



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA SCRUM EN EL PROCESO DE LAVADO DE VIDRIO RECICLADO
UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE RECHAZO
DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA PRODUCTORA DE
ENVASES VIDRIO TIPO 3**

Edgar Estuardo Barrientos Barrios

Asesorado por la Msc. Ing. Geraldina García Quiroa

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA SCRUM EN EL PROCESO DE LAVADO DE VIDRIO RECICLADO
UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE RECHAZO
DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA PRODUCTORA DE
ENVASES VIDRIO TIPO 3**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR ESTUARDO BARRIENTOS BARRIOS
ASESORADO POR LA MSC. ING. GERALDINA GARCÍA QUIROA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert de León Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACION PARA UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA SCRUM EN EL PROCESO DE LAVADO DE VIDRIO RECICLADO
UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE RECHAZO
DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA PRODUCTORA DE
ENVASES VIDRIO TIPO 3**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 19 de julio de 2021.

Edgar Estuardo Barrientos Barrios

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la bendición tan grande de cumplir un éxito más en la vida.
Mi esposa	Ingeniera Geraldina Elizabeth García Quiroa, por apoyarme a lo largo de mi carrera, en mi formación personal y profesional, brindándome amor y felicidad incondicional, estando a mi lado en las buenas y malas.
Mis padres	General Oscar Enrique Barrientos Pérez y Ada Maritza Barrios López por apoyarme en mis necesidades esenciales.
Mis abuelos	Emma de Barrios y Otto Barrios, por sus sabias enseñanzas, consejos, bendiciones y amor que me han brindado durante toda mi vida.
Mis suegros	Ingeniero Gerardo Alfonso García y Edilma Elizabeth Quiroa por el apoyo brindado y las lecciones de vida para ser un mejor hombre.
Familia y amigos	Por brindarme y compartir conmigo momentos de felicidad memorables en las distintas etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos, valores y humildad.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me permiten desarrollarme como profesional y así realizar este trabajo de graduación.
Ing. Geraldina García Quiroa	Por el apoyo y asesoría profesional brindada para el desarrollo de esta investigación.
Ing. Irma Jannette Orozco García	Por el apoyo, paciencia y cariño, que humildemente me brindaron para el desarrollo de esta investigación.
Ing. Juan Esturado Contreras Ruiz	Por ser ejemplo de liderazgo y profesionalismo. Por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Contexto general	9
3.2. Descripción del problema	9
3.3. Formulación del problema	11
3.3.1. Pregunta central	11
3.3.2. Preguntas auxiliares	12
3.4. Delimitación de la investigación.....	12
3.4.1. Límite temporal	12
3.4.2. Límite espacial.....	12
3.4.3. Límite geográfico	13
3.5. Viabilidad	13
3.6. Consecuencias de la investigación.....	13
3.6.1. De realizarse.....	14
3.6.2. De no realizarse.....	14
4. JUSTIFICACIÓN	15

5.	OBJETIVOS.....	17
5.1.	General	17
5.2.	Específicos.....	17
6.	NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN.....	19
7.	MARCO TEÓRICO	21
7.1.	Empresa.....	21
7.1.1.	Misión y visión	22
7.1.2.	Tipo de organización	23
7.1.3.	Mercado	23
7.1.4.	Producción	23
7.1.4.1.	Eficiencia de proceso	25
7.1.5.	Rechazo de producto terminado	25
7.1.6.	Contaminación física en los envases de vidrio.....	27
7.1.7.	Contaminante derivado del vidrio reciclado (<i>cullet</i>).....	28
7.1.8.	Proceso de lavadora de vidrio reciclado.....	31
7.1.8.1.	Estandarización de proceso de lavado.....	33
7.1.8.2.	Diagrama de proceso de lavado de vidrio reciclado	38
7.2.	Sistema de mejora continua.....	39
7.2.1.	Concepto de metodología	40
7.2.1.1.	Metodología tradicional	41
7.2.1.2.	Metodología cascada	42
7.2.2.	Metodologías ágiles	42
7.2.2.1.	Manifiesto ágil	43
7.3.	Metodología <i>scrum</i>	44

7.3.1.	Definición	45
7.3.2.	Componentes del <i>scrum</i>	46
7.3.2.1.	Roles	46
7.3.2.2.	Artefactos.....	48
7.3.2.3.	Eventos.....	49
7.3.2.4.	Desarrollo	51
7.3.3.	Estimaciones	51
7.3.4.	Planificación de la corrida.....	52
7.3.5.	Diagrama de fases de <i>scrum</i>	52
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	55
9.	METODOLOGÍA.....	57
9.1.	Características del estudio	57
9.1.1.	Enfoque	57
9.1.2.	Diseño	57
9.1.3.	Alcance.....	58
9.2.	Unidades de análisis	58
9.2.1.	Variables cuantitativas.....	59
9.2.2.	Técnicas de recolección	61
9.3.	Variables e indicadores	64
9.4.	Fases del estudio	66
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	69
10.1.	Análisis de información.....	69
11.	CRONOGRAMA.....	71
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	73

REFERENCIAS 75

APÉNDICES..... 79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	20
2.	Producto terminado con contaminación de punto negro de vidrio	28
3.	Vista en microscopio, contaminación en vidrio (punto negro)	31
4.	Lavadora de vidrio y patios de almacenamiento de vidrio reciclado	32
5.	Banda magnética de lavadora.....	36
6.	Banda seleccionadora manual	38
7.	Diagrama de proceso de lavado	39
8.	Diagrama de fases de <i>scrum</i>	53
9.	Cronograma de actividades de la investigación	71

TABLAS

I.	Aporte de óxidos de la materia prima al vidrio fundido.....	24
II.	Tipos de rechazo en producción de envases de vidrio.....	26
III.	Clasificación de contaminantes en envases de vidrio	29
IV.	Especificaciones de cullet (vidrio lavado).....	32
V.	Especificaciones de recepción de vidrio reciclado	34
VI.	Porcentajes permisibles de contaminación de muestras parciales	60
VII.	Matriz de variables	64
VIII.	Matriz de definiciones de variables	65
IX.	Presupuesto	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°	Grados
°C	Grados Celsius
h	Horas
=	Igual que
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
mm	Milímetros
%	Porcentaje
T	Toneladas
Tm	Toneladas métricas

GLOSARIO

Afinante	Componente químico utilizado como materia prima para controlar la reacción de fundición.
Batch	Lote parcial o preparatorio de material o materiales
Bulk	Saco de almacenamiento de tamaño grande
Cullet	Vidrio reciclado limpio que se utiliza como materia prima
Features	Palabra en inglés que en español se refiere a características
Fundidor	Equipo especial que tiene la capacidad de manejar altas temperaturas.
Maleabilidad	Propiedad de la materia a adoptar una forma o molde
Pack to melt	Eficiencia de proceso de una empresa vidriera
Refractario	Material sólido que resiste las altas temperaturas
Scrum	Proveniente del deporte Rugby, donde se adopta una posición de juego en donde se compite con el

adversario requiriendo un trabajo en equipo para lograr ganar terreno y balón.

Sprint

Palabra en inglés que se refiere a iteraciones o carreras.

Temple

Resistencia del vidrio derivado del método de enfriamiento al que fue sometido.

RESUMEN

Las mejoras de proceso continuas son procedimientos que se utilizan en los procesos modernos para aumentar las eficiencias de proceso. Específicamente las metodologías ágiles se caracterizan por la versatilidad a las que se pueden adaptar a los procesos con parámetros variables y que están en constante variación en un determinado tiempo. La metodología scrum se adapta al proceso dado que la variante de cantidad de contaminación en vidrio reciclado es muy variable.

Actualmente el proceso de lavado solo se rige por instrucciones de trabajo lo cual provoca que se genere rechazo de producto terminado por la eficacia baja del lavado. Por lo que se propone una metodología de trabajo que mejore y que sea la adecuada para poder mitigar los problemas mencionados.

La presente investigación de diseño establece los principios para proponer la implementación de metodología Scrum en el proceso de lavado de vidrio para aumentar la eficiencia de producción de envases de vidrio de la empresa. Se darán a conocer todos los pasos y guías para adaptarlo al proceso de lavado de vidrio reciclado, estableciendo todos los análisis técnicos y prácticos, juntos a las investigaciones cuantitativas para obtener como resultados los requerimientos y parámetros para llevar a cabo un proceso ágil que involucre la reducción de rechazo de producto terminado.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación de sistematización en la mejora de operaciones y procesos, debido a que se propondrá una metodología de mejora que servirá para establecer un orden en los procesos que permitirá mejorar la eficiencia en el proceso de producción de botellas y envases de vidrio.

El problema radica en la utilización de vidrio reciclado contaminado como materia prima el cual genera rechazo de producto terminado. El vidrio reciclado proviene en su mayoría de los basureros generales de país y se somete a un proceso de lavado para tratar de eliminar toda la contaminación. El proceso de producción de botellas de vidrio inicia en la recepción de materias primas, donde el vidrio reciclado recolectado se lava para luego mezclarse con materia prima pura para formar el batch de mezcla.

Este material se funde a altas temperaturas en los hornos fundidores, los cuales distribuyen el vidrio fundido a las maquinas formadoras que tienen las molduras de los envases a realizar. Para luego terminar en el empaque del producto terminado, pero existen contaminantes que no se lograron descontaminar en el proceso de lavado y que pueden soportar las altas temperaturas del horno fundidor, los cuales salen en el producto final como contaminantes siendo estos rechazados por calidad y bajando la eficiencia de proceso de la empresa. Los recursos involucrados en dicho proceso son la materia prima, la maquinaria y el recurso humano.

La importancia de la investigación de la propuesta ayudará a mejorar la eficiencia en el proceso de producción de envases de vidrio, que servirá para

aprovechar de mejor manera los recursos existentes mejorando en si las eficiencias de producción. La investigación se enfocará en el proceso de lavado de vidrio reciclado desde la recepción del material hasta la disposición como materia prima.

Los resultados esperados son aumentar el indicador de eficiencia y el de productividad. El indicador de eficiencia se calculará con relación a la eficiencia de lavado del vidrio reciclado, por lo que se aconseja analizar cada estación de trabajo en función de la capacidad de descontaminación y lavado para cumplir adecuadamente las metas establecidas por la empresa, mejorando la eficiencia de producción que relaciona las toneladas de vidrio fundidas contra las toneladas de vidrio empaçadas. Si el vidrio fundido no trae contaminantes provenientes de materia prima, se podrá empaçar más vidrio fundido como producto final, ya que la calidad de vidrio es aceptable y se podrá empaçar toda la producción.

El aporte para el estudio de investigación será una propuesta de mejora con el fin de aprovechar los recursos disponibles dentro de la empresa para lograr aumentar la eficiencia de lavado de vidrio reciclado y evitar el rechazo de producción proveniente de materia prima a lo largo de las jornadas laborales.

Los beneficios esperados son el aumento de la productividad y la reducción de rechazo en el proceso de producción, debido a que se pretende producir la misma cantidad de producto con el menor rechazo posible por contaminación proveniente del vidrio reciclado.

El esquema de solución consiste en la identificación de los procesos que afectan el rechazo del producto terminado, específicamente en el área de lavado, seguidamente se debe realizar un análisis los posibles factores que influyen en

la generación del problema. Luego se generará una medición de eficiencia de los procesos involucrados para la reducción de contaminación en el vidrio reciclado.

El análisis de la propuesta de mejora involucrará el análisis de implementación de una metodología de solución que permitirá optimizar todos los procesos relacionados al lavado de vidrio reciclado, que ayudará a detectar las circunstancias que requieren de análisis para generar mejoras en sus operaciones mediante la metodología ágil Scrum.

En el primer capítulo se da a conocer la información general de la empresa engloba la actividad comercial a la que se dedica la empresa, la visión y misión, tipo de organización, mercado y la producción junto a sus indicadores de eficiencia de procesos los cuales están involucrados con los rechazos del producto terminado basados en el análisis de origen del defecto del área involucrada y tipos de contaminación que surgen en la producción. También se detalla más el proceso de lavado para dar a conocer los aspectos generales enfocados directamente en el área donde se desarrollará y se implementará la propuesta de mejora indicando la estandarización de los procesos involucrados de lavado de vidrio reciclado complementado con un diagrama de proceso de este.

El capítulo de sistema de mejora continua presenta la importancia y las herramientas de la ingeniería que se pueden emplear para lograr desarrollarla exitosamente; estableciendo los conceptos básicos y tipos de metodología que involucra las evoluciones de las metodologías durante el tiempo. Dando a conocer con la metodología ágil, que es una de las más modernas, y cuáles son sus características y principios por las cuales se rigen.

El capítulo de la metodología Scrum indica las definiciones del proceso de mejora continua, detallando los componentes de esta metodología en donde se determina cada uno de los pasos que se desarrollan en la propuesta de implementación del proceso, proporcionando los componentes que la conforman como los herramientas, equipos de trabajo, restricciones y aplicaciones. Por último, se indica el procedimiento de cómo se realizan las estimaciones y planificaciones, resumiéndolo con un diagrama de facetas de la metodología Scrum.

