	Área de Cristalería	Gemba - Observación directa	Estudio de tiempos	Determinar el número adecuado de gavetas que deben existir en el proceso	Completo
Líderes de Proyecto	X2	Tiempo de proceso de extracción de medio	Minutos/Gaveta	Cuantitativo – continuo	Desde Junio 7, 2021	Datos históricos	Gemba - Observación directa	Estudio de tiempos	Comprobar si el tiempo de proceso para la extracción del medio es demasiado largo y si hay fábricas ocultas	Completo
Líderes de Proyecto	X3	Tiempo de proceso de enjuague y secado	Minutos/Gaveta	Cuantitativo – continuo	Desde Junio 7, 2021	Datos históricos	Gemba - Observación directa	Estudio de tiempos	Determinar si el tiempo en el proceso de enjuague es alto para cumplir con los requisitos de producción, obtener el tiempo promedio del proceso	Completo
Líderes de Proyecto	X4	Productividad por semana	Gavetas/Semana	Cuantitativo – continuo	Desde Junio 7, 2021	Área de Cristalería	Gemba - Observación directa	Requerimientos de producción in el área de cristalería de los últimos años	Analizar si hay un pequeño número de gavetas procesadas por semana, se determinará el número adecuado de gavetas	Completo
Líderes de Proyecto	X5	Inventario de gavetas con residuo	Gavetas/Día	Cuantitativo – Discreto	Desde Junio 7, 2021	Área de Cristalería	Gemba - Observación directa	Datos históricos	Compruebe si el número de cajones sin residuos en la zona de cristalería es suficiente para satisfacer la producción. Determine la cantidad adecuada	Completo
Líderes de Proyecto	X6	Inventario de gavetas sin residuo	Gavetas/Día	Cuantitativo – Discreto	Desde Junio 7, 2021	Área de Cristalería	Gemba - Observación directa	Datos históricos	Comprobar si el número de gavetas sin residuos en el área de cristalería es suficiente para satisfacer la producción. Determine la cantidad adecuada	Completo
Líderes de Proyecto	X7	Inventario de gavetas desinfectado con cloro	Gavetas/Día	Cuantitativo – Discreto	Desde Junio 7, 2021	Área de Cristalería	Gemba - Observación directa	Datos históricos	Analizar si el inventario de gavetas desinfectados con cloro en el área de cristalería es suficiente para satisfacer la producción. Determine la cantidad	Completo

Figura 2.2 Plan de recolección de datos

[Fuente: Elaboración propia]

En este cuadro presentado, se observa las variables que requieren un análisis para identificar si influyen a la producción. La investigación está enfocada en los tiempos de procesamiento, los inventarios existentes y la productividad de la línea.

2.1.3 Verificación de los datos

El plan de verificación de datos se realizó para validar las variables que se van a utilizar en futuros análisis, se hace cálculos del tamaño de la muestra y pruebas de hipótesis para comparar los datos tomados con los datos históricos.

Las variables incluidas en el plan son las siguientes:

- **Tiempo de proceso de inmersión:** Es el proceso que más tiempo requiere, se tienen sumergidos los frascos en cloro de uno a dos días para que se desinfectan. El uso de esta variable en el futuro es determinar si el tiempo que utiliza el proceso no permite cumplir con los requerimientos de producción, afectando a la productividad semanal. Se obtuvo los datos con una toma de tiempos.
- **Tiempo de proceso de extracción de medio:** La actividad se dedica a retirar el medio del cultivo del frasco, con abundante agua. El uso futuro es comprobar si el tiempo de extracción de medio es alto y encontrar fábricas ocultas. Se obtuvo los datos con una toma de tiempos.

- **Tiempo de proceso de enjuague y secado en horno:** El proceso requiere de enjuagar los frascos con una mezcla de agua con detergente para luego ser esterilizados en autoclave. Se verificó confiabilidad de los datos con prueba de hipótesis. Se obtuvo los datos con una toma de tiempos.
- **Productividad por semana:** Es la productividad semanal de frascos en el proceso de cristalería. La información fue facilitada por la empresa para su análisis. Se obtuvo los datos con una toma de tiempos y datos históricos.
- **Inventario de gavetas con residuo:** Es el inventario de materia prima para el proceso de cristalería. El uso futuro de esta variable es analizar si la cantidad de frascos con residuo en el área son suficientes para satisfacer los requerimientos de producción. Se realizó prueba de confiabilidad de los datos.
- **Inventario de gavetas sin residuo:** En este paso los frascos han pasado por el proceso de extracción de medio. Se verifica la cantidad de inventario existente en el área y determinar si es suficiente para cumplir con la producción. Se realizó prueba de confiabilidad con los datos levantados e históricos.
- **Inventario de gavetas salida de cloro:** Es el producto almacenado después de ser desinfectado con cloro. Se verifica si el inventario en el proceso satisface la demanda. Se realiza toma de tiempo y se hace un análisis de confiabilidad con respecto a los datos históricos.

2.1.4 Análisis de capacidad

Se realizó la prueba de normalidad a la variable de respuesta de nuestro proyecto, productividad de gavetas por semana. Es necesario comprobar esto antes de hacer el análisis de capacidad.

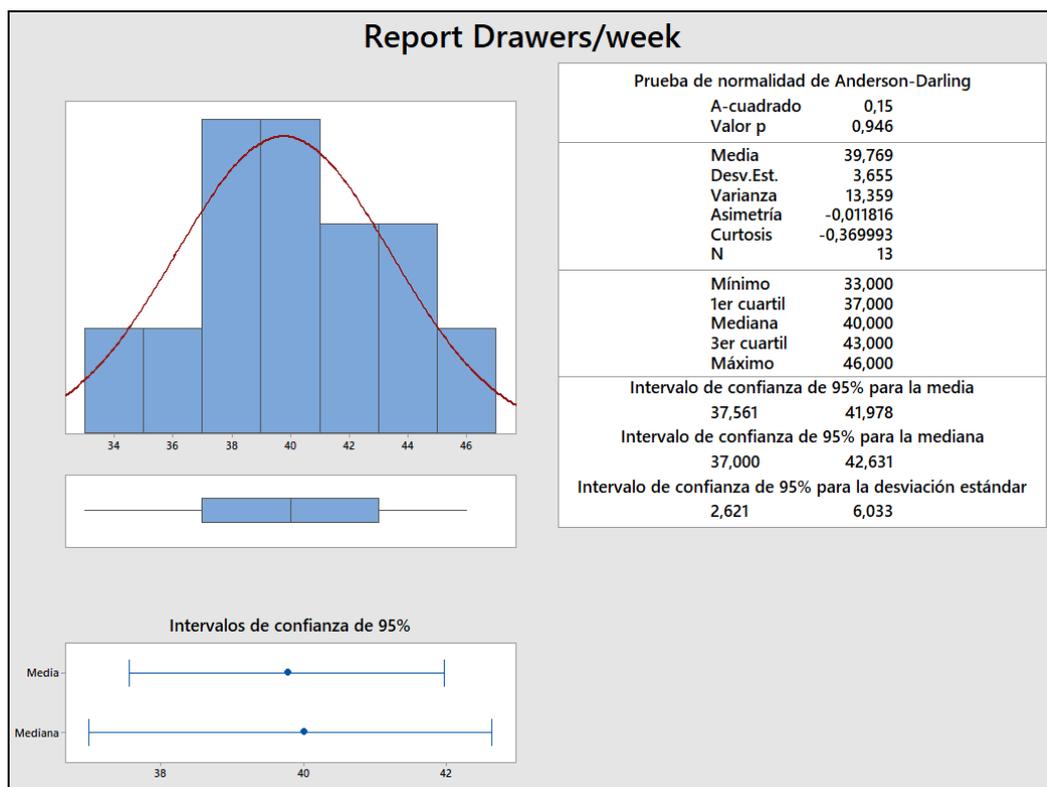


Figura 2.3 Análisis de normalidad.

[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura anterior podemos determinar que los datos siguen una distribución normal, porque el valor p es de 0,946 lo que nos permite concluir que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se establece que los datos siguen una distribución normal.

Luego de establecer normalidad a los datos, se realizó la carta de control para identificar el comportamiento de la productividad en el tiempo. Para identificar que el proceso se encuentra dentro de los rangos permisibles, las observaciones no deben estar afuera de los límites de control. Se puede observar en la siguiente Figura:

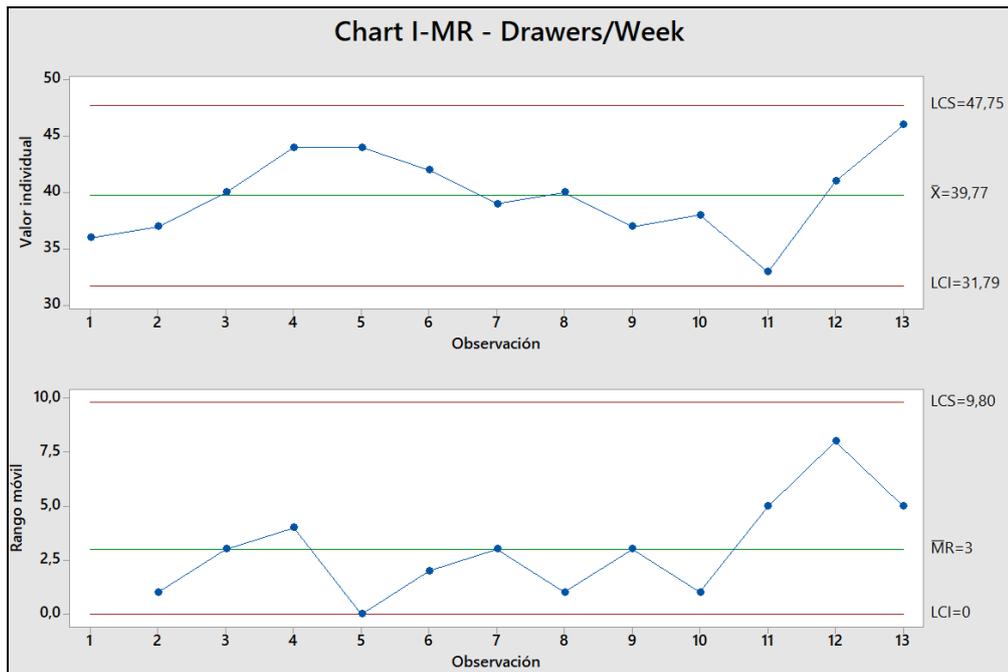


Figura 2.4 Cartas de control.

[Fuente: Elaboración propia]

Se puede identificar que el proceso se encuentra dentro de los límites de control.

El análisis de capacidad es una herramienta estadística que identifica si el proceso puede cumplir con los requerimientos de producción con respecto a productividad semanal. En la siguiente Figura podemos observar la prueba de capacidad:

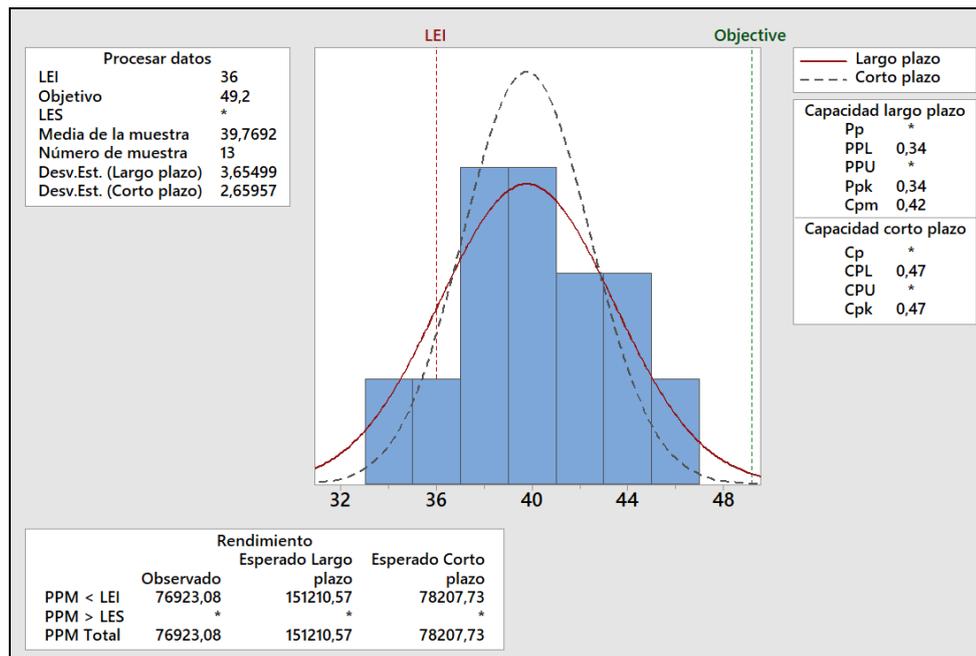


Figura 2.5 Análisis de capacidad

[Fuente: Elaboración propia]

Con la Figura anterior, podemos observar que el proceso se encuentra desfasado hacia el límite inferior, estando alejado del objetivo y el límite superior. Se puede concluir que el proceso no es capaz porque existe problema de localización.

2.2 Análisis

La fase de implementar consiste en identificar las causas raíz que afectan a la productividad de los frascos. Se hace uso de herramientas como: lluvia de ideas, diagrama de afinidad, Ishikawa, Matriz de ponderación, estudio de tiempos, diagrama de cajas, diagrama de recorrido.

2.2.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas tiene como finalidad, recolectar información sobre las posibles causas por la que se ve afectado mi problema enfocado. Se realiza mediante entrevistas con el personal involucrado en el proceso de cristalería (gerente, asistente administrativo, operadores y supervisora del área).

1. Instrumentos de trabajo defectuosos.	2. El instrumento utilizado en el enjuague del frasco está hecho a mano.	3. Hay diferentes tipos de gavetas en el proceso.	4. El agua que cae al suelo no se dirige al canal, dificultando el flujo de material.	5. Se necesita mucho tiempo para hacer el cambio de agua con cloro en el proceso de inmersión.	6. El medio de cultivo se almacena en el fregadero.	7. Little space to store drawers without medium
8. El espacio es limitado.	9. El horno tiene poca capacidad.	10. La manguera que se utiliza desperdicia agua, porque el grifo tiene que abrirse y cerrarse.	11. La luz en la zona es débil, generando fatiga visual.	12. El canal en el suelo no evacua toda el agua del suelo.	13. No hay una ventilación adecuada en la zona.	14. El trabajador no es permanente en la área.
15. El espacio para caminar es limitado.	16. Hay pocas gavetas para el proceso de esterilización en el horno.	17. Hay espacios de concretos que reducen el espacio.	18. El uniforme utilizado no es adecuado para el trabajo.	19. No hay una zona designada para los frascos rotos.	20. Los operadores no tienen información sobre si cumplen los requisitos de producción.	21. El cepillo no limpia bien la botella en el proceso de enjuague.
22. El gavetas utilizadas en el horno no tiene mucha capacidad.	23. Las gavetas no están estandarizadas, lo que aumenta los tiempos de espera.	24. Existen diferentes tipos de gavetas que hacen más difícil el control.	25. Número insuficiente de gavetas del mismo tamaño	26. No se sabe si el tiempo de inmersión en cloro es correcto.	27. El tiempo de procesamiento en inmersión en cloro es elevado.	28. Espacio insuficiente para almacenar el inventario de frascos con medio
29. La frecuencia de bajada de botellas de laboratorio no es adecuada.	30. El operario es interrumpido para realizar otras tareas en otras áreas.	31. La manguera salpica agua a los alrededores	32. El tipo de luz en la zona causa fatiga.	33. Las perchas para guardar los gavetas no son las adecuadas.	34. Caminar en la zona es difícil.	35. El método de transporte de las gavetas es inadecuado.