El capítulo dos se informa sobre el desarrollarlo de la investigación en donde se muestra la aplicación de los métodos de investigación, tomando en cuenta todas las variables y técnicas de recolección de información en la adaptación de la metodología Scrum a los procesos relacionados dentro de lavado de vidrio reciclado.

En el capítulo tres se presentan los resultados donde se indica la propuesta de la implementación de la metodología Scrum en el proceso del lavado que cumplen con los objetivos planteados basados en los análisis de variables cuantitativas.

En el capítulo cuatro se establecen la discusión de resultados que da a conocer la justificación de los resultados de la investigación, indicando de forma resumida el criterio para el cumplimiento de la reducción de rechazo de producto terminado en la empresa vidriera.

2. ANTECEDENTES

Identificar los factores importantes como los estudios realizados a los análisis pertinentes de los procesos relacionados con la implementación de metodologías e incluir factores humanos dentro del mismo con las variables que se tienen que tomar en cuenta para el análisis de la investigación. El caso donde interviene la ingeniería de métodos. Como lo indica Rojas (2017) en sus tesis de maestría

En el presente trabajo se aplicaron varios de los conocimientos adquiridos en la maestría, como son: elección de una correcta metodología ágil que se adapte al entorno de trabajo de la empresa, identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales aplicando los conceptos de ingeniería de requerimientos. (pág. 135)

Esta tesis aportará información importante para la estructura de la investigación a realizarse ya que aporta los fundamentos para poder llevar a cabo la mejora de procesos por medio de optimizaciones de procesos y operaciones en las cuales se detectan las posibles fallas a la cual se le desea implementar una mejora para poder corregirla.

Para determinar los parámetros y variables que afectan un proceso afectado por una baja eficiencia, se utilizó la siguiente investigación de una aplicación de metodología de mejora en un proceso de insumo dental, el cual implementa una metodología de mejora de proceso.

Dentro de la investigación realizada para el trabajo de graduación se buscará recolectar la información relevante a los procesos de producción de crema dental, así como las variantes y desfases ya reportados en procesos anteriores como las soluciones propuestas con anterioridad, con el fin de tener un espectro amplio de criterio para la resolución de los problemas que puedan llegar a encontrarse con el proceso propuesto. (Estrada, 2014, p. 16)

En los procesos muchas veces las instrucciones de trabajo limitan las capacidades de los operarios para poder desarrollarse o generar propuestas de mejoras para facilitar el trabajo generando la misma eficiencia o mejorándola:

Con base en las corridas de conjunto de trabajo que se desempeña en un entorno con cambios constantes, el Scrum está sobresale por establecer reuniones con el equipo de trabajo diariamente para poder buscarle solución a todos los inconvenientes y así poder determinar el avance en el cumplimiento de los objetivos en los distintos proyectos. Aquí se ejecutan un plan de procesos por medio de iteraciones conocidas como *sprint*. Al finalizar un *sprint* se procede realizar un entregable. (Bejarano, 2015, p. 23)

La aplicación de la metodología logró los objetivos de dicha nueva línea de productos a tiempo, dentro del presupuesto y con menos errores que todos los productos previos, A partir de ahí, el Dr. Sutherland ha afinado esa metodología para su uso en toda clase de empresas. En 1995 presentó en coautoría con Ken Schwaber, el libro *Proceso de desarrollo Scrum* en donde expresa que “la codificación de esas prácticas de desarrollo más rápido y flexible que permitan generar mejoras continuas en sus procesos lo cual es fundamental para esta investigación” (Schwaber, 2001, p. 24).

Para lograr uno de los objetivos de esta investigación, se debe tener en cuenta que el incremento en la cantidad de producción procesada e invertida teniendo que estar alineado con el presupuesto o inversión que la empresa esté dispuesta a realizar para lograr los objetivos marcados. En la tesis de maestría sobre la aplicación de la metodología de mejora para el desarrollo de software P, Paniagua (2017) indica que “Scrum es una metodología innovadora en la que se cambia la forma de gestionar tradicionalmente los proyectos (...) con esta metodología se aplica un conjunto de buenas prácticas que fomentan el trabajo en equipo y una buena comunicación” (p. 2).

La metodología reside en un trabajo en equipo los cuales tendrán metas específicas que cumplir para poder cumplir con el objetivo general del proceso, como lo indica el mismo autor en el siguiente enunciado. “El equipo defina con el cliente la lista de requerimientos de acuerdo con prioridades, provee una estimación más efectiva y el equipo puede aportar ideas al cliente lo cual hace que el sistema sea más funcional” (Paniagua, 2017, p. 2).

Esta afirmación determina los requerimientos completos los cuales serán funcionales y cuales no serán funcionales, que deberá cumplir el sistema. Estos requerimientos son especificados de acuerdo con necesidades y objetivos de la empresa o proceso por medio de: aplicaciones de uso, características (features), diagramas de flujo, eventos, asignaciones de trabajo, entre otros.

En la tesis de Pivaral indica que en el estudio de la problemática se evaluará la medida de por medio del indicador de eficiencia con la que se resolvió el problema mostrando el grado en el que se optimizarán los recursos requeridos y utilizados durante el proceso productivo. (Pivaral, 2016, p. 60)

Todo esto es tomado en cuenta para generar que los objetivos y las metas de la investigación creando la lista de especificaciones de las metas requeridas por medio de las reuniones de planeamiento con el personal que está involucrado en el proceso o proyecto en donde se aplicara la metodología. Con esta base se definen las iteraciones (tiempo de ejecución de la corrida), conocidas como *sprints* en la metodología Scrum, en donde se pone en marcha la ejecución del plan de trabajo acumulando información para mejorar, y así definir los nuevos procesos de mejoras las cuales serán desarrolladas en la aplicación del método por implementar.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se darán a conocer aspectos relevantes relacionados al problema en general.

3.1. Contexto general

Falta de metodología de mejora continua que logre disminuir la generación de rechazo de producto terminado por contaminación proveniente de la materia prima (vidrio reciclado) en el proceso de lavado, en la producción de envases de vidrio tipo 3

3.2. Descripción del problema

El vidrio reciclado se obtiene por medio de proveedores externos a quienes se les paga por las botellas de vidrio que recolectan y que se descargan en la empresa cumpliendo con la especificaciones requeridas por el departamento de materias primas, como por ejemplo que las botellas tienen que estar separadas por colores (cristalino, verde, ámbar) y que deben tener un porcentaje bajo de contaminación (material ajeno al vidrio: orgánico, inorgánico, metales).

Diariamente se reciben 200 a 300 toneladas de vidrio reciclado, que son descargados por medio de varios tipos de transporte, desde los más pequeños de 2 toneladas como los pick ups hasta los más grandes que son contenedores de 22 toneladas.

Las botellas recicladas provienen de distintos lugares y países, pero en su mayoría provienen de los basureros generales, lo cual provoca que el porcentaje de contaminación en el vidrio sea muy alto al momento de ser verificadas visualmente durante la descarga. Por lo que son sometidas al proceso de lavado, en el cual consiste en reducir el tamaño a una medida homogénea y quitar en su mayoría todo el contaminante posible.

La lavadora contiene equipo especial para limpiar de una forma adecuada el vidrio reciclado, pero aun así siempre hay un porcentaje de contaminación que no se logra descontaminar, siendo esto el principal problema que genera el rechazo de producto terminado en la producción. Dentro del área de producción, el rechazo de producto terminado se clasifica basado en el origen del defecto, por ejemplo, si la botella no adquiere la forma deseada, es un fallo de formado. Otro ejemplo si la temperatura de vidrio no es la adecuada, el rechazo se le atribuye al área de fundición quien controla que la temperatura en los canales sea el adecuado. Y en el caso del planteamiento del problema si sale alguna contaminación en las botellas de vidrio se le atribuye al área de materias primas. Cuando esto sucede el contaminante es analizado por medio de microscopio se determina de donde puede ser la procedencia.

Según Aldinger y Colins (2016), en su libro *Color atlas of stone in glass*, en su tercera edición, establecen varios estudios y diagnósticos gráficos de contaminantes en el vidrio en donde se pueden llegar a determinar el origen de este y que posiblemente lo esté provocando. Por ejemplo, los autores establecen que para el contaminante punto negro de silicón:

“Las bolas de silicón son causadas por la contaminación de aluminio proveniente del cullet (vidrio reciclado), especialmente de los anillos de las latas,

tapas metálicas, anillos de cuello de botellas, envoltorio de aluminio, y etiquetas de aluminio” (p. 60).

Diariamente se producen entre 450 a 475 toneladas de botellas de vidrio de las cuales se pueden llegar a rechazar hasta 22.5 toneladas de producción (5 % de defectivo en un día común de producción) por contaminación proveniente de este problema. Los cuales al pasarlos a costo por tonelada de vidrio fundido producida es una perdida considerable de dinero para la empresa.

Diariamente se consumen entre 150 a 200 toneladas diarias de vidrio reciclado ya lavado, haciendo que la alta demanda de material, la falta de personal y tecnología no es posible supervisar la calidad del producto.

3.3. Formulación del problema

A continuación, se describirán la pregunta central y las preguntas auxiliares, que llevarán a los planteamientos de la formulación del problema:

3.3.1. Pregunta central

¿Cuál es la metodología de mejora continua en el proceso de lavado de vidrio reciclado utilizado como materia prima para disminuir el porcentaje de rechazo de producto terminado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Qué procesos son los que están afectando el rechazo de producto terminado en la recepción, lavado y disponibilidad de vidrio reciclado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3?
- ¿Cuáles son los factores que influyen en la generación de rechazo de producto terminado en el proceso de lavado del vidrio reciclado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3?
- ¿Cómo establecer la metodología de mejora continua adecuada a los procesos involucrados para la reducir de rechazo de producto terminado por contaminación en el proceso de lavado de vidrio reciclado?

3.4. Delimitación de la investigación

Se determinarán las de condiciones temporales, disciplinares, geográficas, y otras, en las que se resolverá el problema a investigar.

3.4.1. Límite temporal

La investigación tendrá una duración aproximada de 1 año de tiempo, comenzando en mayo de 2021 hasta mayo de 2022.

3.4.2. Límite espacial

La investigación se realizará dentro de área de lavado perteneciente al departamento de materias primas que está a cargo de la gerencia de preparación de vidrio en la empresa vidriera guatemalteca.

3.4.3. Límite geográfico

La investigación se realizará dentro de la ciudad de Guatemala, del país de Guatemala.

3.5. Viabilidad

Identificado el problema que se plantea dentro de la empresa y la directriz de la administración de proponer la solución por medio de la propuesta de implementar una metodología de mejora en un proceso de lavado de vidrio perteneciente a una empresa que fabrica envases de vidrio. Se identifican los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación:

- Datos históricos del comportamiento de la eficiencia de proceso a analizar y de los procedimientos y protocolos vigentes en la operación.
- Recursos monetarios y de tiempo.

La empresa otorgará la oportunidad de captar la información necesaria para efectuar el estudio, así como la disponibilidad. La parte monetaria como de tiempo estarán proporcionadas por parte del investigador para efectuar la investigación se valida la viabilidad de esta.

3.6. Consecuencias de la investigación

De realizarse esta investigación se implementará una mejora continua en el procesos de lavado el cual evitara que se genere rechazo en la producción de botellas y envases de vidrio por contaminación de materia prima, y de no realizarse la producción se seguirá rechazando cuando se genere producto que

no tenga las especificaciones de calidad adecuadas por tener material contaminante que perjudica la eficiencia de proceso.

3.6.1. De realizarse

- Se disminuirán las causas o factores que generan contaminación y provocan rechazo en la producción de producto final.
- Retroalimentación de las porcentaje de rechazo a los operadores de lavadora en el proceso de lavado.
- Aplicación de metodología de mejora continua en el proceso de lavado de vidrio reciclado.

3.6.2. De no realizarse

En caso no se realice la investigación no se tendrán cambios en:

- El porcentaje alto de rechazo de producto terminado derivado de la contaminación de vidrio reciclado como materia prima.

Se generarán pérdidas en la producción material contaminado que ya no se puede reciclar.

4. JUSTIFICACIÓN

El estudio se sitúa dentro de la línea de investigación de optimización de operaciones y procesos en el área de operaciones de la Maestría en Gestión Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pues se enfoca en establecer un diseño de investigación para la implementación de la metodología Scrum en el proceso de lavado de vidrio reciclado utilizado como materia prima para disminuir el porcentaje de rechazo de producto terminado en una empresa guatemalteca productora de envases vidrio tipo 3.

La necesidad de efectuar esta investigación es implementar una metodología de mejora continua en el proceso de lavado de vidrio reciclado de la empresa, puesto que la eficiencia de producción de la planta ha sido afectada por la contaminación proveniente del vidrio reciclado y que al momento de ser sometido al lavado no se logra descontaminar en su totalidad.

La importancia de mejora del proceso en el área de lavado de vidrio reciclado será determinar las posibles causas que afectan que salgan contaminantes en la producción por falta de análisis de causas y retroalimentación en el proceso de lavado, como consecuencia de la aplicación de la metodología se aprovechara al máximo toda la producción de las botellas de vidrio para no generar más gastos y así la empresa pueda tener los ingresos máximos estimados de producción.

La motivación de esta investigación es establecer una mejora continua en el proceso de lavado aplicando los conocimientos adquiridos en la maestría y la metodología Scrum en cada uno de los subprocesos relacionados en los que se

ve afectado la contaminación del vidrio reciclado, siendo desde la recepción del material, pasando por el proceso de lavado y hasta su disposición final como materia prima en la formulación química del vidrio.

Los beneficios de la investigación se van a determinar los factores que generan que el vidrio reciclado lavado no cumpla las especificaciones del porcentaje de contaminación permisible, creando nuevos procesos basados en la metodología scrum de mejora para poder mitigarlos, dándoles el seguimiento adecuado, buscando más factores que influyen en el problema si los resultados no son los esperados, hasta llegar al punto de eliminar por completo la contaminación que pasa hacia el producto terminado.

Los beneficiarios de esta investigación en la empresa productora de botellas de vidrio tipo 3, serán el área de producción, los departamentos de materias primas y formación de vidrio. Y en el área administrativa el departamento de ventas y finanzas.

5. OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación están constituidos de la siguiente forma:

5.1. General

Diseñar la metodología scrum en el proceso de lavado de vidrio reciclado utilizado como materia prima para disminuir el porcentaje de rechazo de producto terminado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.

5.2. Específicos

- Determinar los procesos que afectan el rechazo de producto terminado en la recepción, lavado y disponibilidad de vidrio reciclado como materia prima en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.
- Analizar los factores que influyen en la generación de rechazo de producto terminado en el proceso de lavado del vidrio reciclado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.
- Establecer la metodología de mejora continua adecuada a los procesos involucrados para la reducir de rechazo de producto terminado por contaminación en el proceso de lavado de vidrio reciclado.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La necesidad laboral por cubrir en el ámbito productivo consiste en reducir el rechazo del producto final originado por la contaminación proveniente de la materia prima con el fin de obtener una metodología de mejora en el proceso de recepción, lavado y disposición de vidrio reciclado aumentando la eficiencia del proceso productivo por ende aumente las ganancias para la empresa.

En el ámbito humano, la necesidad por cubrir y desarrollar la disciplina que genere una mejora en el trabajo, estableciendo las herramientas y condiciones adecuadas, adaptándolas tanto a las necesidades de la empresa como a las del bienestar físico y mental del trabajador.

El aumento de eficiencia de lavado y una mejor productividad de botellas de vidrio son las necesidades más relevantes que el diseño de investigación pretende cubrir en la empresa guatemalteca productora de botellas de vidrio tipo 3. Básicamente se estará trabajando en un contexto empresarial y el esquema de la solución que se propone ensayar para resolver el problema planteado basado en la figura 1.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

Cada uno de estos pasos validarán de manera práctica y original lo desarrollado en el presente trabajo de graduación, debido a que se implementarán distintas técnicas y herramientas aprendidas durante la Maestría de Gestión Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Con el objetivo de reducir el rechazo en el proceso de producción de producto terminado en la empresa guatemalteca que fabrica envases y botellas de vidrio tipo 3 mediante una reducción de contaminantes en el vidrio reciclado que se utiliza como materia prima.

7. MARCO TEÓRICO

La investigación utilizará el método científico para adquirir la base de conocimientos necesarios de las diversas fases de la industria del vidrio con énfasis en la fabricación de sus productos terminados que son los envases de vidrio tipo 3 para las industrias de cervezas, refrescos, licorería y para la contención de alimentos. La metodología propuesta para el proceso de lavado de vidrio reciclado para aplicar los conocimientos y principios básicos de la metodología Scrum y cuáles son las razones para considerar en el análisis de la condición actual del proceso del lavado y así establecer una serie de implementaciones y ajustes que ayuden a la empresa a cumplir sus objetivos en los indicadores de proceso para realizar el producto terminado.

7.1. Empresa

La industria del vidrio en Guatemala se inicia en la década de 1960, cuando un grupo de inversionistas empresarios centroamericanos y mexicanos decidieron favorecer este emprendimiento con el objetivo de fundar una empresa con la capacidad de cubrir las necesidades de generar envases de vidrio para las empresas alimenticias, principalmente en Guatemala y Centroamérica con miras a buscar nuevos mercados también en la región de caribe.

La empresa tiene una capacidad instalada que consistente en dos hornos de fundidores de vidrio, que pueden procesar un promedio diario de 415 toneladas, con un de 5 líneas de producción las cuales generar la variedad de productos solicitados por el cliente, cumpliendo las expectativas del cliente

basados en distintas certificaciones de calidad en el ambiro alimenticio (Grupo Vical, 2021).

7.1.1. Misión y visión

La gestión de la empresa derivada en toda su infraestructura, catálogo de producto y los servicios a brindar, consiste en el beneficio óptimo al consumidor, accionistas, proveedores y familias guatemaltecas para generar un soporte productivo de economía circular al medio ambiente. Cumpliendo con la misión y visión que se detalla a continuación:

La misión es cumplir con la satisfacción sobre las competencias y los estándares de los productos de envases de vidrio en el sector de mercadeo de las regiones de Centroamérica, produciendo las materias primas y realizando el comercio de los distintos productos con relación a las principales líneas de comercio, sin llegar a afectar o dañar el medio ambiente. La empresa es constante con la garantía de la estabilidad, el incremento de crecimiento y el desarrollo en la variedad de las empresas de la organización; también se respeta los niveles de beneficio señalados, por medio de un proceso de mejora continua.

La visión es llegar a obtener el liderazgo en el mercado de Centroamérica sobre la producción de envases de vidrio con relación a la línea de negocio, la comercialización de productos relacionados y complementarios. La empresa muestra un gran afán en el interés de obtener el prestigio de ser un proveedor de confianza, de alta competencia y calidad, que no perjudique el medio ambiente y basándose en un servicio efectivo, para brindar el mejor nivel de satisfacción al cliente final. (Grupo Vical, 2021, párrs. 4-5)

7.1.2. Tipo de organización

Es una empresa mercantil que se establece en el registro como una Sociedad Anónima, por el cantidad de inversionistas de distintas empresas, teniendo como objetivo de abastecer los pedidos y demanda de envases de vidrio tipo 3 de las regiones Centroamérica y también del Caribe.

7.1.3. Mercado

La empresa productora de vidrio genera una gran variedad de productos para todo tipo de clientes en la industria con demandas altas y para las personas que deseen obtener su producto con pequeños volúmenes o unidad de producción de envases, para los países centroamericanos y caribeños. Las diversidades de envases de vidrio son relacionadas con las industrias alimenticias y del hogar.

7.1.4. Producción

El vidrio que se produce en la empresa es de tipo III sódico-calizo, la formulación está compuesta por la materia prima de carbonato de calcio proveniente de la caliza procesada proveniente de minas nacionales.

El vidrio proviene de una mezcla de óxidos provenientes de distintas materias primas en cantidades cuantificadas, las cuales forman una batch o mezcla idónea para que al momento de fundirla se obtenga vidrio.

Para la obtención de vidrio para la producción de envases tipo 3, se debe de controlar las proporciones relacionados con la materia prima, siendo estos la pureza del material así mismo la estabilidad en sus propiedades químicas, de la

misma forma se controla la granulometría para que sea lo más cercano a las especificaciones de calidad.

La exactitud durante el cargado y el pesaje al momento de preparar el batch y homogeneidad en la mezcla para que los aportes de en la composición química al vidrio sean las adecuadas, en la tabla I se muestran los aportes, el origen y la función de la materia primas principal en la creación de vidrio.

Tabla I. **Aporte de óxidos de la materia prima al vidrio fundido**

Materia prima	Aporte de Oxido	Función
Arena sílice	SiO ₂	Materia prima principal
Feldespatos	Al ₂ O ₃	Dureza
Caliza	CaO	Maleabilidad
Dolomita	MgO	Propiedades mecánicas
Carbonato de sodio	Na ₂ O	Fundente
Sulfato de sodio	SO ₃	Afinante

Fuente: elaboración propia.

En punto de fusión de estas materia rondan por los a 1450 °C teniendo como resultado vidrio fundido a alta temperatura con características de viscosidad muy baja debido a la cantidad de energía que contiene. Este material fluye a través de canales especiales dirigidos a una maquinas especiales formadora y moldeadoras de botellas y envases de vidrio llamadas máquinas I.S (*individual section*), que son las encargadas de formar el envase dependiendo del molde del producto terminado que se estará produciendo. Luego que el producto el moldeado se procede a templar, que es la acción de enfriar controladamente la temperatura de la botella o envases hasta llegar a la temperatura ambiente, evitando roturas por choque térmico.

Estando el producto con una temperatura en equilibrio con la temperatura del exterior, se produce a analizar la calidad de esta por medio de máquinas especiales las cuales están programadas para detectar toda tipo de defecto que amenace la integridad de la calidad del envase. Para terminar de revisar siempre se analiza por una persona la cual termina la inspección del producto.

7.1.4.1. Eficiencia de proceso

La productividad depende de la eficiencia con la que se realiza la actividad y de la cantidad de tiempo invertido; es decir, entre menor tiempo se utilice en cumplir con el resultado planeado, mayor será la productividad del proceso ha utilizado para el efecto. La productividad relaciona lo que se ha de producir y todos recursos que han sido requeridos para conseguirlo, los cuales caben dentro de estos los recursos de mano de obra, herramientas, la energía, materiales y otros insumos.

El indicador que se utiliza comúnmente a nivel mundial en las empresas vidrieras para cuantificar la productividad de la planta productora se determina de la cantidad de toneladas diarias producidas de envases de vidrio que cumplan las especificaciones de calidad para su póstuma venta, dividido por la cantidad de materia prima trasformada a vidrio fundido. A este indicador se le llama *Pack to melt*, idealmente se requiere que el resultado de este indicador siempre de un 100 % pero existen varios factores y acontecimientos que son variables de proceso los cuales provocan la baja a este indicador (Grupo Vical. 2021).

7.1.5. Rechazo de producto terminado

Cuando la producción de envases de vidrio no cumple los requerimientos de calidad establecidos por las normas y certificaciones de la empresa, este

material se rechaza, y dependerá del tipo de rechazo que este envase se podrá reciclar nuevamente o se tendrá que desechar para que no afecte nuevamente la producción.

En la siguiente tabla se describen los distintos tipos de rechazo que afectan el indicador de la eficiencia de proceso en la producción.

Tabla II. **Tipos de rechazo en producción de envases de vidrio**

Tipo de rechazo	Descripción	Ejemplos
Físicas	Rechazo que se produce o se detectan mayormente en el área de producción	• Botella mal formada • Rotura de envase • Cambios de moldura • Contaminación física
Físico-químicas	Rechazo que ocurren por formulación química o variaciones de temperaturas en el formado	• Resistencia química • Temple • Choque termino
Químicas	Rechazo que involucra un cambio no controlado de composición química en el batch de materia prima de vidrio.	• Contaminación química • Color fuera de especificación • Densidad

Fuente: elaboración propia.

Los ejemplos de cada tipo se pueden llegar a especificar aún más y se subdividen en varias clases de rechazo, que, a lo largo de los años, se han llegado a estudiar a profundidad para poder determinar sus orígenes y como poder mitigarlos para evitar el rechazo de la producción y por ende aumentar la eficiencia.

7.1.6. Contaminación física en los envases de vidrio

Existen registros y estudios realizados a los tipos de contaminación que con el transcurso de los años se mantienen en constante actualización y sirven de base para la implementación de nuevas tecnologías que faciliten la mitigación y/o generación del tipo de contaminación de forma fácil y sencilla, ahorrando tiempo y recursos a las empresas.

Los autores Aldinger y Collins (2016) crearon una recopilación en donde proponen las posibles fuentes de donde provienen las contaminaciones para establecer un orden basado en su forma, aspecto, origen, y otros factores que se detallan en su libro. Estos grupos se dividen de la siguiente forma:

- Contaminantes de materia prima
- Contaminante de vidrio reciclado.
- Piedras refractarias
- Piedras inusuales
- Otros contaminantes

La figura 2 representa un ejemplo de contaminación relacionado al tema de investigación, estos envases de producto terminado están fuera de parámetros de calidad ya que contienen unos puntos negros que se encuentren dentro del cuerpo del envase. Estos puntos negros los equipos de calidad, previamente calibrados, se encargan de rechazarlos en la línea de producción para salvaguardar la inocuidad y los estándares de calidad.