Figura 2.6 Lluvia de ideas de las causas

[Fuente: Elaboración propia]

Se obtuvo un total de 35 potenciales causas. Pero algunas ideas tienen semejanza entre sí, por lo que se realizó un diagrama de afinidad para reorganizar las ideas. La herramienta permite la agrupación de ideas que en general quieren expresar lo mismo. Como se muestra a continuación en la siguiente Figura:

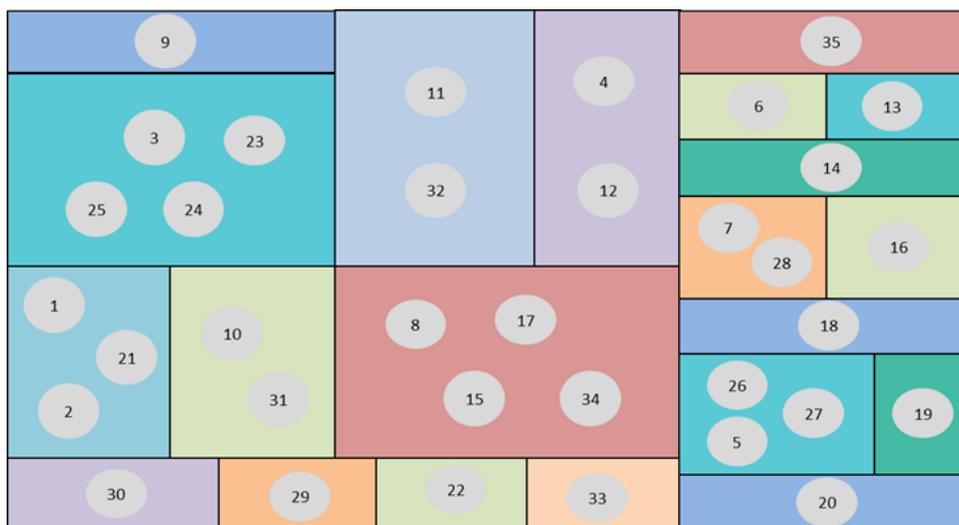


Figura 2.7 Diagrama de afinidad

[Fuente: Elaboración propia]

La herramienta nos permitió reducir el número de potenciales causas de 35 a 21. Siendo útiles para realizar un diagrama causa efecto.

2.2.2 Diagrama Ishikawa

Esta herramienta permite distribuir las posibles causas en: material, maquinaria, medio ambiente, método. Se identifican juntos con las personas involucradas e identifican las posibles causas que afectan considerablemente a la productividad de los frascos en el área de cristalería.

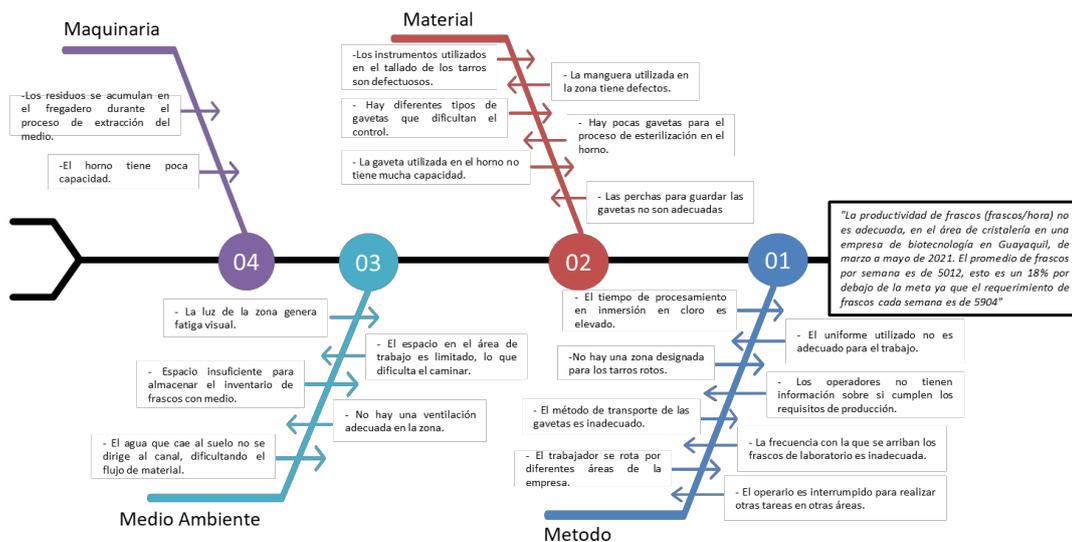


Figura 2.8 Diagrama Ishikawa

[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura anterior, se puede observar el diagrama Ishikawa con las potenciales causas raíz en sus espinas. En la cabeza está el problema de la baja productividad de los frascos en la línea. Maquinaria es la que menos causas asocia y método es la que más tiene. El problema se puede enfocar en el método que se realiza el proceso.

2.2.3 Matriz de ponderación de causas

La matriz de ponderación de causas le determina valores cuantitativos. Permite identificar las causas que tiene mayor relevancia para las personas involucradas en el proceso.

Matriz Causa Efecto		VARIABLE Y					MODA	TOTAL
		Productividad						
		f0						
VARIABLE X'S	Metodo (Xi)	Maritza	Mariajose	Samuel	Gina	Adonis		
X1.	El tiempo de procesamiento en sumergir en cloro es elevado	3	1	1	1	1	1	10
X2.	No hay un área designada para los frascos rotos	1	3	1	1	1	1	10
X3.	El método para transportar las gavetas no es el adecuado	3	1	9	9	9	9	90
X4.	El trabajador es rotado a diferentes áreas de la empresa	3	0	1	9	1	1	10
X5.	El uniforme usado no es el adecuado para el trabajo	1	0	1	1	3	1	10
X6.	Los operarios no tienen información si cumplen con los requerimientos de producción	3	9	3	3	0	3	30
X7.	La frecuencia con la que bajan frasco de laboratorio no es la adecuada	3	3	3	1	0	3	30
X8.	El operario es interrumpido para realizar otras tareas en otras áreas	9	9	9	9	9	9	90
Materiales								
X9.	Instrumentos usado en el tallado de frascos es defectuoso	0	1	1	1	1	1	10
X10.	Existen diferentes tipos de gavetas que dificultan el control	3	3	3	3	3	3	30
X11.	La gaveta que se usa en el horno no tienen suficiente capacidad	9	9	9	9	9	9	90
X12.	La manguera usada en el área tiene defectos	3	3	9	9	9	9	90
X13.	Existen pocas gavetas para el proceso de esterilización en el horno	9	9	9	9	9	9	90
X14.	Las perchas para almacenar las gavetas no son las adecuadas	3	9	1	1	0	1	10
Medio Ambiente								
X15.	La luz que esta en el área genera cansancio visual	3	3	1	1	1	1	10
X16.	El espacio en el área de trabajo es reducido, lo que dificulta caminar	3	3	9	9	9	9	90
X17.	El espacio para almacenar inventario de frascos con medio es insuficiente	3	3	9	9	9	9	90
X18.	No existe una correcta ventilación en el área	3	1	3	9	3	3	30
X19.	El agua que cae al suelo no se dirige al canal, dificultando el flujo de material	3	3	3	3	3	3	30
Maquinaria								
X20.	Los residuos se acumulan en el sumidero durante el proceso de extracción del medio	9	9	9	9	9	9	90
X21.	El horno tiene poca capacidad	9	9	3	3	3	3	30

Figura 2.9 Matriz de ponderación de causas

[Fuente: Elaboración propia]

Como podemos observar en la Figura anterior, las causas se distribuyen en: método, materiales, medio ambiente y maquinaria. Se les asigna valores logarítmicos a las potenciales causas para que no exista riesgo de incidencia a la media. Después de recolectar los datos se genera un análisis de la moda y se lo multiplica para la valoración asignada.

Luego de tener valores de las causas, se las representa en un diagrama Pareto acumulado. Permite identificar las variables que más afectan a la productividad.

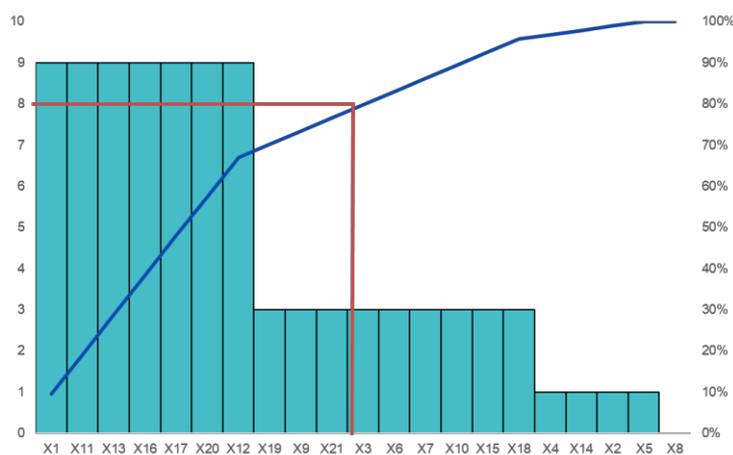


Figura 2.10 Diagrama de Pareto

[Fuente: Elaboración propia]

El diagrama de la Figura anterior ordena los valores de las variables de manera descendente, teniendo como las primeras causas las más significativas para el proceso. Es recomendable hacer un análisis de factibilidad a las variables hasta donde exista un 80 por ciento del acumulado.

2.2.4 Selección de causas a verificar

Se realiza una matriz de impacto- esfuerzo para organizar las causas con respecto al grado de dificultad para ser controlada y el impacto que genere en la variable de respuesta. El objetivo es tener causas que requieran de un bajo control y gran impacto a la y, conocidas como Quick wins.

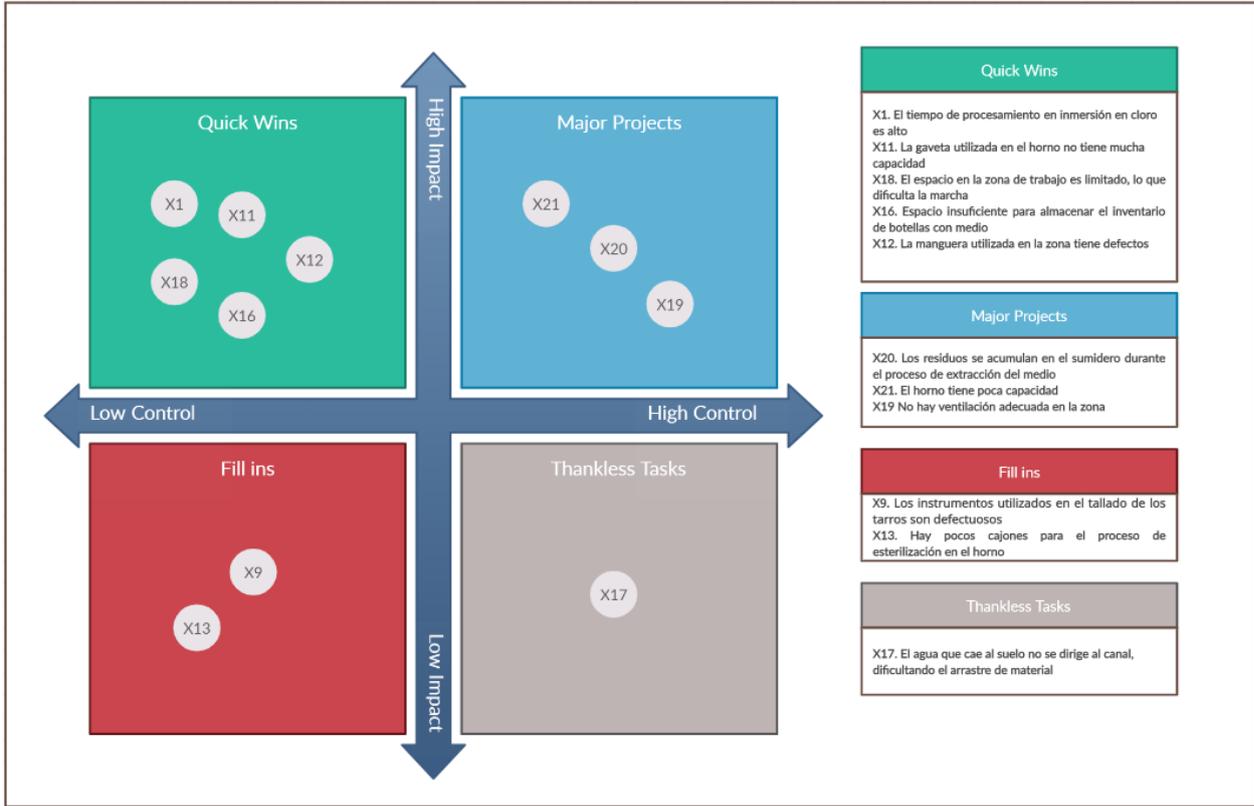


Figura 2.11 Matriz Impact and control
[Fuente: Elaboración propia]

La Figura anterior fue verificada con la gerente de la empresa, ayudando a segmentar las causas que tienen gran impacto y sean fáciles de controlar. Con el análisis quedaron como resultado 5 potenciales causas.

2.2.5 Plan de verificación de causas

El plan consiste en identificar las potenciales causas, la teoría que impacta sobre las variables de respuesta, el método de verificación y el estado de la causa.

Tabla 2.1 Plan de verificación de causas

X_i	Potencial causas	Teoría del impacto	Como verificar	estado
X_{12}	La manguera utilizada en la zona tiene defectos.	La manguera tiene fugas, lo que complica el enjuague de las botellas y el llenado de las gavetas con agua, reduciendo la productividad del proceso.	GEMBA	Completo
X_{18}	El espacio en la zona de trabajo es limitado, lo que dificulta la marcha.	El trabajador recorre largas distancias para transportar material de una actividad a otra dentro del proceso. Es una actividad que no añade valor pero que es necesaria para el proceso, lo que afecta a su productividad.	Diagrama de recorrido	Completo
X_1	El tiempo de procesamiento en inmersión en cloro es elevado.	El elevado tiempo de procesamiento en la inmersión en cloro afecta a la productividad de los frascos.	Estudio de tiempos, identificando si el proceso es el cuello de botella con VSM.	Completo
X_{16}	Espacio insuficiente para almacenar el inventario de frascos con medio.	Hay escasez de productos con medio en la zona, lo que afecta al ritmo de producción.	Gráfico de dispersión	Completo
X_{11}	La gaveta utilizada en el horno no tiene mucha capacidad.	La capacidad de las gavetas en el proceso de esterilización en horno es menor que el tamaño del lote, lo que afecta a la productividad de los frascos.	Estudio de tiempos, gráfico de caja con la productividad del minuto	Completo

[Fuente: Elaboración propia]

Se obtiene que las variables a analizar son: la manguera utilizada en la zona tiene defectos; el espacio en la zona de trabajo es limitado, lo que dificulta el caminar; el tiempo de procesamiento en inmersión en cloro es elevado; espacio insuficiente para almacenar el inventario de frascos con medio; y la gaveta utilizada en el horno no tiene mucha capacidad.

2.2.6 Verificación de las causas

2.2.6.1 La manguera empleada en el área tiene defectos

La manguera es utilizada en dos procesos, llenar las gavetas donde se remojan los frascos en una solución con cloro y en el enjuague de frascos esterilizados. La hipótesis de la causa es que la manguera tiene fugas lo que genera una reducción en la productividad. Se visitó el área de trabajo con la finalidad de comprobar la causa e identificar los defectos.

La visita en el área de trabajo permitió recolectar los siguientes hallazgos sobre la manguera:

- No tiene una ubicación fija;
- El grifo se abre y se cierra cada vez que se utiliza;

- La ubicación de la manguera hace que el operador adopte una posición no ergonómica;
- Hay desperdicio de agua;
- Existe riesgo de condiciones inseguras.

Con la visita se pudo comprobar que la manguera repercute en la productividad. Gran parte del tiempo del operador era empleado en recoger la manguera y cerrar el grifo.

2.2.6.2 El espacio en el área de trabajo es limitado, lo dificulta caminar

Se levanto un plano del área de trabajo y se elaboró un diagrama de procesos para identificar el flujo de material del área, una vez que se tuvo identificadas las áreas y las tareas se realizó el diagrama de recorrido:

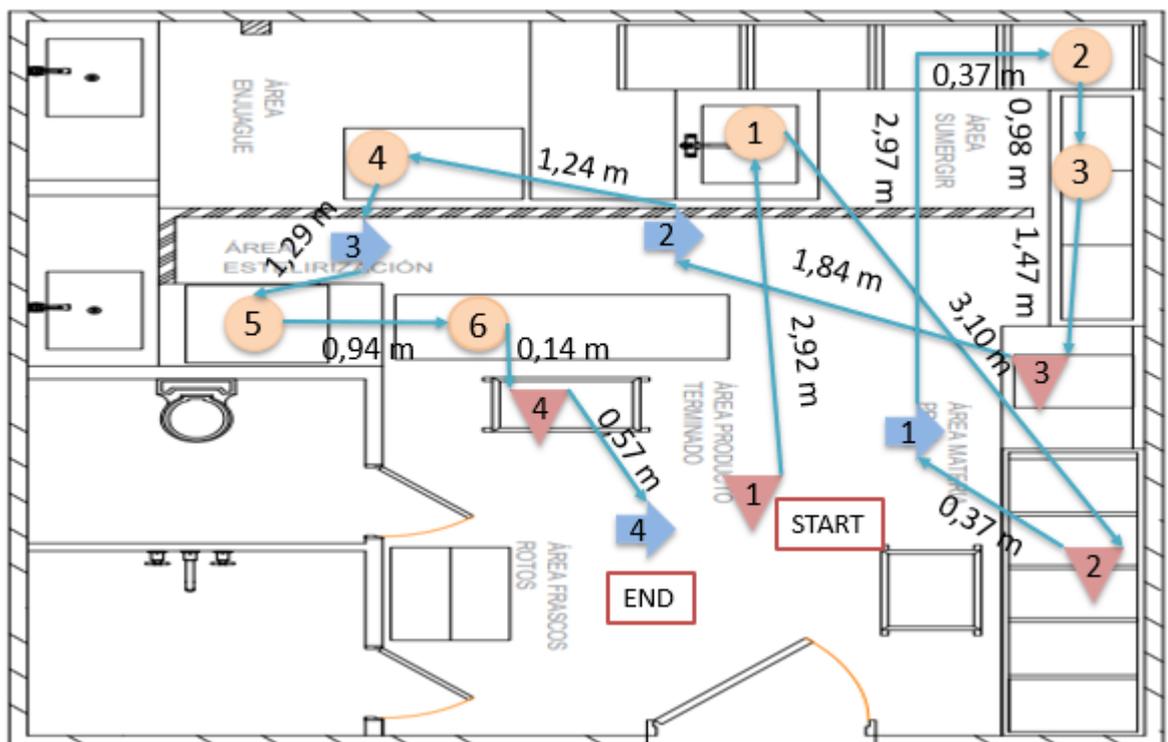


Figura 2.12 Diagrama de recorrido

[Fuente: Elaboración propia]

Con el diagrama se pudo comprobar que el flujo de material no es adecuado. Constantemente el operador atravesaba el área de materia prima, y las distancias que recorría las gavetas eran excesivas. Además, la ubicación de las operaciones no tiene un patrón lógico acorde con el flujo de material. Se estableció que la distancia total recorrida por el operario es de 18,22 metros cada vez que realiza el proceso.

Como la distribución del espacio no era la adecuada, se empleaba una cantidad de tiempo considerable transportando el material, por lo que la productividad se veía afectada de manera negativa, el tiempo que el operador transportaba el material no agregaba valor.

2.2.6.3 El tiempo de inmersión en cloro es alto

En el proceso de inmersión con cloro se realizó un estudio de tiempo, se midió desde el llenado de las gavetas con agua, hasta la extracción de los frascos de las gavetas. Se realizó una prueba piloto donde se determinó el tamaño de la muestra adecuada para el estudio de tiempo.

Con la toma de tiempo se elaboró un VSM. Se pudo comprobar que el cuello de botella en el área de cristalería es el proceso de inmersión. El tiempo que los frascos pasan en remojo es alrededor de 2 días. La productividad del cuello de botella limita la capacidad de producción, si el cuello de botella del sistema es mejorado la productividad incrementará de manera significativa.

2.2.6.4 Insuficiente espacio para almacenar frascos con residuo por día

El inventario de frascos con residuo es el inventario que se encuentra en la primera etapa del proceso de cristalería, antes del proceso de extracción de medio. Se tiene como hipótesis que el espacio para almacenar gavetas con medio no abastece la demanda.

Empleando los datos históricos, se realizó un análisis de la cantidad de inventario que hay cada día en esta etapa del proceso, con la finalidad de demostrar que siempre existe material disponible en la sección. Antes de emplear los datos históricos se comprobó su confiabilidad, mediante una comparativa de medias, se demostró que no hay una variación significativa entre los datos recolectados en la toma de datos y los datos tomados por parte del personal de la biofábrica. Con los datos recolectados se realizó un análisis empleando estadística descriptiva:

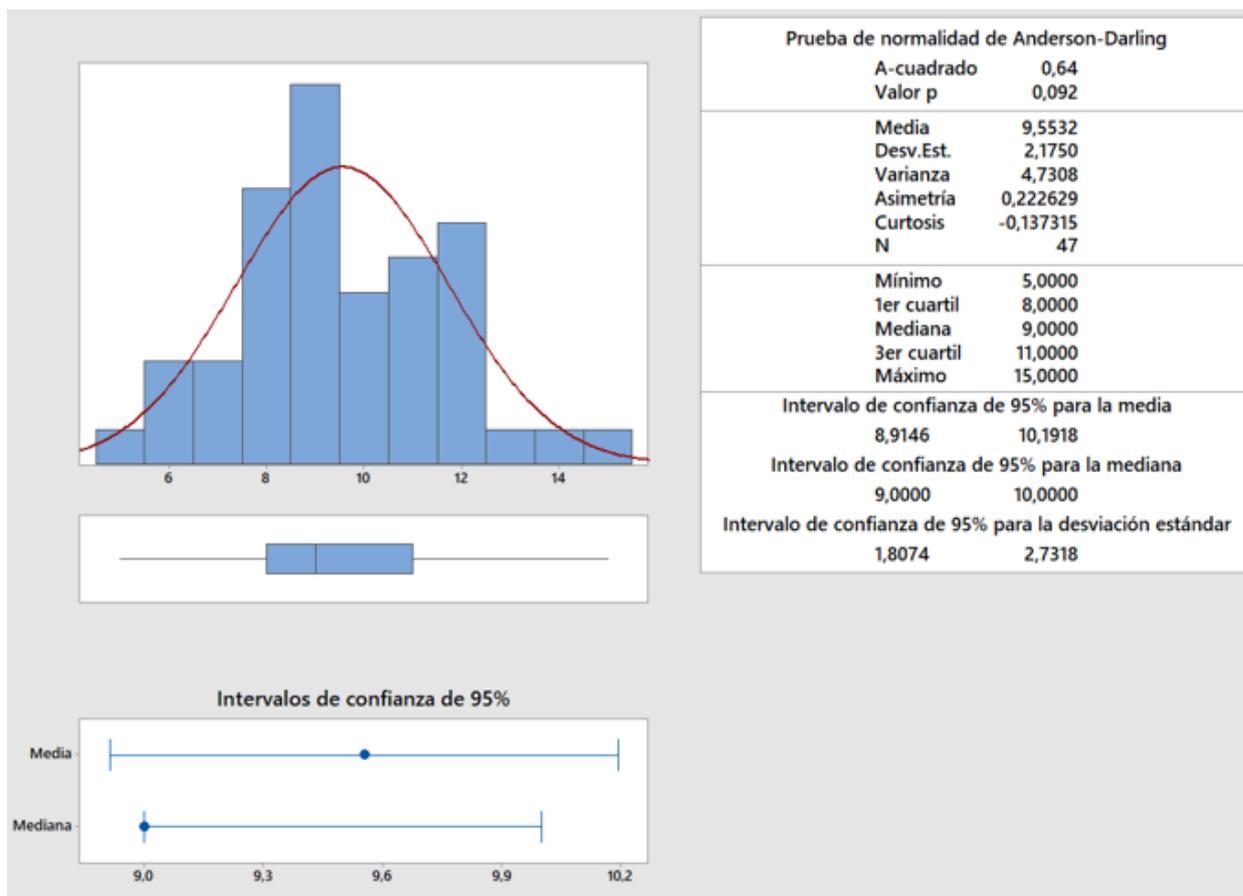


Figura 2.13 Resumen estadístico – Inventario de gavetas con residuo

[Fuente: Elaboración propia]

El mínimo de gavetas que se tuvo en el área de materia prima es de 5, por lo que siempre se tiene de material disponible para procesar en la sección. En promedio se tienen 9 gavetas en inventario.

Para demostrar que existe una relación entre la productividad y el inventario de gavetas con residuo, se realizó un diagrama de dispersión.

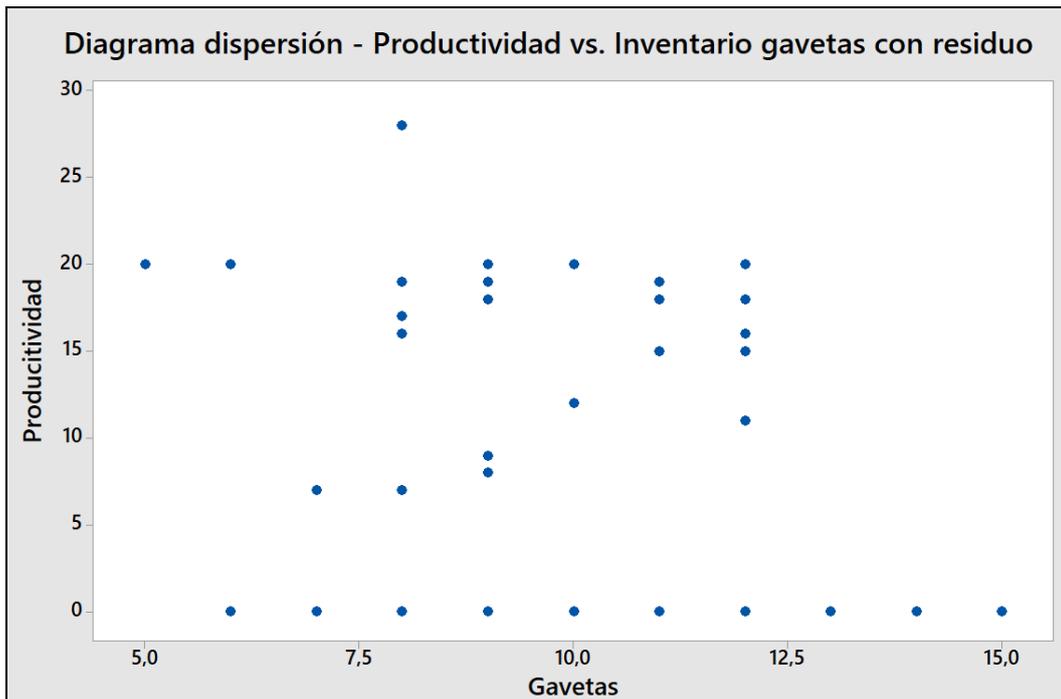


Figura 2.14 Diagrama de dispersión productividad vs Inventario con residuos
 [Fuente: Elaboración propia]

Con el diagrama de dispersión se pudo comprobar que no existe una relación entre la productividad y el inventario de gavetas.

2.2.6.5 Las gavetas empleadas en el horno no tiene suficiente capacidad

Las gavetas empleadas en el proceso de esterilización del horno pueden alojar en total 49 frascos, las gavetas empleadas en los demás procesos albergan mínimo 120 frascos, por lo que para esterilizar los frascos en el horno es necesario reducir el tamaño del lote.

Para comprobar que existe una mejora en la productividad al incrementar el tamaño de la gaveta empleada en el proceso se realizó una toma de tiempo empleando una gaveta que puede alojar 96 frascos, se realizó una prueba piloto para verificar el tamaño adecuado de la muestra para la toma de tiempo.

De acuerdo con los datos recolectados, existe una diferencia significativa al utilizar una gaveta con mayor capacidad en el proceso.

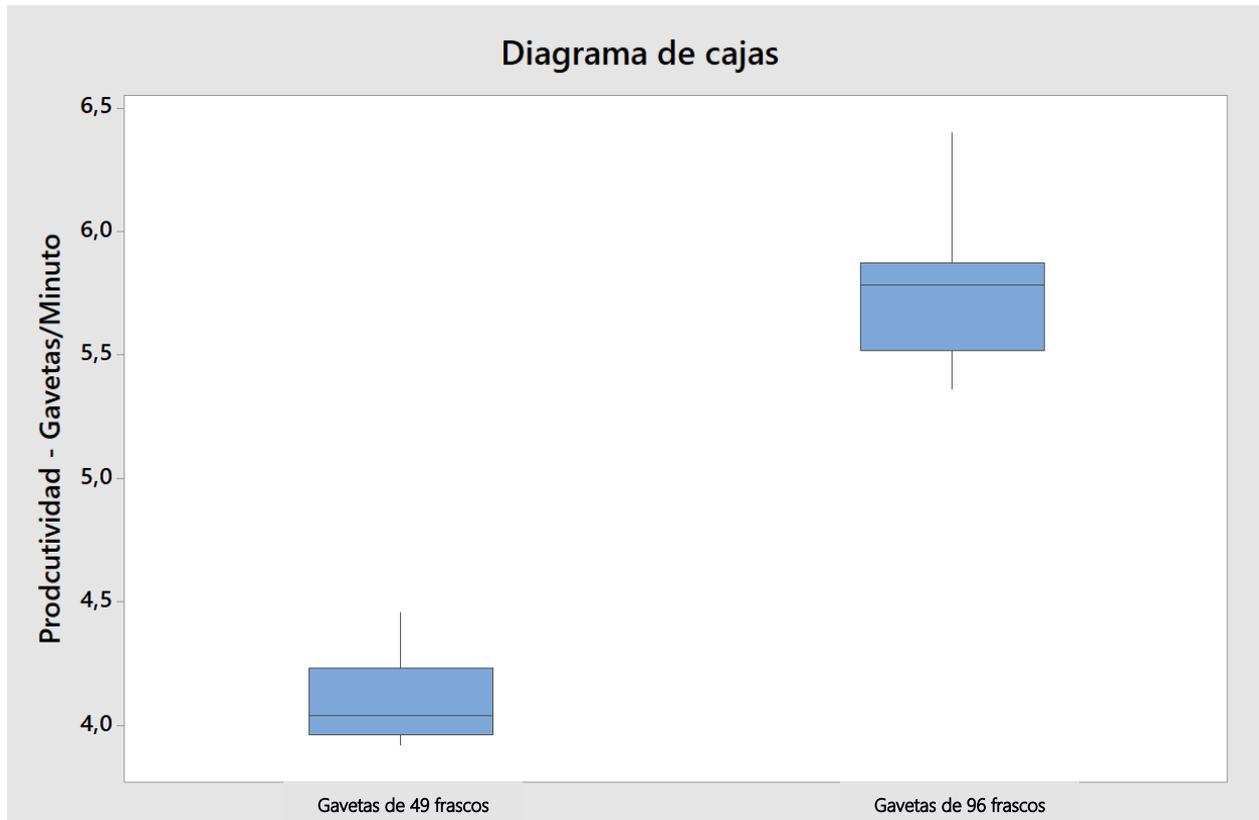


Figura 2.15 Diagrama de cajas - Comparativa gavetas

[Fuente: Elaboración propia]

2.2.7 5 ¿Por qué?

Posterior a la verificación de las causas potenciales se empleó un análisis de 5 ¿Por qué?, esta herramienta permite identificar las causas raíz. Para comprobar los hallazgos se visitó el puesto de trabajo para aceptar o descartar las hipótesis del análisis, como se ve en el siguiente resumen del análisis:

“La productividad de frascos (frascos/hora) no es la adecuada, en el área de cristalería en una empresa de biotecnología en Guayaquil”

WHAT?	WHY? 1	WHY? 2	WHY? 3	WHY? 4	ROOT CAUSE
El espacio en el área de trabajos es limitado, lo que dificulta el caminar	Hay muchos obstáculos entre las operaciones	EL inventario en proceso se coloca en el suelo	El operador desconoce donde colocar el exceso de inventario	-	Pobre distribución de las áreas de trabajo. Específicamente en las áreas de inmersión, manejo de material y producto final.
	Las operaciones están alejadas unas de otras	Incorrecto flujo de material	Las operaciones están mal distribuidas	-	
El tiempo de procesamiento en inmersión en cloro es alto	El tiempo que los frascos pasan en remojo, 2 días, es excesivo para la desinfección.	El parámetro del tiempo de inmersión no se ha definido formalmente		-	G E M B A Los parámetros empleados en el proceso de sumergir están fuera de los estándares de la desinfección de cristal.
	El tiempo de preparación es alto	The tools/materials used in the process delay set up	La manguera utilizada en el proceso tiene fugas	-	B A La manguera utilizada en el proceso tiene fugas.
			Existe escasez de cloro	-	A
Las gavetas empleadas en el horno no tienen suficiente capacidad	Las gavetas utilizadas tienen una capacidad de 49	La gaveta tiene las dimensiones adecuadas para el horno	El horno acepta gavetas de (60X50 cm)	-	Ausencia de un correcto análisis dimensional de las gavetas en el proceso del horno.
La manguera utilizada en el proceso tiene fugas	Se ensamblan diferentes tipos de mangueras para su uso	Para obtener la extensión necesaria para alcanzar el proceso	La manguera no es lo suficientemente larga		La manguera no está correctamente seleccionada de acuerdo a las dimensiones y características del proceso de enjuague y inmersión.