Figura 2. **Producto terminado con contaminación de punto negro de vidrio**



Fuente: [Fotografía de Edgar Estuardo Barrientos Barrios]. (Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

7.1.7. Contaminante derivado del vidrio reciclado (*cullet*)

Se le denomina *cullet* o padecería al vidrio limpio proveniente del reciclaje que se utiliza como materia prima en la fabricación de envases de vidrio, pero solo adquiere esta denominación cuanto ya está libre de toda contaminación que pueda afectar la producción de producto terminado.

El vidrio reciclado se recolecta en su mayoría de basureros generales los cuales se contaminan de otros materiales ajenos a la botella o envase, estas contaminaciones se clasifican de la siguiente manera:

Tabla III. **Clasificación de contaminantes en envases de vidrio**

Tipo de Contaminación	Descripción	Ejemplos	Temperatura de fusión
Orgánico	Material con origen vegetal que contiene residuos celulares provenientes de un ser vivo.	• Papel • Plantas • Madera • Residuos de comida	Debajo de 200 °C
Inorgánico	Material inerte sin características metálicas	• Piedras • Plásticos	Entre 100 °C y 1500 °C
Metal magnético	Material inerte con propiedades metálicas y fuerzas magnética	• Taparroscas • Corcholatas • Tapitas • Alambres	Arriba de 1300 °C
Metal No Magnético	Material inerte con propiedades metálicas sin fuerzas magnética	• Papel aluminio • Anillos • Papel brillante • Envoltorio	Arriba de 1300 °C

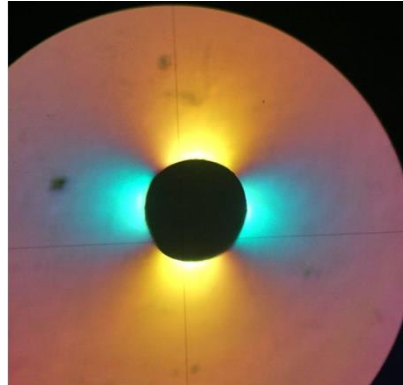
Fuente: elaboración propia.

Los contaminantes que se muestran en la tabla III son los que se tratan de limpiar en el proceso de lavado, las proporciones que se encuentran en el vidrio reciclado nunca son las mismas, tanto en cantidad como en tipo. Esta variación provoca incertidumbre al momento de ajustar parámetros de limpieza ya que la lavadora es muy anticuada y tiene pocos recursos para variar las especificaciones de limpieza.

Dentro del horno fundidor se manejan temperaturas entre los 1300 °C a 1500 °C, en este rango de temperatura se encuentra la temperatura de fusión del lote preparado de materias primas para convertirse en vidrio fundido. Si en el proceso de lavado no se pudo eliminar o mitigar la contaminación de forma efectiva, esta se va dentro del lote de materia prima preparado para hacer vidrio fundido. En la figura 3 se indica un rango aproximado de las temperaturas de los materiales, los cuales al entrar al horno pueden no fundirse por tener un punto de fusión más alto que la temperatura del horno y salir como contaminante en la producción de vidrio. Históricamente existen bases de datos obtenidos por estudios científicos para determinar la procedencia de los distintos contaminantes analizándolos tanto físico como químicamente. En el libro *Color Atlas of Stone in Glass* Aldinger y Collins, (2016) se establece una recopilación de estudios basados en la identificación de estos contaminantes en producto terminado por el método visual.

En la empresa se utiliza el método visual para obtener información y determinar la procedía del contaminante que provocó el rechazo de la producción. Por ejemplo, para visualizar el punto negro de vidrio, que es la problemática de esta investigación, estos autores muestran imágenes similares a la figura III, que es una muestra de contaminación vista desde el microscopio la cual se compara con la base de datos de los autores para determinar el tipo, la clase, la procedencia y el origen de la causa.

Figura 3. **Vista en microscopio, contaminación en vidrio (punto negro)**



Fuente: [Fotografía de Edgar Estuardo Barrientos Barrios]. (Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

7.1.8. Proceso de lavadora de vidrio reciclado

Dentro de la empresa productora de envases de vidrio, específicamente en el área de preparación de vidrio, se encuentra el proceso de lavado de vidrio, el cual de un espacio físico determinado con equipos especiales enfocados a la limpieza de todo el vidrio reciclado que se acumula en los patios de almacenamiento de la empresa. En la figura 4 se muestra la lavadora está ubicada estratégicamente junto a los patios de almacenamiento de vidrio reciclado para ahorrar transporte de material hacia la lavadora.

El proceso de lavado tiene como objetivo eliminar en su mayoría todos los componentes ajenos al vidrio, los cuales pueden salir como contaminantes en la producción final del producto (Grupo Vical, 2021).

Figura 4. **Lavadora de vidrio y patios de almacenamiento de vidrio reciclado**



Fuente: [Fotografía de Edgar Estuardo Barrientos Barrios]. (Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

El proceso de lavado tiene como finalidad cumplir las especificaciones de cullet, que es el vidrio reciclado ya limpio, los cuales están establecidos por el departamento de preparación de vidrio de la empresa. En la tabla IV se muestran estas especificaciones a la cual se pretende llegar siempre que se lava el vidrio y también es con la que se mide la eficiencia de proceso de lavado.

Tabla IV. **Especificaciones de cullet (vidrio lavado)**

Tipo de rechazo	Porcentaje de contaminación (%)
Orgánico	0.05 % max.
Inorgánico	0.05 % max.
Metal magnético	0.05 % max.
Metal No Magnético	0.05 % max.
Contaminación Total	0.20 % max.
Granulometría	20 mm max.

Fuente: Grupo Vical (2021). *Sistema de gestión integrado*.

7.1.8.1. Estandarización de proceso de lavado

El lavado es un proceso en línea estacionado por lotes que contiene varios subprocesos a los cuales se somete el vidrio reciclado para poder llegar a cumplir las especificaciones de calidad requeridas por la empresa:

- **Báscula**

El vidrio reciclado comúnmente se transporta hacia la empresa por medio de transporte terrestre, estos pueden ser desde los más pequeños como pickups de 1.5 toneladas hasta contenedores de 20 toneladas de capacidad. Estos ingresan por medio de una báscula de ejes, el cual tiene como función registrar el peso total de la unidad que entra, para que luego al salir de la descarga se tara para poder determinar el peso de vidrio reciclado que se recolectó. Este dato es ingresado directamente a un sistema de control de inventarios.

- **Recepción**

La recepción del vidrio reciclado queda a cargo de un supervisor quien tiene como función revisar las especificaciones primarias de recepción del material. Estas especificaciones están determinadas en el instructivo de la lavadora establecida por la empresa. Grupo Vical, (2021) indica que el vidrio tiene que estar separado por colores y por un porcentaje de contaminación leve que se puede llegar a medir si en todo caso se requiere. Las especificaciones se muestran en la tabla V en donde se describe cada factor a tomar en cuenta a la hora de recibir el vidrio reciclado.

Tabla V. **Especificaciones de recepción de vidrio reciclado**

Especificaciones	Descripción
Tipo de vidrio	El material tiene que ser envases de vidrio tipo 3 o 4 únicamente. No se aceptan vidrio planos, de boro-silicato o ventanas de carro.
Color	El vidrio reciclado tiene que estar separado por color de vidrio. • Cristalino • Esmeralda • Ámbar • Georgia
Contaminación Visual	El vidrio reciclado tiene que contener una contaminación mínima que se pueda apreciar de forma visual. Para determinar esto se debe de realizar una prueba con 1 kilo de material y el 85% tiene que ser vidrio

Fuente: Grupo Vical. (2021). *Sistema de gestión integrado*.

- **Almacenamiento**

El vidrio reciclado que cumplió las especificaciones de recepción en la primera fase de inspección se procede a descargar en los patios de almacenamiento en donde se ubican por colores de vidrio como se puede muestra en la figura 4. La capacidad de recepción de material en el área des de 10,000 toneladas métricas de vidrio en total, esto dependerá del método de apilamiento del material.

- Tolva de alimentación

Es aquí donde inicia el primer paso del proceso de lavado, El proceso se trabaja por lotes estacionarios ya que depende del material que se almacena en silos para poder ser descargado. Por medio de un cargador frontal se carga el material a una tolva estacionaria la cual tiene una capacidad de 35 toneladas.

- Bandas transportadoras

Se utilizan bandas transportadoras para mover el vidrio reciclado en los diferentes subprocesos de lavado y también para almacenarlos en los silos. Las bandas son de gaucho los cuales facilitan el transporte y son los más adecuados para el tamaño y tipo de material a utilizar. En la figura no. 5 se muestra la banda que pasa en el proceso de eliminación de materiales magnéticos.

- Bandas magnéticas

Las bandas magnéticas se utilizan para separar todo el contaminante magnético que pueda provenir en el vidrio reciclado. Este subproceso es la primera fase de descontaminación dentro del proceso de lavado. Esta banda está ubicada sobre una banda transportadora a una distancia controlada para que el imán pueda capturar todo los metales magnéticos posible, para que este no se sature de material utiliza una banda la cual está constantemente girando y descargando todo el material captado a un recipiente. En la figura 5 se muestra la banda magnética operando en el proceso de lavado.

Figura 5. **Banda magnética de lavadora**



Fuente: [Fotografía de Edgar Estuardo Barrientos Barrios]. (Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Trituradora primaria

La trituradora primaria es una quebradora de quijada o de mandíbula primaria como también se le conoce en la industria. La función principal de este equipo es disminuir el tamaño del material a una granulometría lo más homogénea posible. Los parámetros de abertura de quijada es la variable de este proceso los cuales esta establecidos y dependerán de las especificaciones finales de cullet mostradas en la tabla IV. La capacidad de quebrada de este material es de 15 toneladas por hora.

- Lavado con agua

Es el proceso principal en donde se descontaminar en su mayoría todo el material no deseado del vidrio reciclado. El lavado con agua cuenta con un

tanque de 500 litros de agua en el cual se vierte todo vidrio que proviene de la quebradora. El fin de este lavado, es lograr que todo el material inorgánico y orgánico flotante se separe del vidrio y se dirija al fondo del tanque, y que todo el lodo o tierra que contiene el vidrio sea limpiado por el agua. El agua se recircula en un sistema cerrado el cual se le dosifica floculante y coagulante en un tanque externo para separar los lodos del agua, y así ahorrar una gran cantidad de agua en el proceso.

- Descontaminación manual

Es la última fase del proceso de lavado en donde se implementa el factor humano. El personal está capacitado con las destrezas y habilidades para poder retirar la mayor cantidad de contaminantes posibles. Comúnmente se mantienen entre 3 a 4 personas descontaminando durante el lavado. La eficiencia de este proceso de descontaminación manual dependerá la cantidad de contaminante presentes que pasan por la banda a la velocidad establecida, por ende, se convierte en el punto más crítico del proceso ya que la velocidad de banda y la cantidad de contaminantes a eliminar son los factores por controlar para poder obtener cullet que cumpla las especificaciones requeridas en la tabla IV.

Figura 6. **Banda seleccionadora manual**

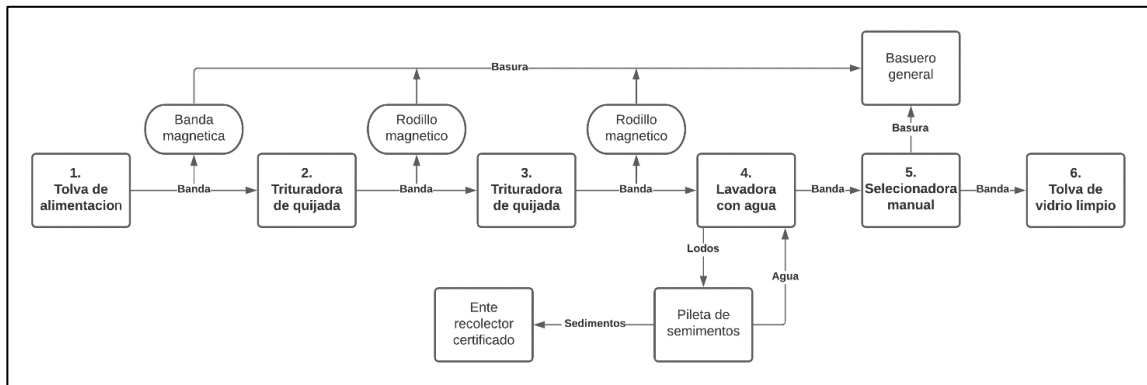


Fuente: [Fotografía de Edgar Estuardo Barrientos Barrios]. (Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

7.1.8.2. Diagrama de proceso de lavado de vidrio reciclado

En la figura 7 se muestra un diagrama de proceso de la lavadora en donde se puede ver más detallado el desarrollo de la limpieza de vidrio reciclado. Iniciando en la tolva de alimentación para que luego se reduzca el tamaño del vidrio por medio de trituradora, siguiendo por el lavado con agua para separar los contaminantes flotantes y que los sedimentos solubles con el agua para formar lodos, en el siguiente paso se procede a la descontaminación manual, y finalmente se almacene en la tolvas de *cullet* o vidrio limpio para la espera de descargar a los silos de almacenamiento (Grupo Vical, 2021).

Figura 7. Diagrama de proceso de lavado



Fuente: elaboración propia.

7.2. Sistema de mejora continua

Cuando se requiere satisfacer al cliente como una característica principal, los niveles de expectativas aumentarán sobre el producto o servicio, lo cual ocasiona que constantemente se deban realizar mejoras. La implementación de mejora continua en las organizaciones logra diversos beneficios por ejemplo la participación en el mercado, posición competitiva, reducción de defectos en el producto y más.

El autor Saraph (1989) indica que “Los factores críticos de la gestión de la calidad desde la perspectiva gerencial a nivel de toda la organización. Sin embargo, es un estudio en conjunto completo que abarca la literatura desde la opinión de especialistas en calidad” (p. 810). Por lo que es necesario realizar un estudio que facilite analizar los factores que influyen en la implementación de mejoras en la industria de diferentes sectores para ser comparados y de apoyo a futuros estudios que estén interesados en la elaboración de un modelo de mejora continua que puede ser soporte al crecimiento del sector industrial.

Podríamos destacar el concepto utilizado en el libro de *Calidad total y productividad* del autor Pulido (2010). Indica que:

Uno de los efectos de la mantener un orden administrativo y seguir mejorando los procesos, es la búsqueda de eventos que afecten la integridad de este, determinado nuevas alternativas y trabajos de mejora, por medio de un plan en donde se analiza y aprenda de los resultado cumplidos y así poder establecer los requerimientos tomando en cuenta las ventajas positivas para plasmar y controlar el control de desempeño nuevo. (p. 123)

De esta manera se requiere determinar la competencia para que la efectividad mecánica de un proceso sea determinada, para que los que conocen más del proceso aprendan aún más dando lugar a un aprendizaje continuo que llegara a ser parte de una cultura de mejora continua. El plan de la mejora continua tiene que ser un proceso circular en donde media vez se alcancen y cumplan los objetivos establecidos, se deben de analizar y buscar nuevos objetivos que ayudar a mejorar el proceso sin perder los logros ya alcanzados anteriormente.

7.2.1. Concepto de metodología

La metodología de la investigación es una disciplina del conocimiento encargada de desarrollar, definir y sistematizar el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos que se deben seguir a la hora de desarrollar un proceso de investigación para la producción de conocimiento.

Establece una guía sobre una investigación y cómo se recopilará, analizará y clasificará los datos, con el objetivo de que los resultados tengan validez y relevancia y se ajusten a los estándares de la ciencia requerida.

La metodología de la investigación es también la parte de un proyecto de investigación en el que se exponen y describen razonablemente los criterios adoptados en la elección de la metodología, ya sea cuantitativa o cualitativa.

7.2.1.1. Metodología tradicional

Las metodologías tradicionales se han utilizado toda la vida, las cuales buscan imponer un criterio rígido al proceso en desarrollo y así convertirlo en predecible y por ello eficiente. Estas metodologías se enfocan de forma predictiva, donde se sigue un proceso en una sola dirección y sin ser modificada o alterada

La estimación de los requisitos se realiza de forma única al inicio del proyecto, es por eso, que la estimación tendrá importancia porque de ella dependen todos los recursos que se emplearan en el proyecto. El proyecto debe iniciar siempre con especificación de requisitos, análisis y diseño.

La metodología tradicional comúnmente se utiliza cuando se tiene mucha experiencia con producto o proceso en particular y se puede llegar a estimarlo perfectamente, por lo que lo hace la opción ideal para proyectos donde los requisitos nunca van a cambiar y las condiciones conocidas y estables.

7.2.1.2. Metodología cascada

Esta metodología de cascada es un proceso de forma lineal que tiene la característica de partir los procesos de desarrollo subfases, muy distinto a los procesos iterativos o tradicionales. Las fases se desarrollan una sola vez y los resultados de cada una de las fases proporcionan los lineamientos de partida para la siguiente fase.

El modelo precede del teórico de la informática Royce (2001) en el trabajo de investigación, donde critica a los procedimientos lineales, por lo que Royce desarrolla un modelo iterativo creciente en el que cada una de las fases reincide en la anterior y los toma en cuenta en los resultados de la que se está llevando a cabo.

7.2.2. Metodologías ágiles

Este tipo de metodología nace como una variante a la tradicional. Mucho tiempo antes la mejora de los productos tomaba mucho tiempo en realizarse y se creaba un ambiente en donde no existían muchas variaciones. En los tiempos modernos el ambiente en el que los procesos se ejecutan cambia en menor tiempo y no son demasiados estables, por lo que las metodologías convencionales que les es difícil adaptarse. Todos estos problemas producen que las metodologías antiguas no tengan la capacidad de erradicar los defectos y que no exista una relevación de creación para nuevos procesos de optimización, en las que se necesitan cambios tanto en el desarrollo como acortar el periodo del tiempo de ejecución, por lo que la metodología ágil se adapta como una alternativa a todos estos problemas mencionados.

La metodología ágil consta de iteraciones, buena comunicación de datos y minimizar los componentes intermedios. Las iteraciones son porciones de tiempos establecidas por el proceso que sirven para implementar un equipo con capacidades varias y que se organiza de manera autónoma, donde basados en su experiencia y conocimiento en el proceso a aplicar la metodología pueden decidir la forma y manera de programar la iteración establecida. La comunicación establece una buena relación entre el equipo de trabajo y este a su vez con el cliente.

La persona encargada de representar los requerimientos del cliente funciona como un soporte para el equipo desarrollador ya que será la persona que determinará las necesidades del cliente y que conjunto al personal involucrado en el proceso se verifique que se cumplan los objetivos establecidos y aportando una comunicación efectiva se pueda tomar decisiones rápidas y poderlas aplicar a tiempo.

La característica realmente nueva que aportan estas metodologías es reconocer a las personas como el principal valor para que un proyecto consiga terminarse de forma correcta.

Las metodologías ágiles a diferencia de las metodologías tradicionales o clásicas son más adecuadas cuando el entorno presenta una cierta incertidumbre o es cambiante.

7.2.2.1. Manifiesto ágil

En el año 2001 se realizó una reunión de profesionales en desarrollo de software. El objetivo de la reunión fue desarrollar y modificar los procesos

convencionales de los procesos rígidos a su normativo y dependencia de la planificación previa al desarrollo.

Para tomar en cuenta todas las metodologías que estaban propuesto como alternativa a la metodología convencional y formal, se decidieron por el nombre métodos ágiles. Se llevó a cabo una idea donde el líder de la reunión Beck (2001) resumió que “Los métodos ágiles no son una metodología, son una mentalidad y un comportamiento guiados por unos valores y unos principios comunes, recogidos en el *Agile Manifesto*” (p. 132). Y que fue el resultado de la reunión que creo una nueva cultura a partir de una metodología.

El manifiesto ágil proviene de 12 principios los cuales les dan fundamento a cuatro valores principales de esta metodología.

- Priorizar las personas e interacciones del equipo sobre el proceso y las herramientas utilizadas.
- Desarrollar un proceso que funcione adecuadamente, en lugar de realizar una documentación innecesaria.
- El servicio al cliente sobre toda negociación de un contrato.
- El atender a las variaciones o cambios, sobre seguir estrictamente el plan.

7.3. Metodología *scrum*

Es una metodología de procesamiento ágil que se utiliza para el perfeccionamiento de procesos, como lo indica Herranz (2016), “el *scrum* reúne un conjunto de buenas prácticas para el desarrollo de proyectos ágiles ya que esta permite trabajar en equipo y obtener excelentes resultados” (p. 125). Siendo esta una herramienta importante en el cumplimiento de proyectos o procesos

para el cual se implementa una serie de pasos los cuales generarán cumplimientos parciales para poder alcanzar el objetivo general del proyecto.

Esta metodología *scrum* es que “no se basa en una entrega final, en vez de esto la metodología permite realizar entregas parciales y regulares del producto final” según (Schwaber, 2001, p. 54). Lo que indica que este tipo de forma organizada, de desarrollo de trabajo fue creado para procesos que requieran despachos rápido, manteniendo la calidad en donde las exigencia del proceso sean demasiado variantes o aun no estén muy claros en su definición, lo cual cumple con las especificaciones de la problemática de la aplicación de la metodología ágil.

7.3.1. Definición

La metodología se basa en el cumplimiento de objetivos de forma ágil como lo indica Denning (2018):

Bajo una ideología de proceso agiles, el trabajo se debe enfocar en cumplir con las expectativas de los clientes, brindando una mayor agilidad a toda la organización, permitiendo una mutación en las formas, las composiciones de los equipos, el autoreclutamiento y la autonomía para definir los negocios, los mercados y los nichos donde se quiere competir, buscándoles un liderazgo con productos ganadores que satisfagan las necesidades de los clientes. (p. 34)

La estructura del grupo de trabajo varia aproximadamente por 9 integrantes los cuales desarrollarán tareas especiales, como lo indica Sutherland (2016). “En el método Scrum, los equipos son conformados por alrededor de varios integrantes que no tienen una jerarquía marcada; a cada integrante del

equipo se le asigna el mismo grado de responsabilidad y cada uno de ellos confía en el otro” (p. 54).

7.3.2. Componentes del *scrum*

Se nombrará de forma global las fases y los roles, donde se detallarán de forma más concisa. La metodología de trabajo Scrum se puede definir en fases que se pueden entender como meetings o reuniones, las cuales pertenecen a los artefactos de la aplicación de la metodología junto con los roles y elementos al que están conformados.

7.3.2.1. Roles

- El cliente o representante

Debe tener derecho a tomar decisiones y comprender el producto, el plan de inversión y el rendimiento esperado de la inversión antes mencionada. Él decide cómo será el producto final y el orden de desarrollo, es decir, es el responsable de determinar la prioridad del cliente y reflejar estas prioridades determinando la prioridad de la función del producto final. Es absolutamente necesario que el propietario del producto participe en el proceso y participe en la reunión de planificación, porque es la única persona que puede agregar o eliminar historias de la lista de tareas pendientes del producto; sin embargo, no puede interferir el tiempo que toma planificar el desarrollo de la mejora.

- El equipo de trabajo de desarrollo

Es un equipo multifuncional, aunque puede haber expertos en un tema específico; en lugar de diseñadores, programadores y probadores designados,

sino no que todo el equipo es responsable de todo el proyecto y colabora entre sí para asignar las tareas necesarias. El número de personas o miembros del equipo no deben ser demasiadas (3-9 personas), ya que esto facilita la autogestión. Cada miembro es responsable de evaluar el tiempo necesario para desarrollar historias que el propietario del producto ha priorizado. Deben ser personas que colaboren entre sí para que puedan trabajar de forma cohesionada y auto-organizada. Siempre se recomienda que el equipo de desarrollo esté unido, al menos lo suficientemente cerca para poder compartir ideas y resolver problemas sin tener que perder tiempo movilizándose. Además, pueden organizar juntas sin ser interrumpidos o interrumpir a alguien más.

El equipo de trabajo que desarrolla el proyecto es el encargado de la entrega del producto, Laínez (2014) afirma que:

El equipo se conforma por varias personas que tienen en conocimiento y capacidades dirigidas al proceso en su totalidad, analizando, diseñado y desarrollando mejoras. Una característica muy impórtate de estos grupos de trabajo es que no sobrepasan nueve personas. Este límite se establece dado a la experiencia en donde se indica que, con más de 9 personas, la comunicación es muy ineficiente y se dificulta el manejo de la metodología provocando muchos fallos y eventos no deseados durante la ejecución del proyecto, terminando así con la agilidad de este. (p. 23)

- El *scrum master*

Es responsable de seguir las reglas y brindar asesoramiento al equipo de desarrollo y a los propietarios de productos. Es el líder del equipo, responsable de dirigir la planificación diaria y las reuniones de *scrum*; revisar y validar lotes de productos y *sprints*; debe tratar de resolver los defectos o inconvenientes que

puedan obstaculizar el progreso del proyecto, y deben de contar con los conocimientos avanzados del proceso Scrum para poder orientar al grupo de trabajo y buscar las mejores técnicas y prácticas para cumplir con los objetivos.

Respecto a Laines (2012) afirma que “el *scrum master* es la persona líder del equipo que ayuda a gestionar de manera ágil y a romper barreras u obstáculos que entorpezcan el trabajo del equipo, en pocas palabras el SM es el facilitador de proyectos” (p. 34).

7.3.2.2. Artefactos

El autor Sutherland (2016) exponen que “Los artefactos son el resultado de la implementación del marco de trabajo scrum o en pocas palabras se puede definir como la representación de trabajo o valor en diversas formas” (p. 65).