Figura 2.16 Análisis 5 ¿Por qué?

[Fuente: Elaboración propia]

2.2.8 Causa raíz

Una vez realizado el análisis de 5 ¿Por qué? se definieron las siguientes causas raíz:

- Pobre distribución de espacio, específicamente en las áreas de inmersión, materia prima y producto terminado;
- Los parámetros empleados en el proceso de sumergir están fuera de los estándares de la desinfección de cristal;
- La manguera no está correctamente seleccionada con respecto a las dimensiones y características que requieren los procesos de enjuague e inmersión;
- Ausencia de un correcto análisis dimensional de la capacidad de las gavetas usadas en el proceso de esterilización en horno.

2.3 Generación de soluciones

2.3.1 Lluvia de idea de soluciones

Se realizó una lluvia de idea con el personal involucrado en el área de cristalería: el operador de producción, supervisora del proceso, gestión administrativa y gerencia. Se necesitaba conocer cuáles son las posibles soluciones que ellos desean plantear para poder implementar en el proyecto. Se obtuvieron cuatro posibles soluciones tan como se muestra en la siguiente figura:

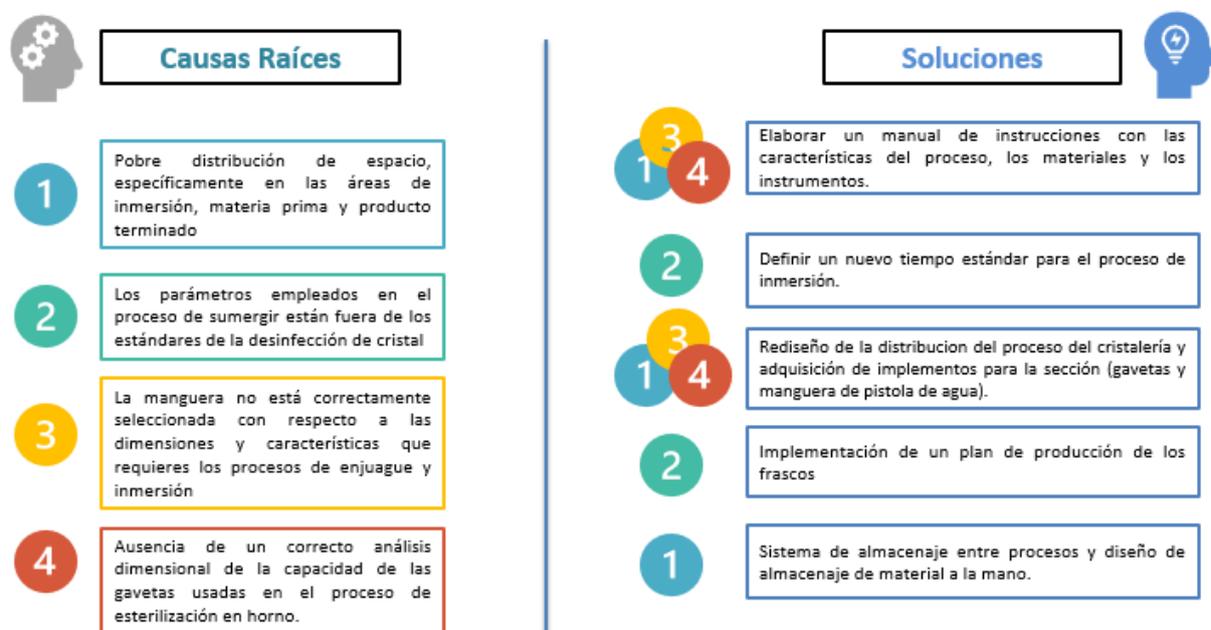


Figura 2.17 Lluvia de ideas de posibles soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

En el lado izquierdo están las causas raíz encontradas en análisis previo por lo que se propuso posibles soluciones a estos problemas, se determina cuales soluciones con las que resuelven el mayor número de causas raíz.

2.3.2 Evaluación de las soluciones

Para poder identificar la factibilidad de las soluciones, se hace un estudio económico de los costos que se ven involucrados en su implementación, tales como: costo humano, días de trabajo, costo de maquinaria y costo de implementación, tal como se muestra en la siguiente figura:

#	Soluciones	Recursos Humanos	Días de Trabajo	Total de Horas	Total de Costo Laboral	Costo de Maquinaria	Costo de implementación	Total
1	Elaborar un manual de instrucciones con las características del proceso, los materiales y los instrumentos.	1	15	120	\$0,00	\$0,00	\$48,60	\$48,60
2	Definir un nuevo tiempo estándar para el proceso de inmersión	2	30	240	\$146,67	\$0,00	\$2,40	\$149,07
3	Rediseño de la distribución del proceso de cristalería y adquisición de implementos para la sección (gavetas y manguera de pistola de agua).	3	5	40	\$200,00	\$399,24	\$659,08	\$1.258,32
4	Implementación de un plan de producción de los frascos	4	30	240	\$1.600,00	\$0,00	\$2.000,00	\$3.600,00
5	Sistema de almacenaje entre procesos y diseño de almacenaje de material a la mano.	3	30	240	\$1.200,00	\$1.200,00	\$200,00	\$2.600,00

Figura 2.18 Evaluación de soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

Se puede concluir que la solución con menor costo de implementación es la de elaborar un manual de instrucciones con las características del proceso, los materiales y los instrumentos. Los de valores intermedios son de: definir un nuevo tiempo estándar para el proceso de inmersión y rediseño de la distribución del proceso de cristalería y adquisición de implementos para la sección. Las soluciones con costo de implementación muy elevados son: Implementación de un plan de producción de los frascos, Sistema de almacenaje entre procesos y diseño de almacenaje de material a la mano.

2.3.3 Matriz de priorización de soluciones

La matriz de priorización de soluciones es una herramienta que permite determinar las soluciones que se pueden implementar en el proyecto. Se realiza una ponderación del porcentaje a cada una de las variables: alto impacto, bajo esfuerzo, bajo costo. El valor de cada variable está en el rango de 1 (malo) al 5 (Excelente).

#	Soluciones	Alto impacto (40%)	Bajo Esfuerzo (30%)	Bajo costo (30%)	Valor Final
2	Definir un nuevo tiempo estándar para el proceso de inmersión.	5	3	4	4,1
1	Elaborar un manual de instrucciones con las características del proceso, los materiales y los instrumentos.	3	4	5	3,9
3	Rediseño de la distribución del proceso del cristalería y adquisición de implementos para la sección (gavetas y manguera de pistola de agua).	5	3	2	3,5
4	Implementación de un plan de producción de los frascos	3	2	1	2,1
5	Sistema de almacenaje entre procesos y diseño de almacenaje de material a la mano.	2	2	1	1,7

Figura 2.19 Matriz de priorización de soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

Esta herramienta fue realizada junto con los dueños del proceso y gerencia. El orden de priorización de las soluciones es la siguiente: Definir un nuevo tiempo estándar para el proceso de inmersión, elaborar un manual de instrucciones con las características del proceso, los materiales y los instrumentos, rediseño de la distribución del proceso de cristalería y adquisición de implementos para la sección, Implementación de un plan de producción de los frascos, Sistema de almacenaje entre procesos y diseño de almacenaje de material a la mano.

2.3.4 Diagrama de impacto esfuerzo

El diagrama de impacto esfuerzo es la representación gráfica de la matriz de priorización de soluciones, como podemos observar las soluciones ganadoras son las que están en la zona de alto impacto a la variable de respuesta y bajo esfuerzo.

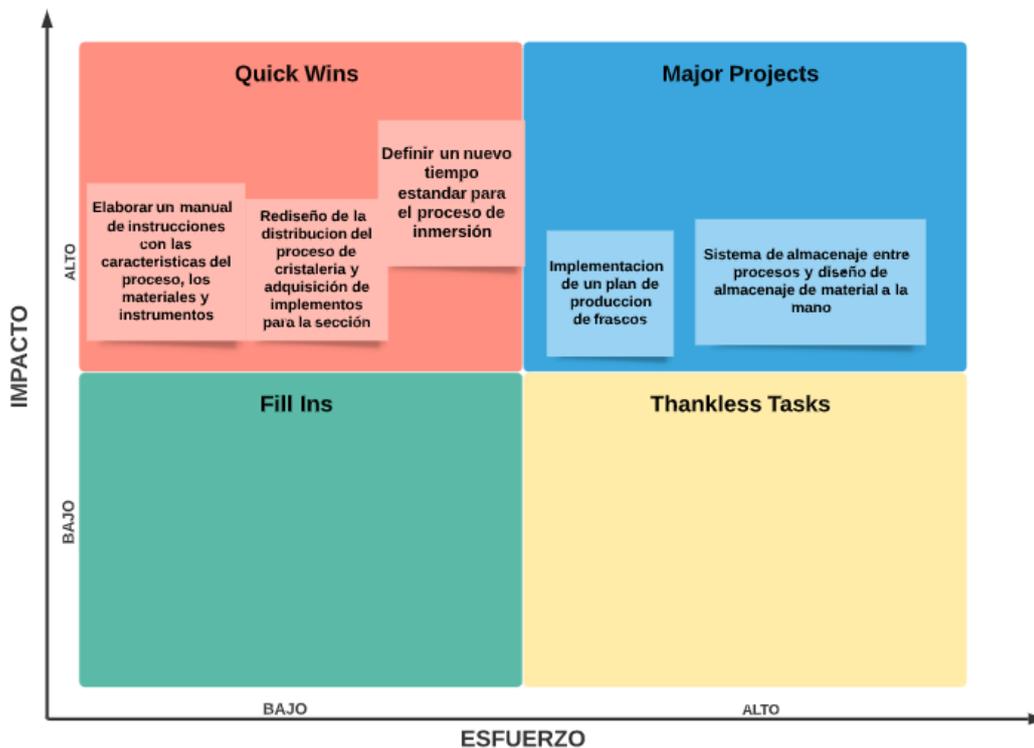


Figura 2.20 Diagrama de impacto esfuerzo

[Fuente: Elaboración propia]

2.3.5 Plan de implementación de soluciones

El plan de implementación de las soluciones debe explicar: quiénes serán las personas involucradas en la implementación, cuánto es el costo de la implementación, cómo se debe implementar para aumentar la productividad, cuándo es la fecha de inicio, porqué es importante implementar cada solución y qué áreas de la compañía son las que estarán involucradas.

Pregunta	Manual de instrucciones	Nuevo tiempo estándar de inmersión	Rediseño de la distribución y adquisición de implementos
¿Quién?	-Lideres de proyecto	-Lideres de proyecto -Biólogo	-Lideres de proyecto -Operador de Cristalería
¿Cuánto?	\$48.60	\$149.07	\$1,258.32
¿Cómo?	Definir procedimientos, estandarizar los procedimientos y las herramientas, estableciendo indicadores.	Entrevistas con biólogo, investigando en artículos científicos, realizando experimentos con la variación de tiempo de inmersión, verificando que exista una desinfección adecuada.	Establecer el flujo de materiales adecuado, designar las áreas de trabajo y añadir espacio para el inventario entre los procesos.
¿Cuándo?	10/8/2021	15/7/2021	16/8/2021
¿Por qué?	Definir un estándar en términos de tiempos de procesamiento, herramientas utilizadas y establecer buenas prácticas para mejorar la productividad.	Con el objetivo de reducir el tiempo de inmersión ya que es el cuello de botella del proceso y restringe la capacidad de producción del sistema.	Aumentar la productividad, eliminar los transportes innecesarios, reducir la contaminación cruzada y mejorar las condiciones de trabajo de los operarios.
¿Dónde?	Área de Cristalería	Proceso de Inmersión	Área de Cristalería

Figura 2.21 Plan de implementación

[Fuente: Elaboración propia]

El Manual de instrucciones las personas encargadas serán los líderes de proyecto con un costo involucrado de \$48.60. El objetivo es definir procedimientos y las herramientas utilizadas en el área de cristalería para lograr una estandarización de los procedimientos y establecer indicadores que nos permitió controlar el proceso.

Para establecer un nuevo tiempo estándar de inmersión, se debe realizar entrevistas con expertos en el tema, investigar artículos científicos y realizar experimentos para validar que existe una adecuada desinfección de los frascos.

Para el rediseño de la distribución de trabajo se debe establecer cómo será el flujo de materiales adecuado, asignar área de trabajo y añadir espacio para tener inventarios entre procesos. El objetivo es aumentar la productividad, reducir las distancias recorridas y reducir la contaminación cruzada.

2.4 Implementación de soluciones

En los siguientes pasos se explicará detalladamente la implementación de cada solución propuesta y aceptada por gerencia de la compañía.

2.4.1 Establecer un nuevo tiempo estándar en el proceso de Inmersión

Para establecer un nuevo tiempo del proceso de inmersión, el primer paso fue reunirnos con un experto en el proceso. La persona que nos brindó una entrevista es un biólogo que trabaja en diferentes compañías de multiplicación de plantas, su experiencia en el tema fue de gran ayuda para llegar a reducir el tiempo de inmersión. El biólogo recomendó a reducir el tiempo de inmersión a un máximo de 3 horas, más allá de ese tiempo puede ser contraproducente para el vidrio por lo que se generan manchas y blanqueamiento del frasco.

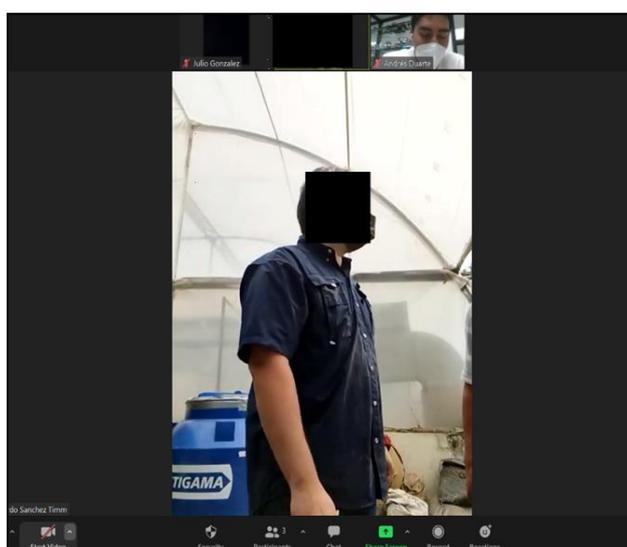


Figura 2.22 Entrevista con experto en biotecnología

[Fuente: Elaboración propia]

Luego se buscó referencias bibliográficas de investigaciones que se relacionen con la desinfección de frascos de vidros aplicando cloro, por lo que se encontraron los siguientes análisis:

Sandra Sarry, Marina Adema y Walter Abedeni (2015) en su libro explica que las dos fuentes contaminantes que se puede presentar en la incubación del cultivo in vitro es en: microorganismos presentes en el interior o en la superficie de los explantes; fallas en los procedimientos de cultivo en el laboratorio. Además, afirma para la esterilización de los frascos y herramientas usadas en los procesos, es suficiente usar la autoclave a temperatura de 120 °C durante 20 minutos para eliminar la presencia de microorganismos como bacterias o hongos presentes en el vidrio. En conclusión, la información que contiene el libro justifica que no es necesario una inmersión de los frascos en cloro para su desinfección, es suficiente una esterilización de los frascos en

la autoclave para eliminar cualquier microorganismo existente (Sharry, Adema , & Abedini, 2015).

También se ha realizado investigaciones para determinar el grado de desinfección de frascos de vidrio y utensilios en una compañía de productos lácteos usando cloro. Se hizo experimentos con frascos artificialmente contaminados y con diferentes concentraciones de cloro disueltos en agua corriente. Se estableció que para eliminar el 99,9 % del número de bacterias se debe crear soluciones que contengan 400, 200, 100 y 25 ppm de cloro con un tiempo de inmersión de los frascos en esta solución de 1; 1,3; 2,5; y 6,5 minutos respectivamente. Las pruebas fueron realizadas con agua del grifo a temperatura ambiente (Neave & Hoy, 1995).

Con la referencia de biólogo y los artículos consultados, se tuvo una reunión con la bióloga de la compañía para proponer un diseño de experimentos. El objetivo es demostrar que el grado de desinfección es igual en la muestra de 3 horas y 5 horas. Se preparó una gaveta por muestra con una cantidad de 120 frascos. El análisis de los frascos después de concluir con todo el flujo de desinfección es visual, detectando manchas negras o blancas en el interior de los frascos. Se llegó a la conclusión que las dos muestras son aptas para el contener plantas porque su grado de desinfección es muy alto.