- La pila del producto o *product backlog*

Es una lista que se encuentra ordenada que muestra todas las características, funciones y requisitos que el cliente necesita en el producto; debe incluirse todo lo relacionado con el trabajo del equipo de desarrollo. Es muy necesario que sea simple y fácil de entender, cada elemento debe expresarse en una oración en lenguaje sencillo y mencionar las funciones que se pueden brindar.

Cada componente de la pila se denomina historial de usuario. El propietario del producto es el responsable de definir las más adecuadas historias y priorizarlas en función de la importancia que cada persona aporta al producto final. El equipo de trabajo desarrollará y será el responsable de estimar el tiempo de desarrollo de cada equipo. Aunque la pila de productos no tiene estándares

definidos en su formato, si tiene que cumplir con estos elementos esenciales; como la descripción de la funcionalidad que se indica en la historia por utilizar, el nivel de urgencia establecida por el cliente y la proyección de tiempo establecida por el equipo de trabajo y desarrollo.

7.3.2.3. Eventos

Los eventos por identificar dentro del marco de trabajo de la metodología Scrum son 6 según Bara (2019) afirma que “el marco de trabajo Scrum está compuesto por seis eventos” (pág. 55).

- *Sprint*

El sprint es una iteración base muy importante dentro de esta metodología, ya que determina el tiempo en el cual se va a ejecutar las tareas asignadas por el equipo de trabajo teniendo como objetivo una pequeña parte del producto o incrementa la capacidad de este. Se recomienda que el sprint no sea más largo que un mes y que por lo menos dure una semana.

- Planeación del sprint (*Sprint Planning*)

El equipo de trabajo y el dueño del proceso se juntan para establecer las asignaciones de trabajo a realizar la planeación del sprint, planteando y definiendo la cantidad de tiempo a ser ejecutada. El tiempo que durará el sprint definirá el tiempo de las planeaciones, si el Sprint dura un mes o más, se recomienda que la planeación se tendrá que llevar a cabo en 8 horas.

- Objetivo del sprint (*Sprint goal*)

Son los objetivos por cumplir para que el sprint lo desarrolle y que pueda ser cumplida por medio de la integración de la lista de producto. La meta permite que el equipo tenga una guía y estén con el conocimiento de la construcción de la integración en desarrollo.

- Scrum diario (*Daily scrum*)

Es una reunión que se realiza diariamente en el cual el equipo se comunica las actividades presentes, las actividades que van a realizar y los problemas que se tienen, con el objetivo de que se genere un mejor apoyo entre el personal del equipo. La duración máxima de esta reunión no debe de durar más de 15 minutos.

- Revision de la iteration (*Sprint review*)

Que este evento se lleva a cabo al finalizar la iteración o sprint, donde el objetivo principal es la evaluación en el crecimiento de la aplicación de la metodología en el proyecto o proceso. En esta parte se modifican o adaptan los requerimientos del producto final si se necesita. El equipo completo informa todo lo realizado a lo largo del el sprint. Esta revisión se estima que dura aproximadamente 4 horas.

- Retrospectiva de *sprint* (*Sprint retrospective*)

El objetivo de esta retrospectiva es dar a conocer las mejoras propuestas entre el equipo basados en la experiencia de la carrera terminada, para crear un plan de acción de mejoras para que se puedan implementar en el próximo sprint.

La retrospectiva ocurre después de obtener la información de la revisión del sprint.

7.3.2.4. Desarrollo

Es el inicio de las fases de la metodología, también se le es conocida como el sprint o iteración 0. Donde se pretende captar las necesidades del proceso con el fin de tomar las acciones que incrementan el valor al producto.

Esta fase por ser la primera se generarán una gran cantidad de errores de cálculo con las estimación, pero en normal, ya que se realizan a muy gran escala por lo que se recomienda no encerrarse en encontrar las estimaciones más exactas, lo mejor es aprovechar este tiempo en el desarrollo del sprint de manera que la lista de requerimientos se cumpla con las mejoras del sprint 0 en el desarrollo del siguiente sprint.

Las entregas determinaran si es factible el sprint ya que se establecerán las funciones, capacidad de cumplir con los objetivos y los costos que se requerirán. Estando de la mano con condiciones establecidos por el equipo de trabajo los cuales serán los siguientes: Tiempo de entrega, estimación inicial y selección de los requerimientos del producto.

7.3.3. Estimaciones

En la reunión de planificación, es muy importante que el equipo conozca la velocidad con la que se va a iniciar y cual en el factor de dedicación al trabajo. Para poder estimar se debe de tener información de eventos pasado o historias las cuales se pueden obtener de los requerimientos del sprint pasados. Estas

estimaciones se pueden realizar de 2 formas: la forma aproximada y la otra es realizando un cálculo de velocidad.

7.3.4. Planificación de la corrida

Esta planificación es una reunión de todo el equipo involucrado el proyecto, y está comprendida de 2 partes:

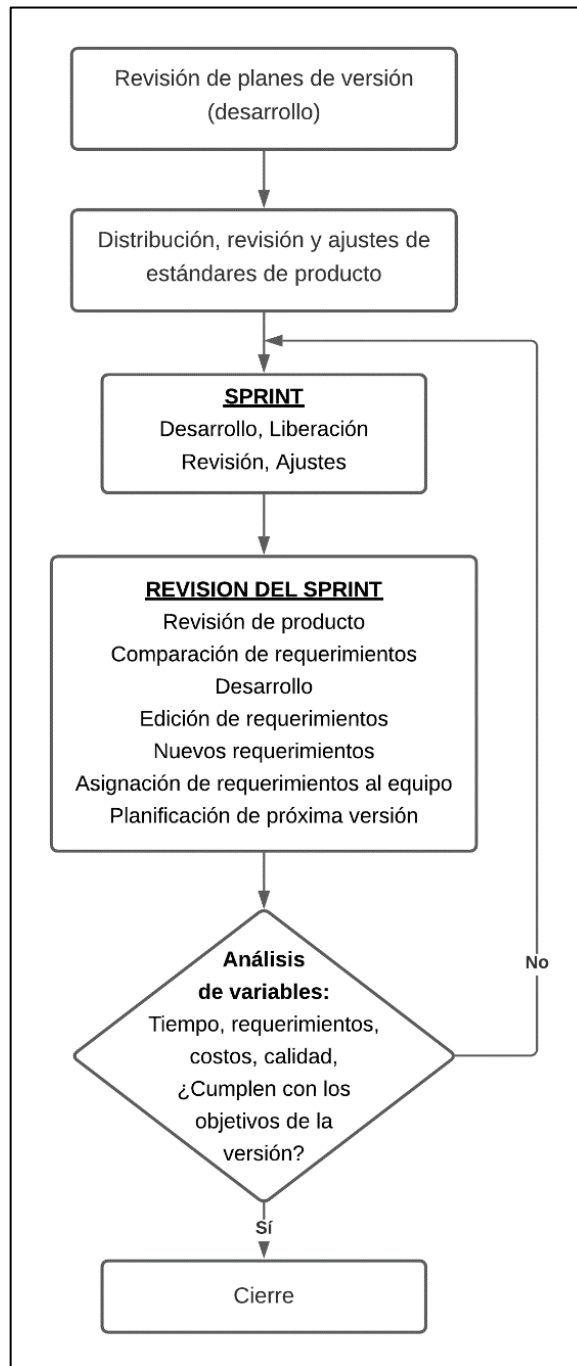
En la primera parte, el equipo de trabajo se pondrá de acuerdo para determinar la cantidad de muestra que se estima que se entregará al final del sprint. También se requerirá si es necesario del apoyo del dueño del proceso y por último se determinará los elementos por implementar.

En la segunda parte el equipo de trabajo resolverá todas las dudas que se tenga sobre los requerimientos del cliente, tomando en cuenta el objetivo de encontrar la solución adecuada para que el producto se entregue según lo requerido.

7.3.5. Diagrama de fases de *scrum*

La figura 8 muestra un diagrama resumiendo el procedimiento a llevar a cabo para la implementación de la metodología *scrum* a distintos proyectos y procesos, tomando en cuenta los factores que caracteriza la metodología ágil.

Figura 8. **Diagrama de fases de scrum**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Empresa

1.1.1. Misión y visión

1.1.2. Tipo de organización

1.1.3. Mercado

1.1.4. Producción

1.1.4.1. Eficiencia de proceso

1.1.5. Rechazo de producto terminado

1.1.6. Contaminación física en los envases de vidrio

1.1.7. Contaminante derivado del vidrio reciclado (cullet)

1.1.8. Proceso de lavadora de vidrio reciclado

1.1.8.1. Estandarización del proceso de lavado

1.1.8.2. Diagrama de proceso de lavado de vidrio
reciclado

1.2. Sistema de mejora continua

- 1.2.1. Concepto de metodología
 - 1.2.1.1. Metodología tradicional
 - 1.2.1.2. Metodología cascada
- 1.2.2. Metodologías ágiles
 - 1.2.2.1. Manifiesto ágil
- 1.3. Metodología scrum
 - 1.3.1. Definición
 - 1.3.2. Componentes de metodología scrum
 - 1.3.2.1. Roles
 - 1.3.2.2. Artefactos
 - 1.3.2.3. Eventos
 - 1.3.2.4. Desarrollo
 - 1.3.3. Estimaciones
 - 1.3.4. Planificación de la corrida
 - 1.3.5. Diagrama de fases de scrum

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La investigación en este documento utiliza un enfoque mixto, tiene un alcance descriptivo y diseño no experimental, con una ocurrencia prospectiva y retrospectiva. La recolección de los datos es de tipo transversal.

9.1. Características del estudio

A continuación, en los siguientes incisos se describen las características del estudio.

9.1.1. Enfoque

El enfoque es mixto, ya que se analizarán los componentes tanto del análisis cuantitativo como cualitativo. En la parte cualitativa se analizará la cantidad de vidrio reciclado que pasa por el proceso de lavado obteniendo datos históricos durante el periodo de análisis. En la parte cualitativa se identificará la calidad del vidrio reciclado que entra y sale en el proceso de la lavadora.

9.1.2. Diseño

El diseño de trabajo bajo un diseño no experimental dado que ya se conoce la metodología a implementar, pero no se encuentra desarrollando nuevas técnicas sino implementando métodos ya conocidos. Además, será transversal pues se estudiará las variables de eficiencia y del proceso y su comportamiento en tiempos determinados durante los primeros seis meses del 2022.

9.1.3. Alcance

Investigación con alcance descriptivo debido a que se mostrará la situación actual del proceso de lavado de vidrio reciclado tanto cualitativa como cuantitativa, con base en el historial y pruebas en planta.

9.2. Unidades de análisis

La población en estudio será la cantidad de vidrio reciclado que requiere la planta para abastecer su producción durante el tiempo de estudio de la investigación que son 2500 toneladas, que se extraerán muestras de forma tipo de muestreo, que serán estudiadas en su totalidad utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p (1 - p)}{(N - 1)e^2 + Z^2 \times p (1 - p)}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza

e = margen de error máximo

p = probabilidad de éxito

$$n = \frac{2500 \times 1.95^2 \times 0.5 (1 - 0.5)}{(2500 - 1)0.05^2 + 1.95^2 \times 0.5 (1 - 0.5)}$$

$$n = 460.17 \text{ toneladas de vidrio lavado}$$

El valor indica que se tomara una muestra de 460 toneladas de vidrio limpio como muestra, los cuales serán analizados después de aplicar la metodología para tener como referencia en cumplimientos de los objetivos de la implementación de la metodología de mejora.

9.2.1. Variables cuantitativas

Las siguientes ecuaciones son las que se tomaran en cuenta para desarrollar la investigación los cuales se toman en cuenta para calcular las eficiencias y principales indicadores de cada proceso durante la aplicación de la metodología. El porcentaje de contaminación que proviene del vidrio reciclado es muy variado, se manejan cantidades desconocida del total de las toneladas que se reciben al día, por lo cual se tiene que realizar un muestreo en pequeñas porciones representativas para estimar la contaminación total del vidrio reciclado que entra a la empresa.

- Fórmula de porcentaje de contaminación parcial

Para la determinación de la cantidad de contaminación se logró retirar en cualquier subproceso de lavado se utilizará la siguiente ecuación:

$$\%Ct = \%Ci - \%Cf$$

Donde:

$\%Ct$ = *porcentaje de contaminacion total*

$\%Ci$ = *porcentaje de contaminacion inicial*

$\%Cf$ = *porcentaje de contaminacion final*

La variabilidad de las muestras tomadas se organizará a manera de cantidad de contaminación general para poder ser recibida dentro de la empresa como se muestra en la tabla VI.

Tabla VI. **Porcentajes permisibles de contaminación de muestras parciales**

Criterio de rechazo	Porcentaje de contaminación (%)
Contaminación aceptada	< 0.20% max.
Segunda de revisión de muestra	0.20% a 0.30%
Rechazo de la muestra medida.	>0.30% max

Fuente: elaboración propia.

- Fórmula de porcentaje de tipos de contaminación en muestra:

La siguiente fórmula determina más a detalle la cantidad de contaminación que se puede encontrar en una muestra de vidrio reciclado derivados por las distintas categorías o tipos de contaminación encontradas en la muestra a analizar.

$$\%Ct = \%Co + \%Ci + \%Cm + \%Cnm$$

Donde:

$\%Ct$ = *porcentaje de contaminacion total*

$\%Co$ = *porcentaje de contaminacion tipo organico*

$\%Ci$ = *porcentaje de contaminacion tipo inorganico*

$\%Cm$ = *porcentaje de contaminacion tipo magnetico*

$\%Cnm$ = *porcentaje de contaminacion tipo no magnetico*

Las cantidades permisibles o requeridas para que el vidrio cumpla con las especificaciones se encuentran en la tabla IV, donde se establece los distintos tipos y sus porcentajes de aceptación los cuales se desean mantener o mejorar con la esta propuesta de investigación.

- Fórmula de indicador de eficiencia de proceso

La medición de la eficiencia más importante de la empresa en el *pack to melt*, el cual es un indicador que determina la producción empacada contra la cantidad de materia prima que se utilizó para generar la producción. Idealmente se tiene que cumplir en un 100 % con el resultado de esta fórmula.

$$PTM = \frac{Vf}{Ve}$$

Donde:

$PTM = Pack\ to\ melt$ (eficiencia de proceso)

$Vf = Toneladas\ de\ vidrio\ fundido$

$Ve = Toneladas\ de\ vidrio\ empacado\ como\ producto\ terminado.$

Por todas la variables de procesos y distintos eventos que pueden ocurrir, el indicador baja, dando así un dato más real de como maneja la empresa sus recursos y es como se mide mundialmente con otras empresas del mismo mercado.

9.2.2. Técnicas de recolección

Las siguientes técnicas son las que se utilizarían en el desarrollo de la implementación, las cuales generará la información necesaria en cada proceso y

subproceso de la operación para poder realizar la implementación del estudio a realizar.

- Observación

El método de observación es un método de recolección de datos que consiste básicamente en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular. Todo esto se hace sin necesidad de intervenir o alterar el ambiente en el que se desenvuelve el objeto. De lo contrario, los datos que se obtengan no van a ser válidos.

La observación directa cuando lo que se quiere es evaluar el comportamiento por un periodo de tiempo continuo. Cuando se hace la observación directa se puede proceder de dos formas, de manera en cubierta, cuando el objeto no sabe que se está observando o de manera manifiesta cuando el proceso es consciente de que está siendo observado.

- Toma de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo de las fases que componen el proceso de producción. Es necesario ejecutar este registro de una forma determinada y mediante unas técnicas concretas. El ejercicio consiste en determinar el tiempo, por medio de una herramienta adecuada (cronometro, reloj) en el cual ocurre el evento a estudiar y se anotan en hojas de tiempo para guardar la información recolectada

Una vez cronometrados todos los tiempos y recogidas en las hojas de tiempo, pasaremos a calcular tiempo, más concretamente el tiempo estándar para cada uno de los procesos. El tiempo estándar se refiere a la cantidad de

tiempo que tarda en la producción eliminando la variabilidad, en condiciones normales y estándar, es decir, sin imprevistos. Calculado el tiempo estándar, se obtendrá un ritmo de trabajo, que podrá ser utilizado para establecer un tiempo mínimo exigible al trabajador, así como un tiempo óptimo para implantar un sistema de incentivos.

- Encuesta

La encuesta es una técnica de recopilación de información donde el investigador interroga a los investigados, que para fines de la investigación serían los operarios de la lavadora para obtener las respuestas y datos requeridos por las preguntas realizadas. Se trata de conseguir información, de manera sistemática y ordenada de una población o muestra, sobre las variables consideradas en una investigación. La encuesta permite obtener información de un grupo socialmente significativo de personas relacionadas con el problema de estudio; que posteriormente mediante un análisis cuantitativo o cualitativo, generar las conclusiones que correspondan a los datos recogidos. En la encuesta el nivel de interacción del encuestador con la persona que posee la información es mínimo, pues dicha información es obtenida por preguntas realizadas con instrumentos como el cuestionario.

Las ventajas de la encuesta es que aplica a todos los encuestados las mismas preguntas, en el mismo orden y en un contexto social semejante, también existe menos desviación de las respuestas de los encuestados, ya que generalmente éstos son anónimos ofreciendo mayor libertad para responder.

9.3. Variables e indicadores

A continuación, se da una descripción de las variables e indicadores que se utilizarán durante el desarrollo del estudio de investigación:

Tabla VII. Matriz de variables

Objetivo		Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica de recolección
Determinar los procesos que afectan el rechazo de producto terminado en la recepción, lavado y disponibilidad de vidrio reciclado como materia prima en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.	1	Eficiencia de procesos para la reducción de contaminación general de vidrio reciclado.	Cuantitativa	Fórmula de porcentaje de contaminación parcial	• Observación • Digitalización de datos • Toma de tiempos • Encuestas
	2	Cantidad de contaminación inicial			
Analizar los factores que influyen en la generación de rechazo de producto terminado en el proceso de lavado del vidrio reciclado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.	1	Cantidad de rechazo de producto terminado.	Cuantitativa	Fórmula de porcentaje de tipos de contaminación en muestra	• Observación • Digitalización de datos • Toma de tiempos • Encuestas
	2	Cantidad de contaminación por componentes orgánicos, inorgánicos, metales magnéticos y no magnéticos.			
Establecer la metodología de mejora continua adecuada a los procesos involucrados para la reducir de rechazo de producto terminado por contaminación en el proceso de lavado de vidrio reciclado.	1	Procedimientos de la metodología	Cuantitativa	Fórmula de indicador de eficiencia de proceso	• Digitalización de datos

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Matriz de definiciones de variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN TEÓRICA	DEFINICIÓN OPERATIVA
Eficiencia de procesos para la reducción de contaminación general de vidrio reciclado.	La eficiencia de procesos hace referencia a qué tan bien se aprovechan los recursos para llevar a cabo el proceso utilizando adecuadamente los recursos (tiempo, dinero, materiales, espacio, etc.)	Medirá el nivel de contaminación de la muestra a estudiar de vidrio reciclado sucio, midiendo la cantidad de material contaminantes al inicio respecto a la medición después del proceso específico de descontaminación
Cantidad de contaminación inicial	La cantidad de materiales ajenos del producto o materia prima a utilizar la cual puede generar efectos no deseados o alterara el proceso	Determinar la cantidad de contaminantes de la muestra de vidrio reciclado, a la que se va a someter el proceso de lavado para poder calcular la eficiencia de descontaminación.
Cantidad de rechazo de producto terminado.	Se refiere a la toda aquella producción que no califica para ser procesada como producto terminado o final.	Volumen de envases o contenedores de vidrio que, durante los procesos de fabricación, ya contienen o se contamina durante el transcurso de algún contaminante se rechaza por no cumplir los estándares de calidad.
Cantidad de contaminación por componentes orgánicos, inorgánicos, metales magnéticos y no magnéticos	Cantidad de material contaminante clasificado por sus distintas características físicoquímicas obtenidas del producto a descontaminar.	La cantidad de contaminantes separados del vidrio reciclado clasificados por sus características físico químicas como orgánicos, inorgánicos, metales magnéticos y no magnéticos.
Procedimientos de la metodología	Evaluación de procedimientos a establecerse en el proceso que ayudaran a cumplir los objetivos principales de la metodología	Procedimientos por establecer basados en el análisis establecido en la metodología scrum para la mejora de eficiencia de proceso de lavador dando como resultado final la reducción de rechazo de producto terminado.

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del estudio

El estudio se realizará por medio de fases, recolectando la información necesaria para su posterior análisis los cuales se llevarán a cabo en el área de lavado de vidrio reciclado implementando una metodología de mejora. Los resultados obtenidos se interpretarán de forma que puedan cumplir con los objetivos propuestos en la investigación

- Fase 1: revisión de literatura
- Fase 2: gestión o recolección de la información
- Fase 3: análisis de información
- Fase 4: interpretación de información

En la primera fase se realizará una propuesta del estudio que define como prioridad la implementación de una metodología de mejora continua de procesos ágiles, iniciando con las consultas de todos los aspectos teóricos que se pueden obtener de las referencias bibliográficas sobre la metodología scrum, la información teórica obtenida servirá para tener los principios de la metodología y como aplicarlas a los procesos.

Luego en la segunda fase se tendrá en cuenta la información recolectada de la primera etapa para proceder a realizar una propuesta de análisis del comportamiento histórico y determinar el estado real de la producción de vidrio reciclado limpio, donde se tomarán en cuenta los datos del procesos, identificando las oportunidades de mejora que la línea presente, utilizando el método Scrum específicamente la sección de definición y medición, determinando así los factores que afectan la limpieza de contaminación en el lavado derivado del análisis de cada etapa en el proceso. Se utilizarán las

técnicas de recolección de observación, digitalización de datos, tomas de tiempo y las encuestas.

En la tercera fase se planteará el análisis de los datos del proceso de lavado, utilizando las técnicas de recolección de datos de observación digitalización de datos y tomas de tiempos para lo cual se llevarán a cabo los siguientes pasos:

- Análisis del proceso actual

El estudio del proceso de lavado de vidrio reciclado desde la etapa recepción del vidrio proveniente del exterior hasta el análisis del rechazo de producto terminado, teniendo como objetivo basado en la implementación de la metodología en el proceso de lavado.

- Muestreo

Para el muestreo se tomarán los resultados del material en los diferentes subprocesos analizados por medio de la metodología Scrum, tomadas del vidrio reciclado antes, durante y posterior al lavado. Se tomará una muestra de cada uno de los procesos involucrados la cual se le realizará el análisis estadístico descriptivo para determinar el comportamiento de los factores que generen el rechazo de producto terminado.

La cuarta fase se realizará la interpretación de información de la propuesta de la implementación de la metodología scrum adaptado en los resultados obtenidos del estudio en el área de lavado de vidrio reciclado, utilizando las técnicas de recolección de digitalización de datos y analizando los factores que afectan al rechazo de la producción de producto terminado y como evitarlos

mediante a una mejora continua, para que los resultados de la eficiencia de proceso de la empresa no se vean afectados por el vidrio reciclado contaminado.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

A continuación, se explicarán las técnicas de análisis de información que se aplicarán a los datos a obtenerse como resultado de la investigación.

10.1. Análisis de información

Cada fase metodológica tiene sus propias herramientas que serán aplicadas al procesamiento, analizando los datos que serán recopilados a lo largo del estudio determinado el cronograma de la figura 9, y que contribuirán de manera directa a la generación del plan de la aplicación de la metodología de mejora. Iniciando por la fase 1 en donde se seleccionará la información teórica específica a la implementación de la metodología, el cual será la base para la propuesta en la aplicación en un proceso de lavado de vidrio reciclado.

En la fase 2, se procederá a realizar el levantamiento de diagramas de operaciones de aquellas actividades que se evidencien como las principales y claves para el desarrollo del proceso de lavado. Para el efecto se usarán formatos diseñados para que la información sea procesada sin mayores dificultades. Para desarrollar esta actividad serán realizadas visitas al área de trabajo para las observaciones frecuentes que faciliten la obtención de datos. Con los respectivos diagramas de operaciones, se procederá a levantar datos de tiempos de ejecución y con ello desarrollar diagramas de flujo.

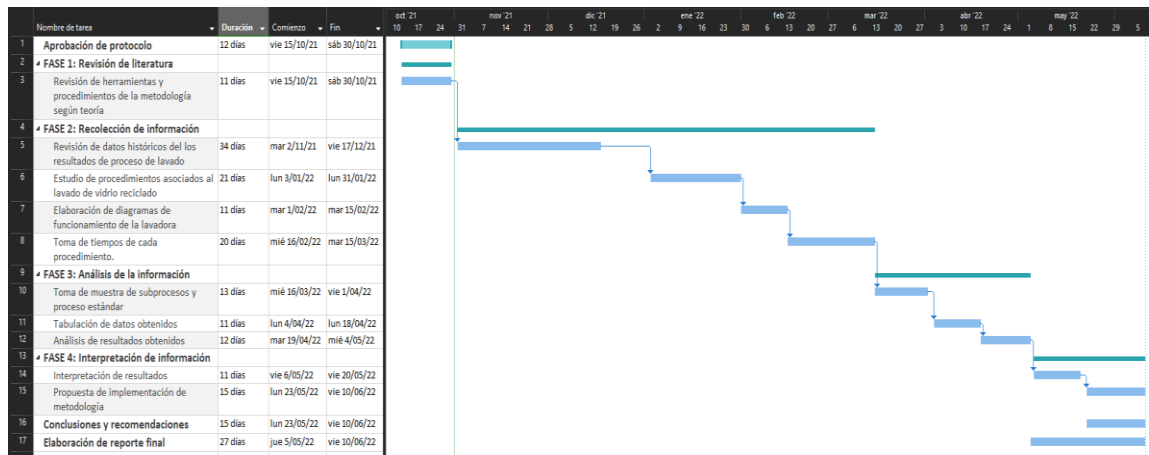
Durante la fase 3, se determinará el análisis de los tiempos de cada operación para establecer tiempos estándar que permitan reconstruir un patrón genérico de desarrollo de los cambios, para ello se podrán usar herramientas

estadísticas como los promedios aritméticos y sus respectivas desviaciones estándar y así establecer los parámetros idóneos a usar para el desarrollo del trabajo de investigación. Este proceso será aplicado a la muestra que haya sido definida para el proceso de lavado de vidrio reciclado dentro de la empresa.