2.4.2 Rediseño del área y adquisición de nuevos implementos

Para establecer el rediseño del área se debe identificar cuáles serán las restricciones de que limitara el flujo propuesto, las cuales son: Bajo presupuesto de implementación, los puntos de toma de agua, puntos de corriente eléctrica, estructuras de cementos, fregaderos. El objetivo es lograr un flujo continuo de trabajo reduciendo las distancias recorridas entre actividades para tener un aumento en la productividad del área.

Teniendo estas restricciones como variables de entrada de nuestro modelo, se propuso un flujo continuo de tareas, es decir que las actividades consecuentes se encuentren lo más cercanas posibles. Lo cual se llegó a la solución propuesta con una total de distancia recorrida de 11,66 metros aproximadamente tal como se muestra a continuación:

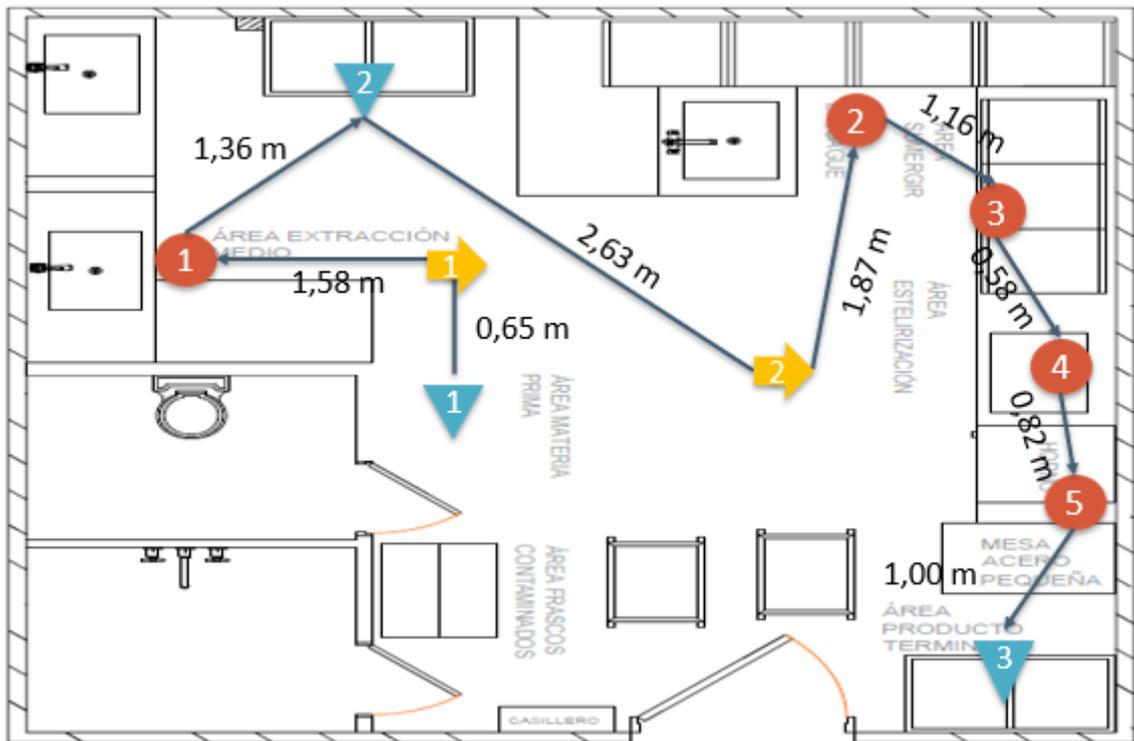


Figura 2.23 Diagrama de recorrido – Nueva distribución

[Fuente: Elaboración propia]

Se diseñó sistemas de almacenamiento para producto entre procesos, materia prima y producto terminado. El flujo será continuo y a favor de las manecillas del reloj, eliminando las intersecciones, teniendo como consecuencia la reducción de la distancia total recorrida. El plano y el diagrama del flujo del nuevo proceso se realizaron paralelamente porque son necesarios en el diagrama de recorrido.

Luego de obtener el plano que cumple con las expectativas del proyecto, se realizaron las implementaciones en el software Flexsim, usando las variables anteriormente calculadas en el Value Stream Mapping, el nuevo tiempo de inmersión de frascos y los cambios aceptados en el nuevo flujo de actividades. El objetivo de la simulación es realizar cambios necesarios hasta lograr tener una combinación de variables que me permita lograr la productividad deseada.



Figura 2.24 Simulación proceso de cristalería

[Fuente: Elaboración propia]

2.4.3 Manual de procesos

El Manual es un documento reglamentario útil para detallar el procedimiento de lavado de frascos en el área de cristalería, la limpieza del diaria y semanal. El objetivo es capacitar a las personas involucradas en el proceso sobre el nuevo flujo de trabajo, los nuevos lugares de almacenamientos y la productividad esperada diariamente.

Las ayudas visuales que tendrá el manual están divididas por actividades; extracción de medio, inmersión, enjuague, esterilización y creación de soluciones. Los documentos de encontrarán en el lugar de trabajo para una mejor ayuda en caso de dudas con respecto a los procedimientos.

El instructivo es un documento que detalla las características, dimensiones, capacidad y stock de los equipos, instrumentos e insumos usados en cristalería, por lo cual sirve para identificar cuando existe falta de equipos o auditar los existentes en el área.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Al definir un tiempo de 3 horas para el proceso de inmersión se pudo establecer una producción diaria. Con el anterior tiempo de inmersión, en promedio cada frasco pasaba alrededor de 2 días en el área de cristalería, con el nuevo parámetro de tiempo cada frasco pasa alrededor de 7 horas en la sección.

Como beneficio del rediseño del área, el nuevo flujo que sigue el operador a través del proceso reduce la distancia total recorrida en un 36%, por lo que se invierte menor cantidad de tiempo y esfuerzo para realizar el transporte del producto.

Gracias a la implementación del manual se pudo definir los estándares adecuados para el proceso de desinfección de frascos. Se establecieron buenas prácticas y medidas de control para que las soluciones se mantengan en el transcurso del tiempo.

Posterior a la implementación de las soluciones, se midió su impacto, se consideró los beneficios económicos, sociales y ambientales.

3.1 Beneficios económicos

3.1.1 Aumento de productividad

Se obtuvo un aumento en la cantidad de frascos procesados cada semana. Al definir nuevos parámetros en el proceso de cristalería el tiempo de ciclo del proceso se redujo en 16%.

Tabla 3.1 Incremento en productividad

Campo	Valor
Productividad promedio por semana	5012 frascos
Nueva productividad por semana	6000 frasco
Anterior tiempo de ciclo	0.48 minutos/frasco
Nuevo tiempo de ciclo	0.46 minutos/frasco

[Fuente: Elaboración propia]

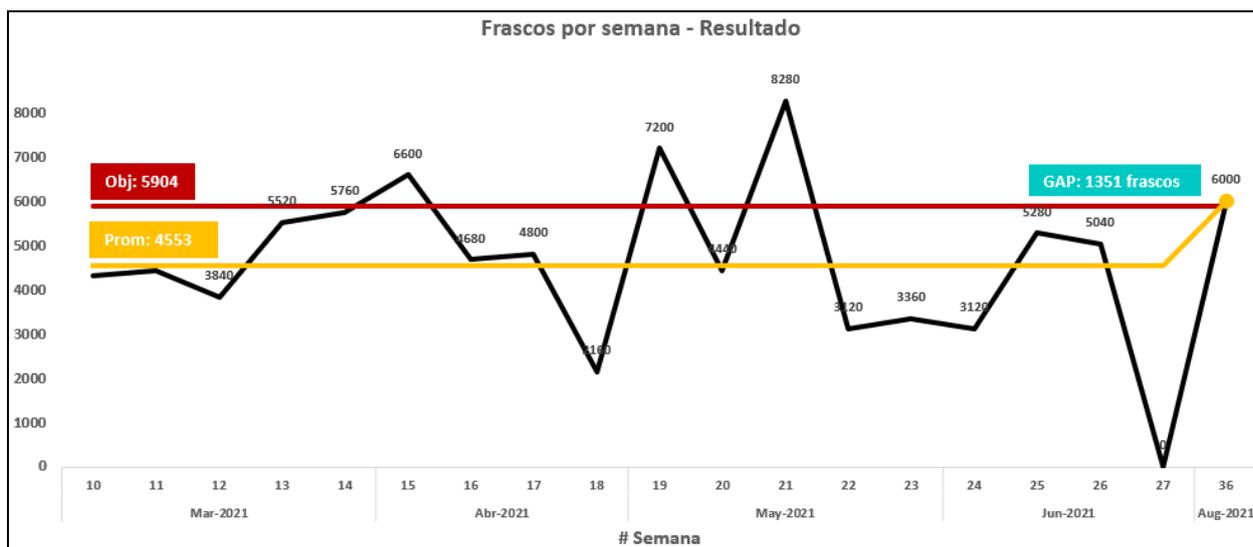


Figura 3.1. Resultados mejora en la productividad

[Fuente: Elaboración propia]

En el gráfico se puede observar la productividad antes de la implementación, concretamente en los meses de marzo a junio. En estos meses existen tres datos que sobrepasan el objetivo, esto sucedió porque en el área de cristalería se contrató un ayudante en el área para completar la productividad deseada, pero la semana siguiente cuando el proceso ya se normaliza con un solo operario, la productividad no cumple con la meta establecida.

En los datos después de la implementación se puede evidenciar que se logra sobrepasar con el objetivo del proyecto y cumplir con el requerimiento de la producción, con una media de 6000 frascos por semana, cumpliendo con el objetivo de 5904 frascos por semana.

3.1.2 Ahorro en costo de mano de obra directa

El incremento en la productividad redujo el costo de mano de obra directa, la reducción del tiempo del cuello de botella en un 79%, incremento la productividad del proceso de forma considerable. Al reducir el tiempo necesario para cumplir con el requerimiento de frascos el costo de transformación disminuyó, como se puede observar de acuerdo con la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Ahorro costo de mano de obra directa

Campo	Valor
Anterior costo por frasco	0,019 \$/frasco
Nuevo costo por frasco	0,016 \$/frasco

Ahorro por frasco	0,003 \$/frasco
Ahorro al mes	65,87 \$/mes
Ahorro al año	790,40 \$/año

[Fuente: Elaboración propia]

El nuevo valor representa un ahorro del 16% respecto al costo de mano de obra original de 0.019 dólares por frasco.

3.1.3 Beneficio aumento de capacidad.

Al cumplir con el requerimiento de la demanda se obtiene un beneficio económico. Al poder abastecer con el requerimiento de frascos se evita la pérdida de ventas. El detalle de los beneficios en número de frascos y en valor monetario se resumen en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Beneficio de cumplir con el requerimiento de frascos

Campo	Valor
Requerimiento semanal	5904 frascos
Anterior productividad semanal	5012 frascos
Precio de venta	0,75 \$/planta
Plantas por frasco	10 plantas/frasco
Ventas perdidas por semana (plantas)	8920 plantas
Beneficio semanal al evitar ventas perdidas	\$ 6690

[Fuente: Elaboración propia]

Gracias al aumento de capacidad se obtiene un beneficio de \$ 6690 dólares cada semana al poder evitar que se presenten ventas perdidas al procesar la cantidad adecuada de frascos.

3.2 Beneficios sociales

3.2.1 Reducción en la distancia recorrida por el operador

El rediseño del área de trabajo involucro el traslado de ciertas operaciones a distintas secciones del área de cristalería, con la finalidad de reducir la distancia total recorrida por el operador. En la tabla 3.4 se resume la nueva distancia entre las operaciones del proceso de cristalería.

Tabla 3.4 Comparativa distancia entre procesos

Distancia entre procesos	Anterior	Nueva
Materia prima – extracción de medio	2.92 m	2.23 m
Extracción de medio - Inmersión	7.79 m	5.86 m
Inmersión -Enjuague	4.55 m	1.16 m
Enjuague – Esterilización	1.29 m	0.58 m
Esterilización – Formar grupos de frascos	0.94 m	0.82 m
Formar grupos de frascos -Área de producto terminado	0.71 m	1 m
Total	18.22 m	11.65 m

[Fuente: Elaboración propia]

La nueva distancia total recorrida de 11.65 metros es un 36% menor respecto al valor original de 18.22 metros. Esto permite que el operador no se fatigue al procesar la misma cantidad de producto empleando menor esfuerzo.

3.2.2 Reducción de carga laboral

Gracias al aumento de productividad en la sección, la carga laboral disminuyó para el operador de cristalería, gracias al diseño de un proceso eficiente es necesario invertir menor cantidad de tiempo y esfuerzo para procesar una gaveta, la carga laboral se redujo en el mismo porcentaje que el nuevo tiempo de ciclo del proceso, es decir, en 16%.

3.3 Beneficios ambientales

3.3.1 Ahorro en recursos hídricos

Como el tiempo necesario para la desinfección de frascos es menor se emplea una menor cantidad de agua para realizar el proceso de inmersión. El ahorro en litros de agua semanal se resume en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Ahorro litros de agua

Campo	Valor
Litros de agua por gaveta	175 L/gaveta
# Gavetas en inmersión	10,52 gavetas
Litros por lote de frasco	1841,7 L
Anterior cantidad de litros de agua empleada por cada frasco	1.46 L/frasco
Nueva cantidad de litros de agua	0.64 L/frasco

empleada por cada frasco	
Requerimiento semanal	5904 frascos
Anterior cantidad de litros empleados para cumplir con requerimiento semanal	8610.0 L
Nueva cantidad de litros empleados para cumplir con requerimiento semanal	3767.9 L
Ahorro semanal de litros de agua	4842.05 L

[Fuente: Elaboración propia]

La cantidad de agua necesaria para la desinfección de cada frasco se redujo en un 56%. Esto representa 4842 L de agua ahorrados cada semana.

3.4 Control

Con la finalidad de asegurar que las soluciones implementadas perdurarán con el transcurso del tiempo se estableció un plan de control. En el plan de control se establecen actividades, responsables, entregables y periodos.

Proceso: Limpieza de frascos en el área de cristalería				
Proyecto: Mejora de la productividad en el proceso de la cristalería.			Projects Leaders: Duarte Andres, Gonzalez Julio	
Responsable del proceso: supervisor de la cristalería			Fecha: Agosto 2021	
¿Qué?	¿Como?	¿Quién?	¿Cuándo?	Entregables
Actualizar diariamente los indicadores de productividad.	El supervisor de área valida que los datos de productividad del formulario han sido correctamente completados por el operario para su posterior introducción en la hoja de cálculo.	Supervisor de área	Diario	Control del indicador de productividad
Llevar un registro del porcentaje de producto contaminado.	El supervisor del área valida que los datos de contaminación del formulario han sido correctamente llenados por el operario para su posterior introducción en la hoja de cálculo.	Supervisor de área	Diario	Control del indicador de contaminación
Validación del cumplimiento de las actividades definidas en el manual de procesos.	Validar que las actividades del proceso se realiza según lo estipulado en los procedimientos del área.	Supervisor de área	Mensual	Productividad por debajo del objetivo semanal
Revisar el cumplimiento del nuevo tiempo de inmersión.	Verificar que se cumple el tiempo de inmersión descrito en el manual del proceso.	Supervisor de área	Mensual	Productividad por debajo del objetivo semanal
Indique las necesidades semanales de frascos al principio de la semana.	El supervisor del sección debe indicar al operario cuál es la meta semanal de botellas lavadas.	Supervisor de área	Cada lunes	Establecimiento de objetivos semanales
Validar la limpieza diaria y semanal de la zona de cristalería.	El supervisor de área valida que la limpieza diaria y semanal se realiza de acuerdo con el manual de procesos.	Supervisor de área	2 veces por semana	Desorden en la zona de cristalería

Figura 3.2 Plan de control

[Fuente: Elaboración propia]

Junto a la implementación del plan de control se estableció un registro de control de indicadores, el cual debe ser actualizado de forma periódica para garantizar la supervisión del proceso. La información de la ficha es empleada para llenar una hoja de cálculo anexada a un tablero de indicadores, donde de forma visual el proceso es controlado.

INDICADORES | ÁREA DE CRISTALERÍA

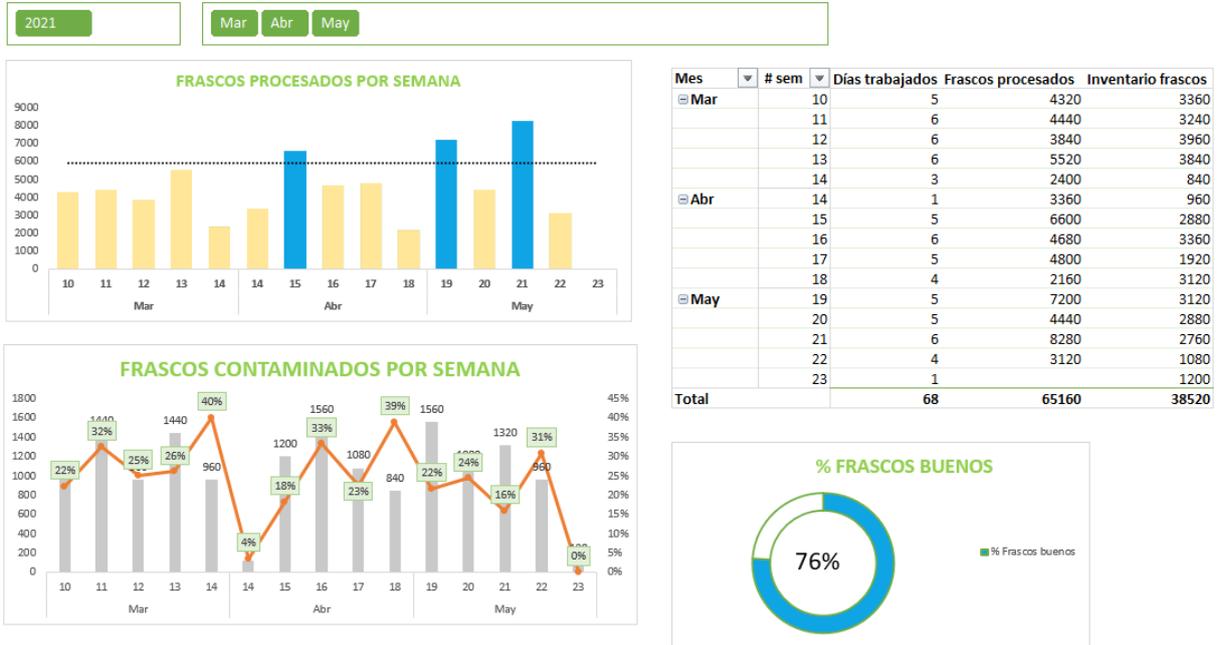


Figura 3.3 Tablero de indicadores del área de cristalería

[Fuente: Elaboración propia]

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El objetivo del proyecto fue incrementar la productividad del área de cristalería en un 4% en 4 meses, es decir el 25% del GAP, se superaron las expectativas con un aumento del 20% en 4 meses, es decir el 100% de GAP establecido en el proyecto.
- La reducción de tiempo a 3 horas o un 79%, permitió balancear de las líneas y obtener una productividad diaria de producto terminado.
- El manual de procesos, instructivos y las ayudas visuales permitieron estandarizar el lavado de frascos, reduciendo ineficiencias. Con la documentación levantada se capacitó al personal sobre los procedimientos.
- Los espacios asignados para las operaciones de desinfección de frascos ocasionaban que el operador recorriera grandes distancias para realizar las tareas. Con el rediseño del layout la distancia recorrida se redujo en un 36%.
- En la fase de controlar se establecieron indicadores de productividad, inventario de producto entre procesos y materia prima. El operario es el encargado de llenar la ficha de indicadores, mientras el supervisor audita si la toma de datos fue la correcta. Con la implementación de los gráficos de control, se analiza gráficamente los datos obtenidos.

4.2 Recomendaciones

- El actualizar los indicadores de forma diaria, permitirá actuar de manera oportuna en caso se presenten problemas para cumplir con la productividad planificada.
- Los datos recolectados y los indicadores establecidos pueden ser utilizados para nuevos proyectos dentro de la empresa.
- Considerar la implementación de nuevas tecnologías para la desinfección de frascos.
- Para cumplir con la productividad obtenida en el proyecto se debe tener como requerimiento un operario dedicado en el proceso de cristalería.

BIBLIOGRAFÍA

- EFE News Service. (17 de Diciembre de 2019). *ProQuest*. Obtenido de <https://www.proquest.com/wire-feeds/ecuador-afirma-que-cumple-con-estándares/docview/2327574419/se-2?accountid=171402>
- ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019*. Ecuador: INEC.
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *Lean Six sigma pocket*. New York: MCGraw hill.
- Instituto uruguayo de Normas Técnicas. (2009). *Herramientas para la mejora de la calidad*. Montevideo: instituto uruguayo de normas tecnicas.
- Mark, G. O. (2010). *La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos*. Dallas: John Wiley and sons.
- Neave, F. K., & Hoy, W. A. (1995). Chlorine Sterilisation in Practice and in the Laboratory. *Proceedings of the Society of Agricultural Bacteriologist*, 38.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2004). *Las claves practicas de seis sigma*. MADrid: MC Graw Hill.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Reidenbach, E., & Goeke, R. (2008). *Six Sigma estrategico: Claves para lograr una ventaja competitiva sostenible*. Mexico: Panorama.
- Sharry, S., Adema , M., & Abedini, W. (2015). *Plantas de Probeta: Manual para la Propagacion de Plantas por Cultivo de Tejidos in Vitro*. Buenos Aires: Edulp.
- Socconini, I., & Reato, C. (2019). *LEAN SIX SIGMA Sistema de gestión para liderar empresas*. C.V. Mexico: Alfaomega.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Diagrama de proceso del área de cristalería

Para elaborar el diagrama de recorrido se realizó un diagrama de procesos actuales, donde se identificó todas aquellas tareas realizadas por el operador en el área de cristalería antes de proponer soluciones.

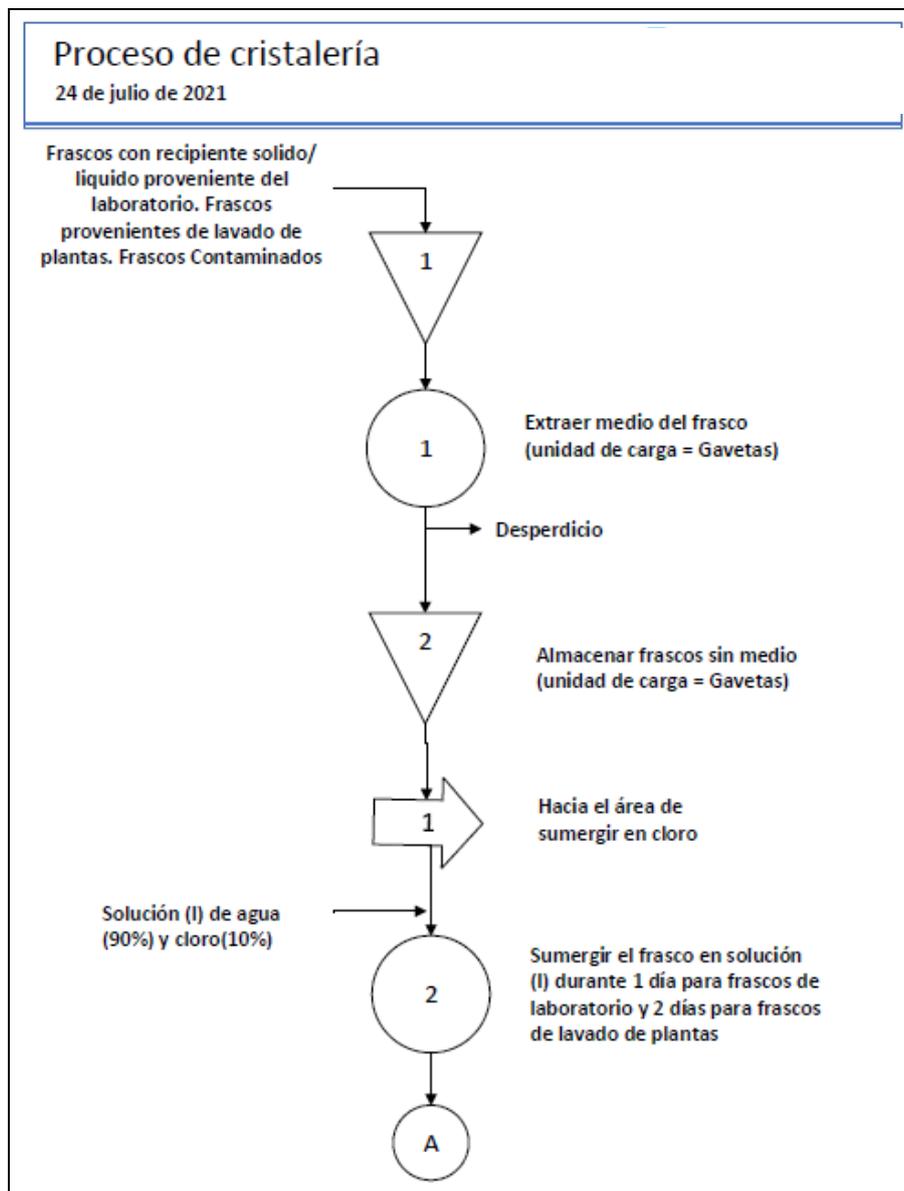


Figura A.1 Diagrama de flujo – P1

[Fuente: Elaboración propia]

Proceso de cristalería

24 de julio de 2021

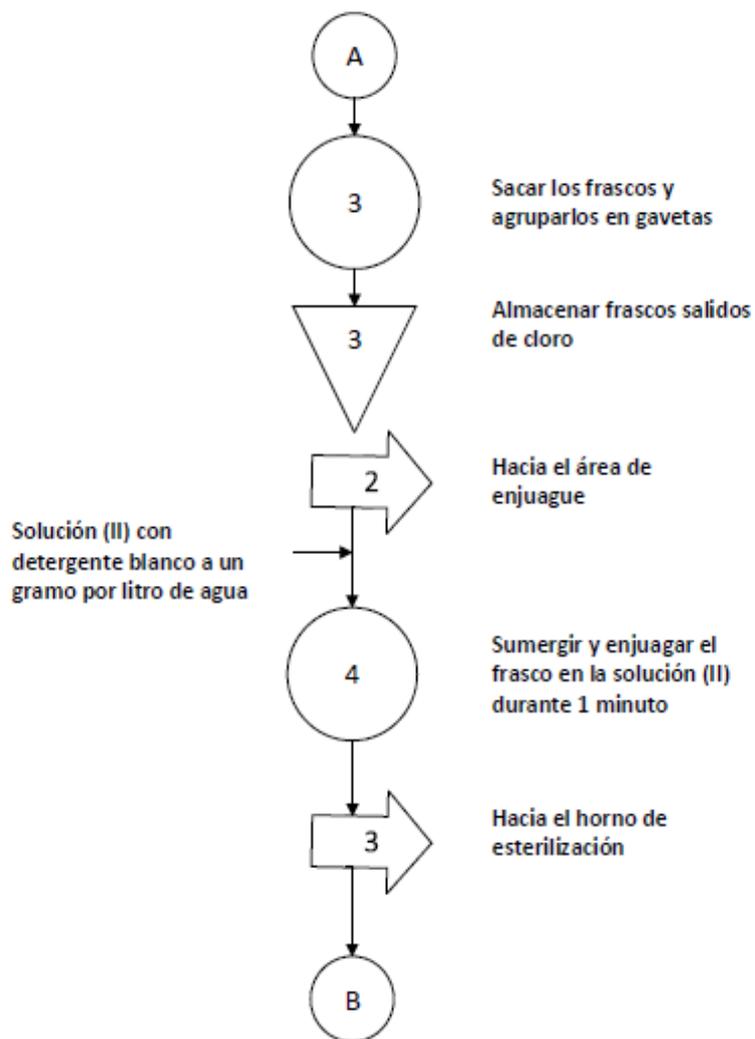


Figura A.2 Diagrama de flujo – P2

[Fuente: Elaboración propia]

Proceso de cristalería

24 de julio de 2021

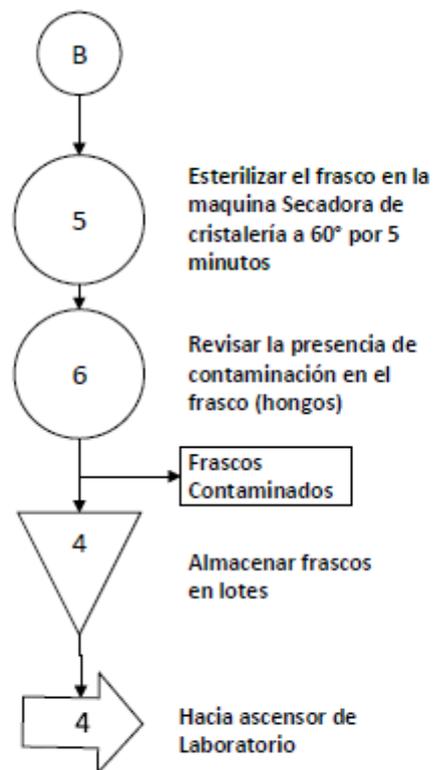


Figura A.3 Diagrama de flujo – P3

[Fuente: Elaboración propia]

APÉNDICE B

Diagrama de proceso propuesto del área de cristalería

En las soluciones que se implementaron, se realizaron modificaciones al flujo de trabajo, afectando directamente al flujo del proceso.

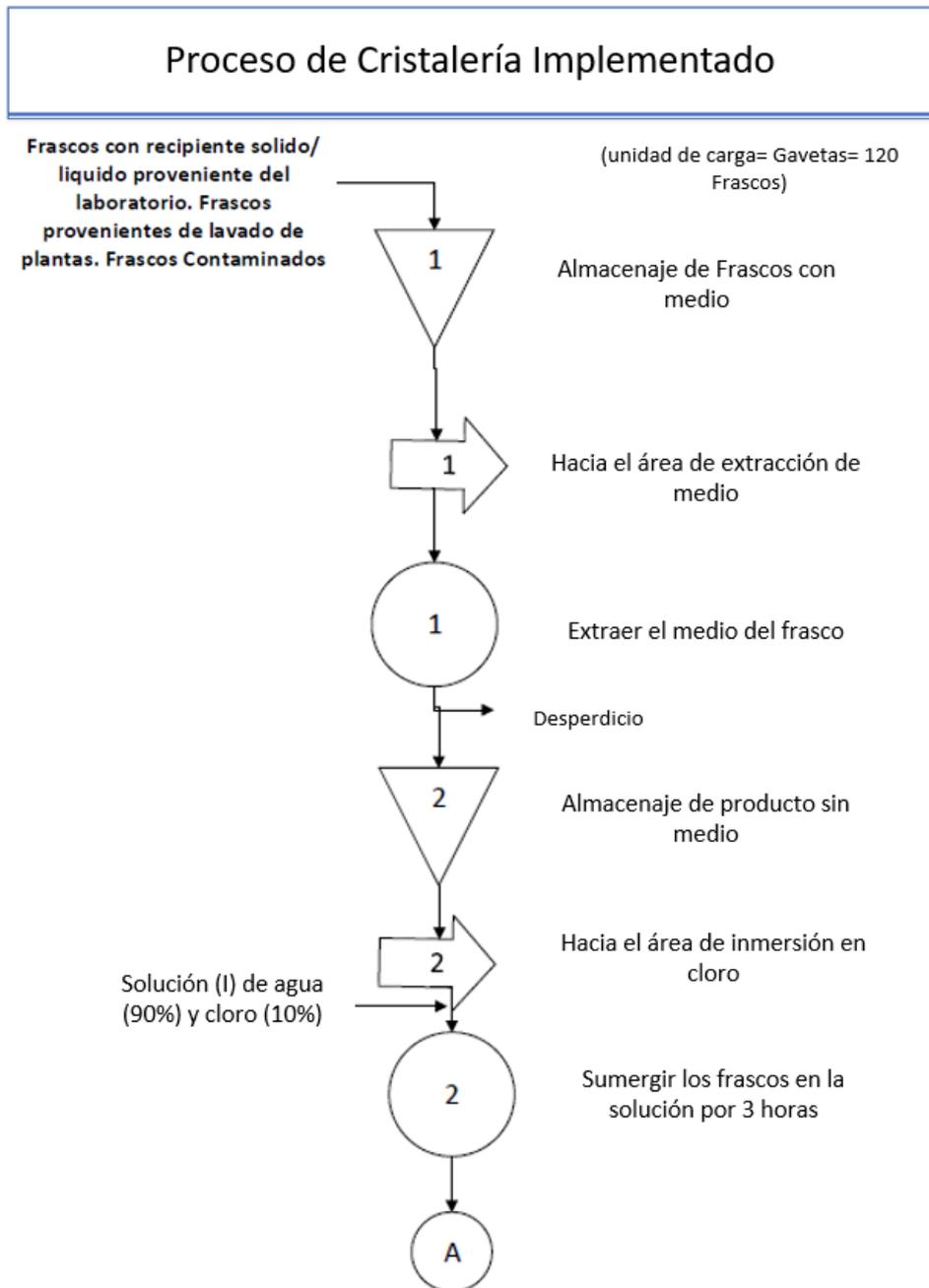


Figura B.1 Diagrama de flujo nuevo proceso – P1

[Fuente: Elaboración propia]

Proceso de Cristalería

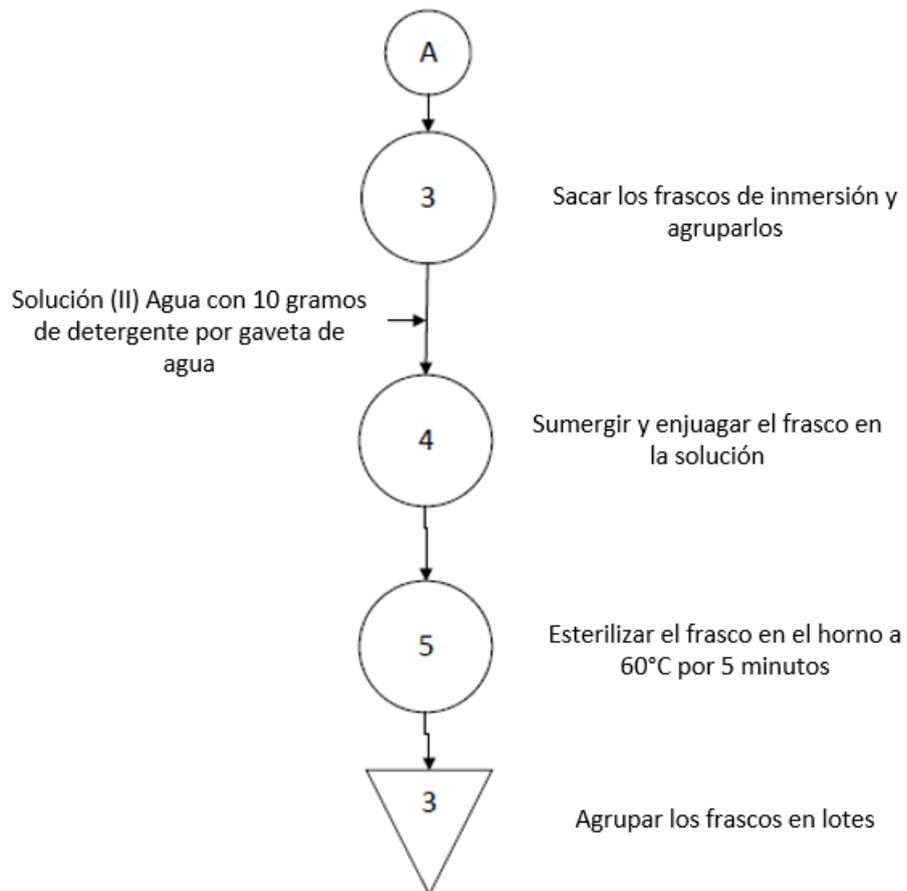


Figura B.2 Diagrama de flujo nuevo proceso – P2

[Fuente: Elaboración propia]

APÉNDICE C

Manual de procesos

Con la finalidad de estandarizar el nuevo proceso en el área de cristalería, se realizó un manual de procesos en donde se detalla las actividades con los diferentes responsables.

Procedimientos

Higiene en el área de cristalería

Fecha de Vigencia 2021-08-13	Versión No. 1	Procedimiento Procedimiento.001	Última Revisión 2021-08-13
Clase CLAVE	Aplicable a: La higiene de los equipos, máquinas y lugar de trabajo.		

I. Objetivo

Establecer los lineamientos generales con concernientes a la limpieza del área de trabajo, equipos e instrumentos usados en el proceso de lavado de frascos en el área, con el objetivo de extender la vida útil de los equipos y mantener un orden en el lugar de trabajo.

II. Responsables de Ejecución

- Supervisor de cristalería.
- Operador de producción de cristalería.

III. Documentos Asociados

- Equipos, instrumentos e insumos del área de cristalería

IV. Descripción

1. ACTIVIDAD 1: Limpieza del entorno en la jornada laboral

- 1.1. Operador de cristalería realiza diariamente una limpieza general de los instrumentos y equipos necesarios para la producción.
- 1.2. Operador debe realizar limpieza con detergente y agua a los siguientes instrumentos:
 - a) Gavetas (horno y estándar).
 - b) Instrumento de tallado.
 - c) Mesas metálicas.
- 1.3. Operador debe realizar limpieza con detergente y agua a las siguientes infraestructuras del área de cristalería:
 - a) Pisos.
 - b) Mesones.
 - c) Fregaderos.
 - d) Racks de almacenamiento.
- 1.4. Operador notifica la finalización de la limpieza diaria al Supervisor de cristalería:
 - 1.4.1. Aprueba: Se da por finalizado la limpieza diaria.
 - 1.4.2. Rechaza: El área presenta suciedad en la infraestructura, regresa a la cláusula 1.3. El área presenta suciedad en instrumentos, regresa a la cláusula 1.2.

Figura C.1 Manual de procesos – P1

[Fuente: Elaboración propia]

ACTIVIDAD 2: Limpieza General del entorno

- 1.5. Operador de cristalería realiza semanalmente una limpieza general de los instrumentos y equipos del área de cristalería.
- 1.6. Operador debe realizar limpieza con detergente y agua a los siguientes instrumentos:
 - a) Gavetas (inmersión, horno, estándar).
 - b) Instrumento de tallado.
 - c) Mesas metálicas.
- 1.7. Operador debe realizar limpieza con detergente y agua a las siguientes infraestructuras del área de cristalería:
 - a) Pisos.
 - b) Mesones.
 - c) Fregaderos.
 - d) Racks de almacenamiento.
 - e) Baños y duchas.
 - f) Salidas de agua.
- 1.8. Operador debe verificar que no exista restos de materiales procedentes del lavado de frascos, colocar en la basura lo que corresponda.
- 1.9. Operador inspecciona que no existan instrumentos o materiales procedentes de otras áreas. Si es el caso, se debe notificar al Supervisor de cristalería para que redirecciones los instrumentos a sus áreas de origen.
- 1.10. Operador notifica la finalización de la limpieza semanal al Supervisor de cristalería:
 - 1.10.1. Aprueba: Se da por finalizado la limpieza semanal.
 - 1.10.2. Rechaza: El área presenta suciedad en la infraestructura, regresa a la cláusula 1.3. El área presenta suciedad en instrumentos, regresa a la cláusula 1.2.

V. Diagrama de flujo

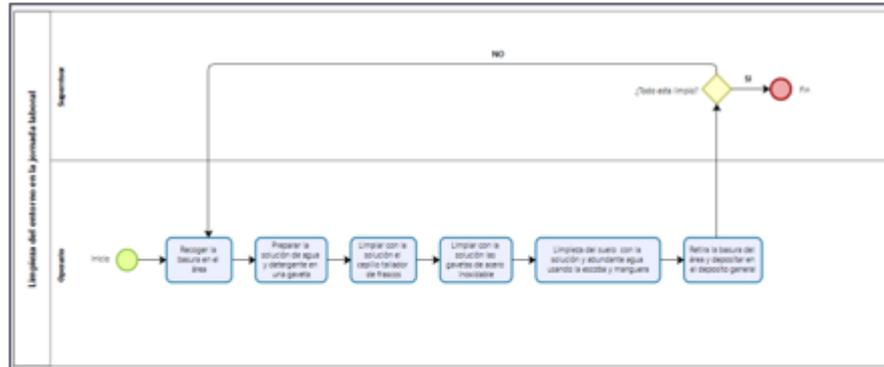


Ilustración 1 Flujo de limpieza diaria

Figura C.2 Manual de procesos – P3

[Fuente: Elaboración propia]

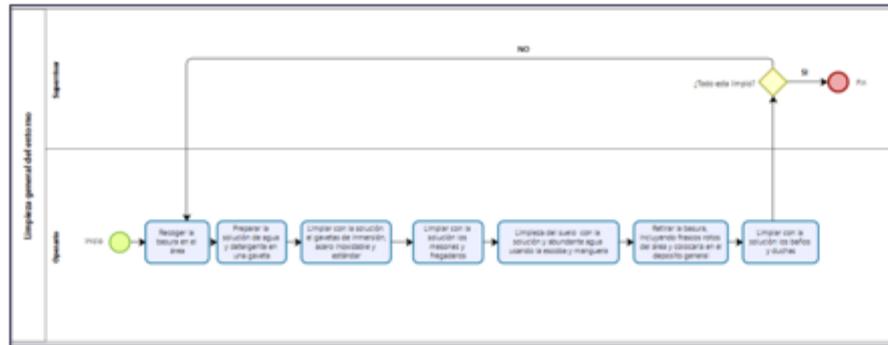


Ilustración 2 Flujo de limpieza semanal

VI. Control de versiones

Número de Versión	Fecha de Aprobación	Tipo de Aprobación	Descripción del Cambio
1	2021-08-21	Nuevo Documento	

Nombre del encargado del proceso	Fecha de Aprobación	Tipo de Aprobación	Firma
	2021-08-21	Nuevo Documento	

Figura C.3 Manual de procesos – P3

[Fuente: Elaboración propia]

Limpeza de frascos

Fecha de Vigencia 2021-08-13	Versión No. 1	Procedimiento Procedimiento.002	Ultima Revisión 2021-08-13
Clase CLAVE	Aplicable a: La Limpieza de frascos con medio hasta obtener un frasco limpio y esterilizado.		

I. Objetivo

Establecer los lineamientos generales con concernientes a la parte productiva del área, limpieza frascos siguiendo la secuencia de sus procesos para obtener un frasco limpio y esterilizado.

II. Definiciones

- **Medio de cultivo:** Es una sustancia cristalina que contiene todos los nutrientes necesarios para albergar la planta y que se desarrolle controladamente.
- **Extracción de medio:** Es la actividad en donde se retira el medio de cultivo de los frascos. Se lo realiza con abundante agua.
- **Inmersión en cloro:** Es la actividad en donde los frascos pasan por un proceso de desinfección. Se los debe sumergir en una mezcla de agua con cloro durante 3 horas para realizar esta actividad.
- **Proceso de enjuague:** En esta actividad se realiza un enjuague a los frascos con el tallador y una mezcla de agua con detergente con el fin de darle una limpieza más profunda a los frascos.
- **Horno:** Es la maquina lavavajillas usada después de la actividad de enjuague de frascos, sirve para limpiar y esterilizar los frascos.

III. Responsables de Ejecución

- Supervisora de cristalería.
- Operador de producción de cristalería.

IV. Documentos Asociados

- Equipos, instrumentos e insumos del área de cristalería
- Formulario de indicadores de control

V. Descripción

1. **ACTIVIDAD 1: Preparación de los equipos e instrumentos al inicio de la jornada laboral**
 - 1.1. **Operador de cristalería** en el inicio de la jornada laboral verifica si tiene los insumos necesarios para la producción: agua, cloro, detergente según lo establecido en documento **Equipos, instrumentos e insumos del área de cristalería**.
 - 1.2. **Operador de cristalería** en el inicio de la jornada enciende el horno de esterilización de frascos y verifica que tiene los instrumentos: tallador de frascos, manguera, pistola de agua necesaria para la producción según lo establecido en el documento **Equipos, instrumentos e insumos del área de cristalería**.
 - 1.3. **Operador** notifica si existe algún instrumento o insumo faltante al **Supervisor de Cristalería** para su inmediato reposicionamiento. Caso contrario se continúa con el procedimiento.

Figura C.4 Manual de procesos – P4

[Fuente: Elaboración propia]

2. **ACTIVIDAD 2: Extracción de medio de cultivo del frasco**
 - 2.1. **Operador de cristalería** cuenta la cantidad de gavetas con medio de cultivo que ingresaron al área de cristalería durante la jornada laboral diaria. Lo anota en la **Formulario de indicadores de control**.
 - 2.2. **Operador de cristalería** verifica que todas las gavetas con medio de cultivo se encuentren en su almacenaje correspondiente. Si no es así, los coloca donde corresponde.
 - 2.3. **Operador de cristalería** coloca un máximo de (2) gavetas con medio de cultivo en el mesón que se encuentra en el área de extracción de medio.
 - 2.4. **Operador de cristalería** Coloca la malla metálica donde se quedará el medio de cultivo.
 - 2.5. **Operador de cristalería** extrae el aluminio que cubre el frasco y lo coloca en el tacho de desechos sólidos.
 - 2.6. **Operador de cristalería** extrae el medio de cultivo del frasco aplicando abundante agua, verificando que se elimine por completo el medio del frasco.
 - 2.7. **Operador de cristalería** coloca el frasco sin medio en una gaveta limpia hasta completar la máxima capacidad de la gaveta (120 frascos).
 - 2.8. **Operador de cristalería** al llevar a la capacidad máxima de la gaveta de frascos sin medio, lleva la gaveta a:
 - 2.8.1. **Proceso de inmersión:** Si existen espacio disponible en el área, se procede con la **Actividad 3**.
 - 2.8.2. **Almacenaje de frascos sin medio:** Se almacena las gavetas de frascos sin medio en el área de extracción de medio si no existe la disponibilidad en el proceso de inmersión.
3. **ACTIVIDAD 3: Inmersión de los frascos**
 - 3.1. **Operador** crea una solución de 90% agua, 10% cloro y los coloca en las gavetas donde irán sumergidos los frascos, según el documento **Equipos, instrumentos e insumos del área de cristalería**.
 - 3.2. **Operador** coloca los frascos sin medio en las gavetas con la solución y anota la hora de inicio de inmersión.
 - 3.3. **Operador** deja reposar los frascos durante (3) horas.
 - 3.4. **Operador** saca los frascos que existan en el proceso desde el día anterior y los reagrupa en gavetas de 120 frascos.
 - 3.5. **Operador** traslada las gavetas con frascos salido de inmersión hacia el área de enjuague.
4. **ACTIVIDAD 4: Enjuague de los frascos**
 - 4.1. **Operador** crea una solución de agua con detergente (1 gramo por litro de agua) y los coloca en la gaveta/ fregadero donde realizara el enjuague de los frascos.
 - 4.2. **Operador** coloca una gaveta con frascos salido de inmersión y una gaveta de acero inoxidable, donde colocara los frascos enjuagados.
 - 4.3. **Operador** Sumerge el frasco en la solución y realiza el tallado con el respectivo instrumento por al menos 5 segundos, retirando suciedad que exista en el frasco.
 - 4.4. **Operador** agrupa los frascos en la gaveta de acero inoxidable hasta completar su máxima capacidad (96) frascos.
 - 4.5. **Operador** cuando completa la capacidad de la gaveta de acero inoxidable, las levanta obteniendo una inclinación de 45° y realiza un lavado de los frascos con agua corriente, usando la pistola de agua. La pistola de agua esta anexada a una manguera según el documento **Equipos, instrumentos e insumos del área de cristalería**.
 - 4.6. **Operador** Verifica la disponibilidad del horno de esterilización:
 - 4.6.1. **Disponible:** Si existe una gaveta que ya termino su proceso en el horno, se la retira y coloca la nueva gaveta.

Figura C.5 Manual de procesos – P5

[Fuente: Elaboración propia]

- 4.6.2. **Ocupado:** Si existe una gaveta que todavía está en proceso de horno, de continua en el proceso de enjuague.
- 4.7. **Operador** debe realizar en este orden el proceso hasta acabar con las gavetas de acero inoxidable para que exista una mayor utilización del tiempo disponible.
- 4.8. Cuando el **Operador** ya no tiene disponibles gavetas de acero inoxidable, procede a realizar la **Actividad 5**.
5. **ACTIVIDAD 5: Esterilización de los frascos en el horno.**
- 5.1. **Operador** coloca las gavetas de acero inoxidable salidas del proceso de enjuague en el horno.
- 5.2. **Operador** tiene que esperar (6) minutos del procesamiento del horno. En ese tiempo el operador reagrupa los frascos en una gaveta estándar de (120) frascos.
- 5.3. **Operador** realiza este proceso hasta tener disponibles todas las gavetas de acero inoxidable.
- 5.4. **Operador** regresa a la cláusula 4.2.
- 5.5. **Operador** coloca las gavetas estándar de producto terminado en el almacenamiento de producto terminado.
6. **ACTIVIDAD 6: Finalización de la jornada laboral.**
- 6.1. **Operador** realiza un conteo del número de gavetas con producto terminado, y lo anota en la **Formulario de indicadores de control**.
- 6.2. **Operador** verifica la Cantidad de gavetas con contaminación que han ingresado en el día, lo anota en la **Formulario de indicadores de control** y lo traslada al área de producto contaminado.
- 6.3. **Operador** debe realizar la limpieza del área según lo establece el **Procedimiento.001 La higiene de los equipos, máquinas y lugar de trabajo**.

VI. Diagrama de flujo

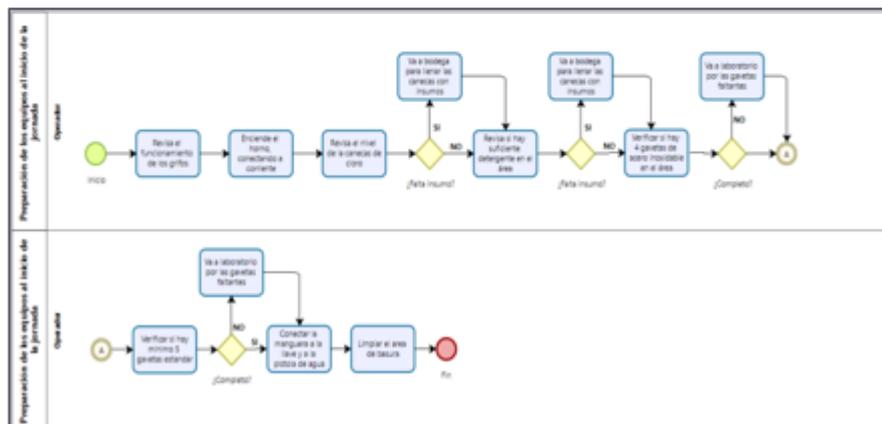


Ilustración 3 Flujo de preparación de equipos

Figura C.6 Manual de procesos – P6

[Fuente: Elaboración propia]

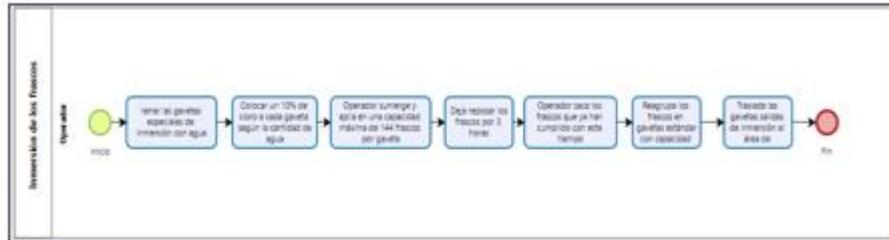


Ilustración 4 Flujo proceso de inmersión

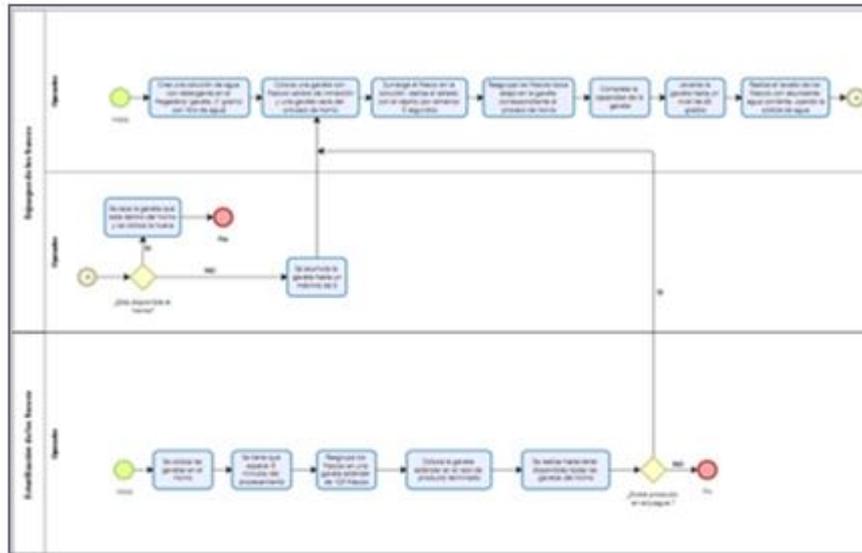


Ilustración 5 Flujo proceso enjuague y homo

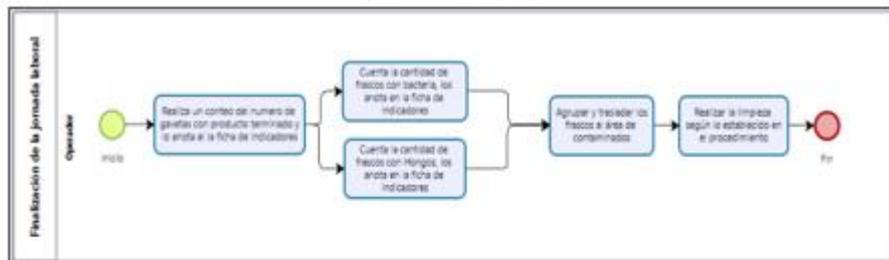


Ilustración 6 Flujo Finalización de la jornada laboral

Figura C.7 Manual de procesos – P7

[Fuente: Elaboración propia]

VII. Control de versiones

Número de Versión	Fecha de Aprobación	Tipo de Aprobación	Descripción del Cambio
1	2021-08-21	Nuevo Documento	

Nombre del encargado del proceso	Fecha de Aprobación	Tipo de Aprobación	Firma
	2021-08-21	Nuevo Documento	

Figura C.8 Manual de procesos – P8

[Fuente: Elaboración propia]

APÉNDICE D

Ayudas Visuales

El objetivo de las ayudas visuales implementadas en el proceso es crear un sistema de consultas rápidas cuando el operario dude sobre la secuencia de los procesos, creación de soluciones o los pasos que requiere para terminar una acción.

PREPARACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS EN EL ÁREA DE CRISTALERÍA			
ACTIVIDADES DIARIAS			INSTRUCTIVO.002
FRECUENCIA: UNA VEZ POR TURNO			VERSIÓN 1
ÁREA: CRISTALERÍA			
Item	¿Quién lo hace?	¿Cómo hacerlo?	Instrucción Visual
1	Operador	Operador verifica si tiene agua en todos los grifos del área.	
2	Operador	Operador verifica si hay suficiente cloro en las canecas, si no hay debe ir a bodega a reponer las canecas faltantes.	
3	Operador	Operador verifica si hay suficiente detergente en los envases, si no hay debe ir a bodega a reponer las canecas faltantes.	
4	Operador	Operador conecta el horno al inicio de la jornada laboral y lo enciende para que llegue a la temperatura de trabajo (60°C)	
5	Operador	Operador verifica que existan 4 gavetas de acero inoxidable o 5 gavetas de homo	
6	Operador	Operador verifica que la herramienta cepillo para tallar los frascos este en el área.	
7	Operador	Operador verificar que la manguera y la pistola de agua este correctamente conectada.	
8	Supervisor	Supervisor verifica la limpieza del lugar de trabajo.	
9	Operador	Realizar limpieza de observaciones si se da el caso.	

Figura D.1 Preparación de Equipos e instrumentos

[Fuente: Elaboración propia]

EXTRACCIÓN DE MEDIO DE CULTIVO DEL FRASCO			
ACTIVIDADES DIARIAS			INSTRUCTIVO.003
FRECUENCIA: UNA VEZ POR TURNO			VERSIÓN 1
AREA: CRISTALERIA			
Item	¿Quién lo hace?	¿Cómo hacerlo?	Instrucción Visual
1	Operador	Operador cuenta la cantidad de gavetas con medio y lo anota en la ficha de indicadores de control	
2	Operador	Operador verifica que todas las gavetas con medio de cultivo se encuentren en su área correspondiente. Si no es así, los coloca donde corresponde.	
3	Operador	Operador coloca un máximo de (2) gavetas con medio de cultivo en el mesón que se encuentra en el área de extracción de medio.	
4	Operador	Operador coloca la malla metálica donde se quedará el medio de cultivo.	
5	Operador	Operador extrae el aluminio que cubre el frasco y lo coloca en el tacho de desechos sólidos.	
6	Operador	Operador extrae el medio de cultivo del frasco aplicando abundante agua, verificando que se elimine por completo el medio del frasco.	
7	Operador	Operador coloca el frasco sin medio en una gaveta limpia hasta completar la máxima capacidad de la gaveta (120 frascos).	
8	Operador	Si existen espacio disponible en el área, se procede con la Actividad 3 (inmersión de frascos)	
9	Operador	Se almacena las gavetas de frascos sin medio en el área de extracción de medio si no existe la disponibilidad en el proceso de inmersión.	

Figura D.2 Extracción de medio de Cultivo del Frasco

[Fuente: Elaboración propia]

INMERSIÓN DE LOS FRASCOS			
ACTIVIDADES DIARIAS			INSTRUCTIVO.004
FRECUENCIA: UNA VEZ POR TURNO			VERSION 1
AREA: CRISTALERIA			
Item	¿Quién lo hace?	¿Cómo hacerlo?	Instrucción Visual
1	Operador	Operador llena de agua los recipientes donde se sumergirán los frascos y vierte dos vaso de cloro para crear la solución.	 <p>Gabeta grande - 2 medidores de cloro 100 ml 100 ml</p>
2	Operador	Operador coloca los frascos sin medio en las gavetas con la solución boca arriba y anota la hora de inicio de inmersión.	
3	Operador	Operador deja reposar los frascos durante (3) horas.	
4	Operador	Operador saca los frascos que existan en el proceso desde el día anterior y los reagrupa en gavetas de 120 frascos.	
5	Operador	Operador traslada las gavetas con frascos salido de inmersión a su lugar de almacenamiento.	

Figura D.3 Inmersión de los Frascos

[Fuente: Elaboración propia]

ENJUAGUE DE LOS FRASCOS			
ACTIVIDADES DIARIAS			INSTRUCTIVO.005
FRECUENCIA: UNA VEZ POR TURNO			VERSIÓN 1
AREA: CRISTALERIA			
Item	¿Quién lo hace?	¿Cómo hacerlo?	Instrucción Visual
1	Operador	Operador coloca una gaveta amarilla dentro del fregadero del área de enjuague, lo llena de agua y vierte un frasco de detergente para crear la solución.	
2	Operador	Operador coloca una gaveta con frascos salida de inmersión y una gaveta de acero inoxidable/gaveta de horno, donde colocara los frascos enjuagados.	
3	Operador	Operador sumerge el frasco en la solución y realiza el tallado con el respectivo instrumento por al menos 5 segundos, retirando suciedad que exista en el frasco.	
4	Operador	Operador agrupa los frascos en la gaveta de acero inoxidable/gaveta de horno hasta completar su máxima capacidad.	
5	Operador	cuando completa la capacidad de la gaveta de acero inoxidable, las levanta obteniendo una inclinación de 45° y realiza un lavado de los frascos con agua corriente, usando la pistola de agua.	
6	Operador	Operador verifica la disponibilidad del horno de esterilización. Si existe una gaveta que ya termina su proceso en el horno, se la retira y coloca la nueva gaveta.	
7	Operador	Operador verifica la disponibilidad del horno de esterilización. Si existe una gaveta que todavía está en proceso de horno, de continua en el proceso de enjuague.	
8	Operador	Operador debe realizar en este orden el proceso hasta acabar con las gavetas de acero inoxidable/gavetas de horno para que exista una mayor utilización del tiempo disponible.	

Figura D.4 Enjuague de los Frascos

[Fuente: Elaboración propia]

ESTERILIZACIÓN DE LOS FRASCOS EN EL HORNO			
ACTIVIDADES DIARIAS			INSTRUCTIVO.006
FRECUENCIA: UNA VEZ POR TURNO			VERSION 1
AREA: CRISTALERIA			
Item	¿Quién lo hace?	¿Cómo hacerlo?	Instrucción Visual
1	Operador	Operador coloca las gavetas de acero inoxidable/ gavetas de horno, salidas del proceso de enjuague en el horno.	
2	Operador	Operador tiene que esperar (6) minutos del procesamiento del horno. En ese tiempo el operador reagrupa los frascos en una gaveta estándar de (120) frascos.	
3	Operador	Operador realiza este proceso hasta tener disponibles todas las gavetas de acero inoxidable/ gavetas de horno.	
4	Operador	Operador coloca las gavetas estándar de producto terminado en el carrito de producto terminado y cuando este a su capacidad máxima (4 gavetas), lo traslada al area de laboratorio.	

Figura D.5 Esterilización de los Frascos en el Horno

[Fuente: Elaboración propia]

EQUIPOS, INSTRUMENTOS E INSUMOS USADOS EN CRISTALERIA			
ACTIVIDADES DIARIAS			INSTRUCTIVO.005
FRECUENCIA: UNA VEZ POR TURNO			VERSION 1
AREA: CRISTALERIA			
Item	NOMBRE	ESPECIFICACIONES	IMAGEN
1	Gaveta Estandar	Gaveta estandar tiene diemnsiones 60cmx50cm Capacidad maxima de 120 frascos Usada para producto con medio, sin medio y producto terminado.	
2	Gaveta de Inmersion	Gaveta estandar tiene dimensiones 70cmx50cm Capacidad maxima de 144 frascos Usada para proceso de inmersión	
3	Gaveta de Acero para Horno	Gaveta estandar tiene diemnsiones 50cmx50cm Capacidad maxima de 96 frascos Usada para proceso de esterilización en horno	
4	Gaveta de Plastico para Horno	Gaveta estandar tiene diemnsiones 50cmx50cm Capacidad maxima de 49 frascos Usada para proceso de esterilización en horno	
5	Cepillo para Tallar Frasco	Cepillo de mango de plastico, que se puede anexar esponjas intercambiables Ideal para enjuagar los frascos Usado en el proceso de enjuague	
6	Sistema de Almacenaje	Sistema de almacenaje tiene dimensiones de 1,70mx0,95m Tiene una capacidad de 8 gavetas estandar Usado para almacenar producto de salido de medio y producto terminado	

Figura D.6 Equipos, Instrumentos e Insumos Usados en Cristalería – P1

[Fuente: Elaboración propia]

7	Manguera	Manguera debete tener la caracteristica de tener un largo maximo de 15 metros, sea reforzada con la capacidad de soportar hasta 300 psi de presion	
8	Pistola de Agua para Manguera	Pistola lo boquilla debe ser de metal con almenos 2 patrones de aspersion para poder controlar el flujo del agua según el proceso	
9	Horno de Esterilización	Horno de esterilizacion tiene dimensiones de 60cmx60cm Puede trabajar con las gavetas de acero inoxidable o con las gavetas de plastico para el horno El horno necesita alcanzar la temperatura de 60° celcius para poder funcionar Para prender el horno se necesita conectarlo a corriente y abrir las lav ves de agua, y esperar a que alcance la temperatura.	
10	Detergente	Sustancia usada para el enjuague de los frascos Almacenada en fundas de 100 gramos La cantidad minima que debe existir en el area es de 1 fundas llenas	
11	Cloro	Sustancia usada para la desinfeccion de los frascos Almacenada en canecas de plastico La cantidad minima que debe existir en el area es de 1 canecas llenas y la cantidad maxima es de 2 canecas llenas	
12	Mesa de Acero Inoxidable	Mesa de acero inoxidable tiene dimensiones de 75cmx55cm Usado para el proceso de horno, ahí se rearmen los lotes en gavetas estandar	

Figura D.6 Equipos, Instrumentos e Insumos Usados en Cristalería – P2

[Fuente: Elaboración propia]

APÉNDICE E

Registro de control de indicadores

Con la finalidad de establecer un control en la sección y garantizar la adecuada recopilación de información se estableció un registro de control de indicadores. El responsable de actualizar la información del formulario es el operario de cristalería al final de cada jornada.

Formulario.001 Registro de control de indicadores

Muestra	Fecha	Materia Prima (# Gavetas)	Producto el proceso (Sin medio) # Gavetas	Producto terminado (# Gavetas)	Contaminacion (# Gavetas)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Operario de Cristalería

Revisado por Supervisor

Figura E.1 Ficha para el registro de indicadores

[Fuente: Elaboración propia]