En la fase 4, el estudio resultante del análisis permitirá realizar la propuesta de implementación de la metodología basados en los datos obtenidos durante la fase 3, las cuales pueden ser evaluadas de una vez en el campo del estudio para revisar la factibilidad su aplicación y contribución al proceso de ejecución del proceso de lavado. Todas las comprobaciones van evaluando en cada paso establecido por la metodología y midiendo si efectivamente las actividades pueden ser desarrolladas de mejor forma o en menor tiempo que sus predecesoras. En este punto será posible evaluar la eficiencia de la fuerza de trabajo que usa el personal y calificarlo como estable o se debe de mejorar.

11. CRONOGRAMA

Figura 9. Cronograma de actividades de la investigación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2019.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio cuenta con la factibilidad de realizarse, manteniendo el nivel de calidad mediante el uso de la metodología scrum, con el objetivo de controlar la eficiencia de limpieza de vidrio reciclado mejorando el proceso de ejecución y mantenimiento de los resultados a largo plazo, con miras a implementar un ciclo de mejoramiento continuo.

Para realizar este trabajo de investigación, el acceso a los recursos económicos es necesarios, y para alcanzar los objetivos y metas señaladas, se contará con los recursos financieros del estudiante y se recibirá aportes económicos de la empresa referente a herramientas y mejoras en elementos de uso para la limpieza de vidrio reciclado. Entre los gastos se estipula el tiempo de estudio, costo de tiempo de desarrollo, y costo de recurso humano que participe durante la ejecución de la investigación. La empresa estará de acuerdo para la realización del estudio, así como el personal que brindará su colaboración para el estudio de campo.

Tabla IX. **Presupuesto**

Recurso	Monto. (Q.)
Personal técnico	Q 10,000.00
Asesoría	Ad Honoren
Recurso material	Q 9,000.00
Transporte	Q 500.00
Otros (viáticos)	Q 900.00
TOTAL	Q 20,400.00

Fuente: elaboración propia.

REFERENCIAS

1. Aldinger, B. y Colins, B. (2016). *Color Atlas of Stone in Glass*. Buttler, PA. Estados unidos: American Glass Research.
2. Bara, M. (28 de marzo de 2016). *Cómo integrar la metodología Scrum en tu gestión de proyecto*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.obsbusiness.school/blog/como-integrar-la-metodologia-scrum-en-tu-gestion-de-proyecto>
3. Bejarano, J. (2015). *Implementación de un marco de trabajo basada en la norma iso/iec 12207 y la metodología ágil scrum para el mejoramiento de la calidad de los productos de software en la cooperativa de ahorro y crédito el sagrario Ltda* (Tesis de maestria). Universidad de las Fuerzas Armadas Latacunga, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12213>.
4. Cano, J. (27 de junio de 2013). *Asociacion Nacional de envases de vidrio, Los fabricantes de vidrio reducen el consumo energético*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.anfevi.com/noticias/20/los-fabricantesde-envases-de-vidrio-reducen-su.html>.
5. Denning, S. (2016). *The age of agile*. Estados Unidos: Amacom.
6. Estrada, L. (2014). *Diseño de investigación de la metodología lean seis sigma en el proceso de producción de crema dental para la eliminación de tiempos muertos y aumento de la eficiencia*. (Tesis

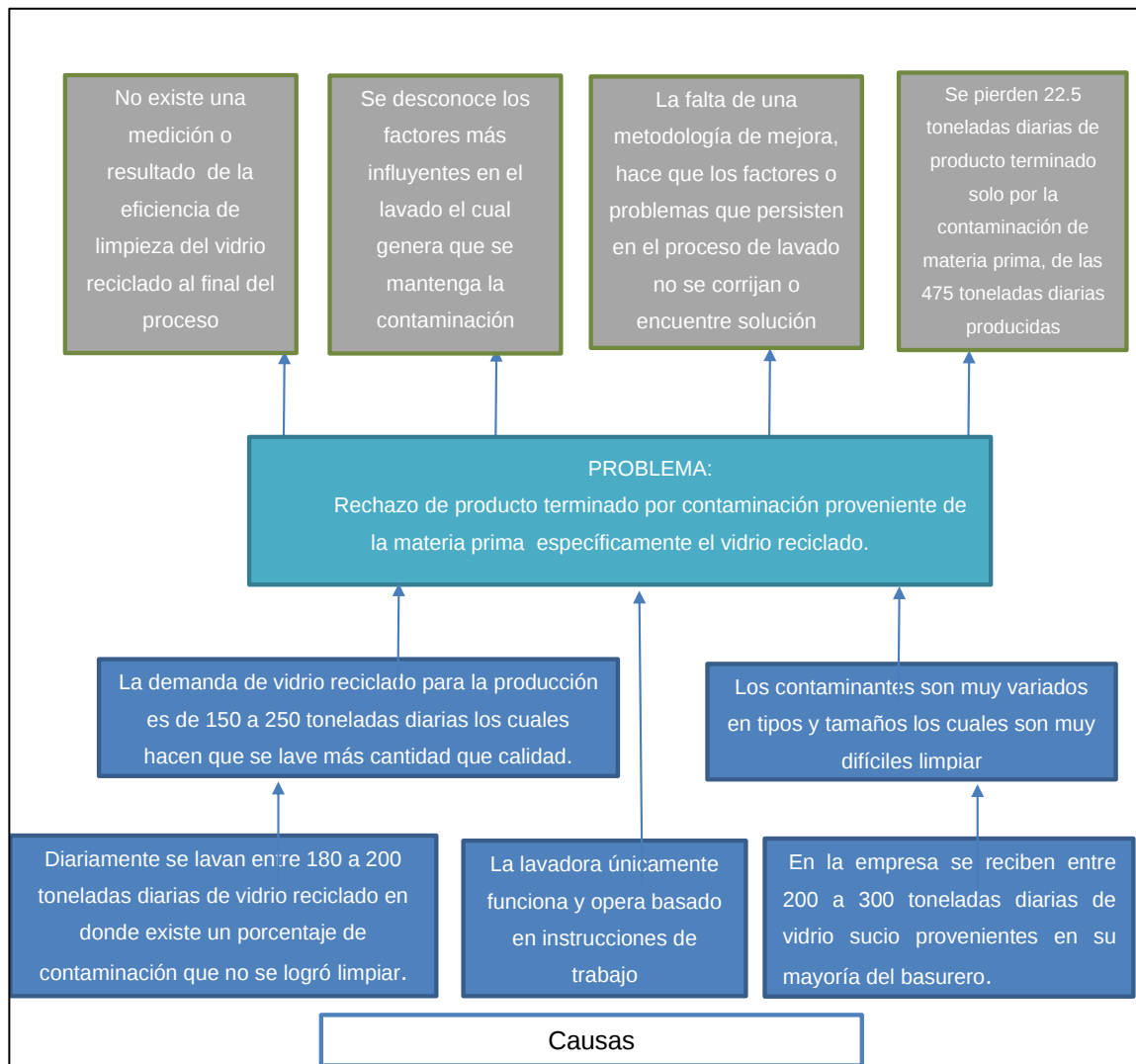
de maestria). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
Recuperado de
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1442_Q.pdf

7. Grupo Vical. (2021). *Sistema de gestión integrado*. Guatemala: Grupo Vical.
8. Grupo Vical. (2021). *Vidrieras*. Grupo Vical. Recuperado de <https://grupovical.com/vidrieras/vigua-planta-en-guatemala/>.
9. Herranz, R. (2016). *Despegar con Scrum*. España: Utopica Informática.
10. Juran, M. (2006). *Juran y el liderazgo para la calidad un manual para directivos*. Madrid, Espana: Juran Institute, Inc.
11. Laines, J. (2012). *The Scrum field guide. Practical advice for your first year*. Estados Unidos: Pearson Education, Inc.
12. Lopez, C. (11 de octubre de 2011). *Mejoramiento continuo, Cambio para mejorar*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/kaizen-o-mejoramiento-continuo/>
13. Paniagua, P. (2017). *Estudio sobre la administración efectiva de proyectos de software, utilizando la metodología scrum, dirigido a empresas de sistemas* (Tesis de maestria). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_4132.pdf.

14. Pivaral, B. (2016). *Diseño de investigación: análisis y mejora de métodos y tiempos para aumentar la eficiencia en el proceso de producción de suelas microcelulares en una empresa guatemalteca dedicada a la fabricación de calzado* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3453_IN.pdf.
15. Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. Mexico: McGraw-Hill.
16. Rojas, M. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de soporte a la decisión (dss) para optimizar el análisis de los datos de ventas y producción de una empresa manufacturera*. (Tesis de maestría) Escuela superior politecnica de Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/38701>.
17. Saraph, J. (1989). *An instrument for measuring the critical factors of quality management*. Estados Unidos: Decision sciences.
18. Schawaber, K. y Beedle, M. (2001). *Agile Software Development with Scrum*. Estados Unidos: Prentice Hall.
19. Schiel, J. (2012). *The ScrumMaster Study Guide*. Estados Unidos: Auerbach Publications.
20. Sutherland, J. (2016). *Scrum. El arte de hacer el doble de trabajo en la mitad de tiempo*. Mexico: Oceano.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol del problema**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Tema	Título	Problema	Pregunta Central	Preguntas Secundarias	Objetivo Central	Objetivos secundarios
Área de operaciones: optimización de operaciones y procesos	DISEÑO DE INVESTIGACION: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM EN EL PROCESO DE LAVADO DE VIDRIO RECICLADO UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE RECHAZO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA PRODUCTORA DE ENVASES VIDRIO TIPO 3.	Rechazo de producto terminado de envases de vidrio tipo 3, por contaminación física proveniente de la materia prima específicamente el vidrio reciclado.	¿Cuál sería la metodología de mejora continua en el proceso de lavado de vidrio reciclado utilizado como materia prima para disminuir el porcentaje de rechazo de producto terminado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3?	¿Qué procesos son los que están afectando el rechazo de producto terminado en la recepción, lavado y disponibilidad de vidrio reciclado como materia prima en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3?	Diseñar la Metodología Scrum en el proceso de lavado de vidrio reciclado utilizado como materia prima para disminuir el porcentaje de rechazo de producto terminado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.	Determinar los procesos que afectan el rechazo de producto terminado en la recepción, lavado y disponibilidad de vidrio reciclado como materia prima en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.
				¿Cuáles son los factores que influyen en la generación de rechazo de producto terminado en el proceso de lavado del vidrio reciclado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3?		Analizar los factores que influyen en la generación de rechazo de producto terminado en el proceso de lavado del vidrio reciclado en una empresa guatemalteca productora de envases de vidrio tipo 3.
				¿Cómo establecer la metodología de mejora continua adecuada a los procesos involucrados para la reducir de rechazo de producto terminado por contaminación en el proceso de lavado de vidrio reciclado?		Establecer la metodología de mejora continua adecuada a los procesos involucrados para la reducir de rechazo de producto terminado por contaminación en el proceso de lavado de vidrio reciclado.

Fuente: elaboración propia.



EEPFI-PP-0334-2022

Guatemala, 14 de enero de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingenieria Quimica
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACION PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM EN EL PROCESO DE LAVADO DE VIDRIO RECICLADO UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE RECHAZO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA PRODUCTORA DE ENVASES VIDRIO TIPO 3.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Edgar Estuardo Barrientos Barrios** carné número **200714587**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

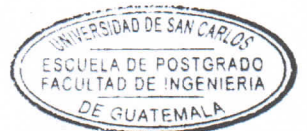
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Qco. Geraldina García
No. 1774

Mtro. Geraldina Elizabeth García Quiroa
Asesor(a)

Mtro. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.0334.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACION PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM EN EL PROCESO DE LAVADO DE VIDRIO RECICLADO UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE RECHAZO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA PRODUCTORA DE ENVASES VIDRIO TIPO 3.**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Estuardo Barrientos Barrios**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, enero de 2022

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.319.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM EN EL PROCESO DE LAVADO DE VIDRIO RECICLADO UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE RECHAZO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA PRODUCTORA DE ENVASES VIDRIO TIPO 3**, presentado por: **Edgar Estuardo Barrientos Barrios**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc