



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN LA PRODUCCIÓN
DE VENTANAS TIPO PVC MEDIANTE LA METODOLOGÍA ESBELTA EN UNA EMPRESA
DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Diego Alejandro Juárez Martínez

Asesorado por Ing. M.Sc. Gerardo Ordoñez

Guatemala, julio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN LA PRODUCCIÓN DE VENTANAS TIPO PVC MEDIANTE LA METODOLOGÍA ESBELTA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DIEGO ALEJANDRO JUÁREZ MARTÍNEZ

ASESORADO POR EL ING. M.SC. GERARDO ORDOÑEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JULIO 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

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
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 INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN LA PRODUCCIÓN DE VENTANAS TIPO PVC MEDIANTE LA METODOLOGÍA ESBELTA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 22 de enero de 2022.

Diego Alejandro Juárez Martínez



EEPFI-PP-0680-2022

Guatemala, 6 de mayo de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingeniería Química
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 INVESTIGACIÓN OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN LA PRODUCCIÓN DE VENTANAS TIPO PVC MEDIANTE LA METODOLOGÍA ESBELTA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Diego Alejandro Juárez Martínez** carné número **201602728**, 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"

Mtro. Gerardo Ordoñez
Asesor(a)

Mtro. Kenneth Lubeck Corado Esquivel
Coordinador(a) de Maestría



M.Sc. Ing. Gerardo Ordoñez
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1296
Maestría Seguridad Industrial

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





EEP.EIQ.0680.2022

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 INVESTIGACIÓN OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN LA PRODUCCIÓN DE VENTANAS TIPO PVC MEDIANTE LA METODOLOGÍA ESBELTA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Diego Alejandro Juárez Martinez**, 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; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

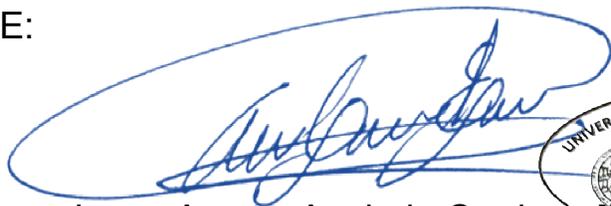
Guatemala, mayo de 2022

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

LNG.DECANATO.OI.493.2022

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 LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN LA PRODUCCIÓN DE VENTANAS TIPO PVC MEDIANTE LA METODOLOGÍA ESBELTA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Diego Alejandro Juárez Martínez**, 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, julio de 2022

AACE/gaoc

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1 Contexto general.....	9
3.2 Descripción del problema.....	10
3.3 Formulación del problema.....	11
3.3.1 Pregunta central.....	11
3.3.2 Preguntas secundarias.....	11
3.4 Delimitación del problema.....	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1 General.....	15
5.2 Específicos	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17
6.1 Primera etapa. Revisión documental	17

6.2	Segunda etapa. Identificación de actividades.....	17
6.3	Tercera etapa. Descripción de los atrasos	18
6.4	Cuarta etapa. Desarrollar la Metodología Esbelta	18
6.5	Quinta etapa. Evaluación de beneficios.....	18
7.	MARCO TEÓRICO	21
7.1.	Producción en la industria	21
7.1.1.	Inventario.....	21
7.1.2.	Capacidad de producción.....	21
7.1.3.	Productividad y eficiencia	22
7.2.	Distribución del espacio en fábricas	22
7.2.1.	Tipos de distribución	22
7.2.1.1.	Producto estático	23
7.2.1.2.	Basada en el producto	23
7.2.1.3.	Grupos de trabajo	23
7.2.2.	Factores que afectan la distribución	23
7.2.2.1.	Distancias recorridas	24
7.2.2.2.	Flujo de proceso.....	24
7.2.2.3.	Satisfacción.....	25
7.2.2.4.	Flexibilidad	25
7.3.	Análisis de procesos.....	26
7.3.1.	Optimización de procesos industriales.....	26
7.3.1.1.	Mejora continua.....	26
7.3.1.2.	Técnicas de optimización	27
7.4.	Metodología Esbelta.....	28
7.4.1.	Filosofía Esbelta.....	28
7.4.2.	Valor agregado en los procesos.....	29
7.4.3.	Herramientas fundamentales	29
7.4.4.	Indicadores	31

7.5.	Impacto de la optimización de procesos mediante la Metodología Esbelta.....	32
7.5.1.	Oportunidades de mejora	33
7.5.2.	Aseguramiento de calidad.....	33
7.6.	Medición de optimización de procesos mediante la Metodología Esbelta.....	34
7.6.1.	Resultados	34
7.6.2.	Evaluación de los indicadores.....	35
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.	METODOLOGÍA.....	41
9.1	Enfoque	41
9.2	Diseño	41
9.3	Tipo.....	41
9.4	Alcance.....	42
9.5	Variables e indicadores	42
9.6	Fases.....	44
9.7	Resultados esperados.....	48
9.8	Población y muestra	48
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49
10.1	Herramientas de recolección	49
10.2	Herramientas de análisis	51
11.	CRONOGRAMA	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	55
13.	REFERENCIAS.....	57

14. APÉNDICES61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	19
2.	Distribución de proceso.....	25
3.	Principios de la mejora continua	27
4.	Diseño modelo VSM	31
5.	Cronograma	53

TABLAS

I.	Diseño de un tablero Kanban.....	30
II.	Indicadores.....	31
III.	Evaluación de indicadores	35
IV.	Operacionalización de variables	42
V.	Fórmulas para media aritmética y desviación estándar	51
VI.	Presupuesto	55

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
σ	Desviación estándar
\bar{X}	Media aritmética
%	Porcentaje
Q	Quetzal

GLOSARIO

Capital	Recursos físicos y financieros, que una empresa posee con el propósito de generar ganancias.
Eficiencia	Capacidad de evitar desperdicios materiales y recursos económicos, de tal manera que se minimicen los costos.
Indicador	Referencia que brinda información sobre el cumplimiento de alguna meta. Los indicadores deben poseer la mayor precisión posible, tener pertinencia con el tema a analizar, deben ser sensibles a los cambios, confiables, demostrables, y ser datos fáciles de obtener.
Inventario	Es un conjunto de bienes muebles e inmuebles que pertenecen a una empresa, durante un período de tiempo determinado, y que son destinados a la venta, el consumo, alquiler o transformación en función del objeto de la empresa.
<i>Kaizen</i>	Del japonés <i>Kai</i> y <i>Zen</i> que significan cambio y mejor, respectivamente. Es una metodología en la cual se usa la estadística para el control de calidad de los procesos.

<i>Kanban</i>	Es una técnica visual que se basa en el justo a tiempo, es decir, proporcionar la información necesaria en el momento oportuno y no sobrecargarlos con información inútil o que no necesitan todavía.
Manufactura	Es un proceso de fabricación donde se convierte la materia prima en un producto final mediante el uso de herramientas, el esfuerzo humano, maquinaria, etc. dejando el producto listo para su distribución y consumo.
Optimizar	Tiene como objetivo mejorar el resultado en aquello que hacemos. La optimización de los procesos y los recursos trata de establecer acciones de mejora en aquellas tareas que intervienen en la elaboración del producto y/o servicio que ofrecemos desde nuestra organización.
Productividad	Es un importante indicador económico que está estrechamente vinculado al crecimiento económico, la competitividad y el nivel de vida dentro de una economía. La productividad laboral representa el volumen total de producción producido por unidad de trabajo durante un período de referencia temporal determinado.
<i>Seiketsu</i>	Del japonés “estandarizar”. Cuidar la higiene personal para evitar la suciedad y el desorden, como resultado se mejora le bienestar y se aumenta su productividad.

Seiri	Del japonés “clasificar”. Un método para diferenciar entre lo útil y lo inútil, con el objetivo de mantener únicamente lo necesario y remover todos los elementos que no son necesarios para realizar un trabajo.
Seiso	Del japonés “limpiar”. Limpiar el espacio de trabajo a diario, con el objetivo de mejorar el bienestar de los trabajadores, reducir el riesgo de accidentes, y mejorar la calidad de los productos.
Seiton	Del japonés “organizar”. ordenar lo útil asignando un nombre y una ubicación fija a cada objeto/proceso. De esta forma se minimizan los tiempos de búsqueda y se evitan esfuerzos inútiles.
Shitshuke	Del japonés “autodisciplina”. Fomenta la autodisciplina para que los trabajadores conviertan en hábito el empleo de la filosofía <i>Kaizen</i> y adopten las 5S tanto en el trabajo como en su hogar.
VSM	Por sus siglas en inglés, <i>Value Streaming Mapping</i> . Es una herramienta del repertorio <i>Lean</i> útil para entender, gestionar y mejorar el flujo de materiales e información en una organización. Este enfoque busca representar a través de ciertos símbolos estándar los elementos e interacciones entre elementos de la operación, necesarios para entregar un producto o servicio al cliente.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de investigación que se realizará consiste en la optimización de tiempo de producción de ventanas tipo PVC en una línea de fabricación mediante la implementación de la Metodología Esbelta, ya que actualmente el proceso se ve afectado por atrasos de fabricación. El objetivo del trabajo es identificar los desperdicios en el flujo de proceso, eliminar la duplicidad de operaciones, organizar el espacio físico y distribución del personal dentro del área de producción. El trabajo investigativo está relacionado con la línea de investigación de Optimización de Operaciones y Procesos de la Maestría en Gestión Industrial, de la Universidad San Carlos de Guatemala.

La necesidad de llevar a cabo el estudio de investigación, son los atrasos actuales en la entrega de producto final, generando insatisfacción en los clientes. Existen flujos cruzados en el proceso, mal almacenamiento de materia prima y producto terminado, así como la incorrecta distribución de la maquinaria y personal en el área de fabricación.

Mediante la optimización de tiempo en la producción de las ventanas se obtendrá el primer resultado, el cual es la reducción de atrasos en la entrega de producto. Teniendo un menor tiempo de producción para una ventana permitirá poder producir más en menos tiempo, aumentando así la rotación de inventario. Reorganizando la maquinaria, persona, materia prima y producto terminado, permitirá que el flujo de proceso se ágil, sin tiempos muertos, ordenado y limpio.

El beneficiario principal será la empresa en el área económica y de servicio. Optimizando el tiempo y el espacio del área de producción generará que

los costos directos serán reducidos, eliminando los atrasos y duplicidad de acciones. La productividad aumentará produciendo más ventanas en menos tiempo y con menos esfuerzo. De igual manera el personal será beneficiado al adoptar la filosofía de reducción de desperdicios en su vida cotidiana, entendiendo el valor del tiempo y aplicando soluciones eficientes a sus problemas diarios. También aumentará la conciencia respecto a la reducción del uso de energía, cuando se reduce el tiempo de producción y cómo impacta positivamente al medio ambiente.

Inicialmente la metodología para llevar a cabo la investigación comienza con la revisión documental, de estudios previos relacionados con la Metodología Esbelta y el área productiva. Seguidamente, se identificarán las actividades propias del proceso de producción de ventanas tipo PVC. Luego, se describirá la medición de los atrasos, indicadores y actividades que resultan en un mal uso del tiempo. Posteriormente, se desarrollará la Metodología Esbelta, reduciendo el desperdicio dentro del proceso de producción y reducción de inventario, se reorganizará de maquinaria, personal, materia prima y producto terminado. Finalmente, se evaluarán los beneficios obtenidos al adaptar la Metodología Esbelta.

La investigación es viable, ya que se cuenta con el apoyo de la gerencia para la realización del proyecto, se cuentan con los recursos necesarios para el estudio y también gerencia brindará toda herramienta que se necesite.

El informe final estará conformado por cinco capítulos: antecedentes, marco teórico, desarrollo de la investigación, presentación de los resultados y discusión de los resultados. En el primer capítulo se hará la investigación documental de los trabajos previos relacionados con el estudio. En el segundo capítulo se desarrollan los temas que complementan los objetivos del trabajo de

investigación. En el tercer capítulo se recolectará los datos necesarios, por medio de tomas de tiempos, cuestionarios, entrevistas y herramientas auxiliares, así como el desarrollo de la Metodología Esbelta.

En el capítulo cuatro, se presentarán los resultados obtenidos al desarrollar la Metodología Esbelta luego de haber analizado los datos. En el último capítulo se evaluarán los beneficios obtenidos, se proporcionarán recomendaciones de mejora en el área productiva y las acciones necesarias para optimizar el tiempo de producción.

2. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan una serie de estudios relacionados al tema de investigación: “Diseño de Investigación para la optimización de tiempo en la producción de ventanas tipo PVC”, mediante la Metodología Esbelta en una empresa de productos para la construcción ubicada en la ciudad de Guatemala.

La investigación *Lean Manufacturing en los procesos de un centro de distribución para incrementar la productividad*, realizado por Molina (2016). Tuvo como enfoque diseñar un programa bajo la Metodología *Lean Manufacturing* en los procesos de un centro de distribución para incrementar la productividad. Los principales resultados fueron la disminución de mermas, aumento de productividad gracias a la eliminación de movimientos innecesarios, duplicidad de trabajo y tiempos muertos.

La Metodología Esbelta, es una herramienta que permite aumentar la productividad conociendo a detalla las etapas de los procesos a mejorar, identificando los aspectos que no aportan valor y generan pérdida de tiempo.

En el trabajo de investigación *Uso de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la industria metalmecánica peruana* (Benites, 2018) tuvo como objetivo encontrar las técnicas *Lean Manufacturing* más aplicadas, incrementar la eficiencia de producción en el sector metalmecánica. Identificó que la filosofía 5s, SMED, TPM, SIX SIGMA y VSM, las cuales son las más utilizadas.

Existen varias herramientas para implementar la Metodología Esbelta, con base en los resultados del estudio anterior, se concluye que es necesario analizar el proceso que se quiere optimizar se determina cual es la más conveniente.

A su vez, el trabajo de investigación denominado *Aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el sector industrial* elaborado por Aranibar (2019). Se centró en determinar el impacto después de utilizar técnicas de *Lean Manufacturing* en el sector industrial. Determinó que la herramienta 5s es la más utilizada y que los beneficios al aplicar *Lean Manufacturing* son, en costos y en condiciones de trabajo ordenadas, limpias y organizadas.

Otro beneficio que resulta de implementar la Metodología Lean, observado en el estudio previo es la reducción de costos operativos para las empresas.

La tesis *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*, realizado por Ari (2016). Aplicó el *Lean Manufacturing*. con la finalidad de incrementar la productividad. Los resultados obtenidos fueron: duplicación del flujo de producción, reducción de costos, reducción de plazos de servicio y la eliminación de producto acumulado.

La mejora en productividad se obtiene, aumentando la capacidad de producción eliminando duplicidad de acciones, mejorando el manejo de inventario y reduciendo el tiempo empleado en ejecutar un servicio.

La investigación llamada *Diagnóstico y propuesta de mejora en el proceso de fabricación de ventanas con marco de PVC en la empresa ventanas y estilos empleando herramientas de investigación de operaciones*, realizada por Quispe (2015). Optimizó el proceso de fabricación de la empresa Ventanas y Estilos, con el fin de reducir el desperdicio obtenido. Uno de los resultados principales fue la

identificación de procesos que generaban el 80 % de problemas. De igual manera, determino un ahorro del 2.19 % de implementar la mejora diseñada y la disminución del 10 % de materia prima utilizada.

A pesar de ser un estudio con seis años de antigüedad, se considera relevante por el hecho que presenta datos cuantitativos, al momento de evaluar los resultados obtenidos, al implementar la propuesta de mejora en los procesos de fabricación de ventanas con marco PVC.

El estudio *Hacia la reducción de pérdidas en la construcción: mejoras en el proceso constructivo de ventanas*, realizado por Sasha (2016). Se centra en la redacción de pérdidas, determinando la calidad insuficiente en la instalación de ventanas, la cuantificación de las pérdidas y la eliminación de las pérdidas. El resultado principal fue que, prefabricando las ventanas se reducen los costos de fabricación en un 10 %.

Con base en la determinación de pérdidas en el proceso constructivo de ventanas, se puede observar que realizando una mejora en el flujo de proceso impacta en la reducción de costos.

La tesis denominada *Aplicación de técnicas Lean en la empresa Lacetex, S.A.* Chandhel (2016). Tuvo como enfoque identificar factores de posibles desperdicios, para lograr una optimización en los procesos relacionados con los departamentos de tintorería y ramas mediante técnicas lean. Concluyó que los mayores desperdicios dentro del proceso eran por: movimientos, tiempos de espera y manejo de inventario. Determinó como el implementar las herramientas *Lean* permite identificar las habilidades y funciones en los perfiles de los trabajadores, para cumplir con las necesidades de capacitación y formación para cada nivel administrativo.

La Metodología Esbelta, no solo es aplicable para áreas de producción y reducción de tiempos, puede utilizarse en otros ámbitos como el administrativo para la identificación de talento dentro del personal en una empresa.

El trabajo de investigación *Desarrollo del sistema Lean Six Sigma para la detección y eliminación de fallas en el proceso de tejidos de polipropileno*, realizado por Rodmy (2019). Desarrolló el sistema *Lean Six Sigma* para la detección y eliminación de fallas, en el proceso de tejidos de polipropileno. Como resultado principal, se obtuvo el aumento de eficiencia en el área de extrusión, promoviendo las herramientas de orden y limpiezas; así como, la disminución de tiempo de verificación y reducción de costos de producción.

La organización, limpieza y orden en el área de producción aumenta la productividad, reduciendo tiempos de procesos que resultan en costo menor de operación.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Contexto general

En los últimos años el ámbito de la construcción ha innovado los materiales utilizados en la elaboración de obras, tales como en acabados e instalaciones, en donde la instalación de ventanas y puertas juega un papel importante. Los materiales que destacan para la fabricación de ventanas son la madera, aluminio, acero, mixtas y PVC. Dependiendo el fin específico de la ventana es que se escoge el material adecuado.

El producto de la polimerización (Hornbostel, 1999) del cloruro de vinilo a policloruro de vinilo o PVC, es uno de los polímeros más versátiles en la industria, es el segundo plástico más consumido en el mundo. Es un polímero por adición y una resina, tiene muy buenas resistencias mecánicas, térmicas y eléctricas. En la industria de la construcción es un material utilizado con propósitos de rigidez, flexibilidad o en ocasiones donde el mantenimiento no es frecuente.

Este material está cada vez más presente en las puertas y ventanas de las casas modernas (Corrado, 2000). Las ventanas tipo PVC se adaptan a diferentes grados de exigencia ya que poseen una calidad alta y versatilidad. Tienen la característica de ser resistentes a infiltraciones, aislación térmica y acústica, resistencia a la corrosión, requieren bajo mantenimiento y estéticamente hay en varios colores y estilos. En países de Europa como Alemania, Austria o Reino Unido una de dos ventanas instaladas es de PVC, en la Unión Europea representan aproximadamente un 75 % del total de ventanas instaladas.

3.2 Descripción del problema

La empresa de productos para la construcción lleva más de 25 años de presencia en la Ciudad de Guatemala. Tiene como finalidad fabricar artículos de calidad para el ámbito de las obras y proyectos, como muros cortina, celosilla y vidrios templados. Uno de los productos exitosos y de alta demanda son las ventanas de aluminio, madera y acero, pero en especial las ventanas tipo PVC, las cuales tienen un mayor índice de demanda sobre las demás. Por lo cual la empresa está comprometida a proveer al cliente un servicio y producto que cumplan todas sus expectativas, principalmente el cumplimiento de entregas a tiempo de las ventanas tipo PVC.

Se estableció que, para cumplir el objetivo principal de los tiempos de entrega de las ventanas tipo PVC, es necesario resolver el problema en el área de producción, ya que una de las principales causas del incumplimiento en la entrega de producto ocurre en la línea de producción. Se identificaron limitantes en la disponibilidad de maquinaria, mano de obra y materia prima.

El proceso productivo en la línea de producción de ventanas actual no posee las herramientas para controlar sus procesos, como por ejemplo no hay un estándar de medidas a seguir. El espacio no está bien organizado, los espacios entre maquinarias para el tránsito de material y personas no es el adecuado, por lo tanto, la distribución de los operarios y maquinaria no es óptima, al momento de tratar de cumplir con la demanda de los clientes se generan atrasos, presentando así desaprovechamiento del tiempo de producción y la insatisfacción del cliente.

3.3 Formulación del problema

La empresa se ve afectada por algunas deficiencias en el área de producción, debido a ciertas limitantes que se encontraron dentro de la planta, que impiden que la empresa cumpla con la demanda de los clientes.

3.3.1 Pregunta central

¿Cómo optimizar el proceso de producción en la producción de una ventana tipo PVC mediante la Metodología Esbelta en una empresa de productos para la construcción en la Ciudad de Guatemala?

3.3.2 Preguntas secundarias

- ¿Cuáles son las actividades que forman parte del proceso de producción de una ventana tipo PVC?
- ¿Cómo se miden los atrasos en las actividades del proceso de producción de una ventana tipo PVC?
- ¿Cómo adaptar una Metodología Esbelta para optimizar el proceso de producción de una ventana tipo PVC?
- ¿Cuáles son los beneficios obtenidos por la adaptación de una Metodología Esbelta para optimizar el proceso de producción de una ventana tipo PVC?

3.4 Delimitación del problema

Para la realización de la propuesta de agilizar el tiempo de producción de una ventana tipo PVC, para una empresa de productos para la construcción ubicada en la Ciudad de Guatemala, el enfoque será en la única línea de producción donde se trabajará mediante el principio de la Metodología Esbelta, apoyada de herramientas auxiliares como la filosofía *Kaizen*, con los cuales se determinarán los desperdicios en el área de producción, la reorganización del espacio y personal, la clasificación de operaciones que generan y no generan valor al producto final y los tiempos muertos.

La información será analizada por un período de seis meses. Seguidamente se establecerán propuestas de cambios en el área. Todos los recursos para la medición, determinación y clasificación, para establecer las propuestas de mejora serán brindados por la empresa.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de graduación se presenta en la línea de investigación de, Optimización de Operaciones y Procesos de la Maestría en Gestión Industrial de la Universidad San Carlos de Guatemala. La necesidad por cubrir es la reducción del tiempo de producción de una ventana tipo PVC, mediante la Metodología Esbelta en el área de manufactura. Actualmente, el problema es que existen cuellos de botella no identificados dentro del proceso, así como la incorrecta distribución del personal y maquinaria en el espacio, junto con otros desperdicios que generan atrasos en la entrega del producto final al cliente.

Al optimizar el proceso de producción implementando la Metodología Esbelta, el beneficio para la empresa será la reducción de quejas e inconformidades por parte del cliente final. Los costos directos de producción se reducirán al utilizar el tiempo de una manera óptima, eliminando duplicidad de acciones y atrasos. La productividad aumentará al poder producir ventanas en un tiempo menor, con menos esfuerzo y de una manera ágil.

El beneficiado será personal de producción y su núcleo familiar. Ellos adoptarán la filosofía de reducción de desperdicios, tanto en el área de manufactura como en otros ámbitos de su vida, ya que la Metodología Esbelta para la eliminación de desechos, se puede aplicar a la vida personal de cada operario. Comprendiendo el valor de las acciones del día a día, el tiempo empleado en realizarlas y buscando soluciones prácticas a los problemas cotidianos. Creando así una cultura de mejora continua en el ámbito laboral, personal y familiar.

El beneficio social será el aumentar la conciencia y capacidad del personal en una producción sin desperdicio, así como su relación con la vida cotidiana, resultando en una cultura guatemalteca, que actúa mediante la Metodología Esbelta en el día a día. Otro beneficio es la comprensión del valor agregado, en la operación al reducir el consumo energético, gracias a los menores tiempos de producción.

La investigación se relaciona con la Maestría en Gestión Industrial, ya que contribuye al desarrollo de la industria nacional, implementando una metodología a través de la investigación, resultando en un procedimiento de producción eficiente y cumpliendo con las exigencias nacionales en el campo industrial. Se relaciona directamente con los cursos de Logística, Ingeniería de la productividad y Metodología de la producción.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Optimizar el proceso de producción en la elaboración de una ventana tipo PVC, mediante una Metodología Esbelta, en una empresa de productos para la construcción en la ciudad de Guatemala.

5.2. Específicos

1. Identificar las actividades que forman parte del proceso de producción.
2. Describir la medición de los atrasos en las actividades del proceso de producción.
3. Adaptar la Metodología Esbelta, para el desarrollo del proceso de elaboración de ventanas tipo PVC, en la empresa de productos para la construcción.
4. Evaluar los beneficios obtenidos la Metodología Esbelta, en el proceso de producción de ventanas tipo PVC en la empresa de productos para la construcción.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La primera necesidad por cubrir es la reducción de tiempo del proceso de producción de ventanas tipo PVC, debido a que el proceso actual no utiliza el tiempo de manera óptima y esto genera atrasos en la entrega del producto final.

La segunda necesidad por cubrir es la eliminación de desperdicio dentro del proceso. Existe un mal uso del espacio disponible en el área de producción. La investigación tiene como finalidad analizar el espacio de trabajo, almacenamiento de materia prima y producto terminado, distribución de los operarios y maquinaria, así como la reducción de inventario. Cada uno de estos aspectos será analizado mediante la aplicación de la Metodología Esbelta, manteniendo así una mejora continua en el área de producción y cumpliendo con las expectativas de los clientes.

6.1. Primera etapa. Revisión documental

Revisión documental sobre la implementación de Metodologías Esbeltas para la optimización de tiempos en áreas de producción durante 3 semanas.

6.2. Segunda etapa. Identificación de actividades

Se identificarán el conjunto de actividades que forman el proceso de producción de una ventana tipo PVC durante 6 semanas.

6.3. Tercera etapa. Descripción de los atrasos

Descripción sobre la medición de los atrasos, indicadores y actividades que resultan en un mal uso de tiempo, en las actividades de producción de una ventana tipo PVC durante 4 semanas.

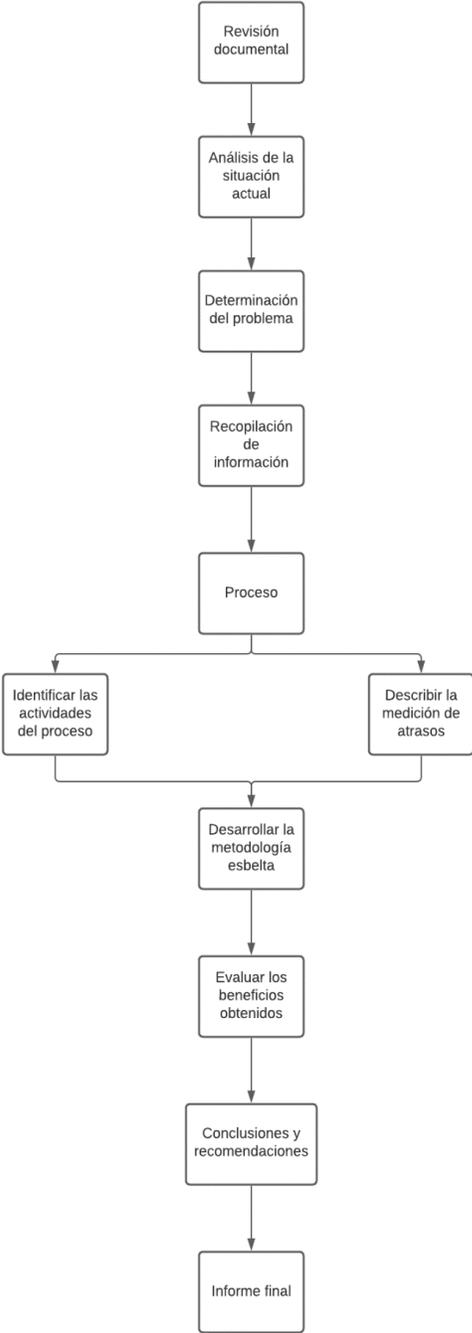
6.4. Cuarta etapa. Desarrollar la Metodología Esbelta

Se desarrollará la Metodología Esbelta para la reducción de desperdicio dentro del proceso de producción y reducción de inventario, estableciendo los posibles arreglos de maquinaria y personal, reorganizado la ubicación de la materia prima y producto terminado durante 8 semanas.

6.5. Quinta etapa. Evaluación de beneficios

Evaluación de los beneficios que se obtendrán al adaptar la Metodología Esbelta, a la producción de una ventana tipo PVC en el área de producción durante 3 semanas.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Lucidchart.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Producción en la industria

Según Schroeder (2015), la producción es una serie de operaciones cuyo objetivo es transformar material de su forma original a otra deseada. El conjunto de operaciones que forman la producción utiliza como insumos: energía, materia prima, mano de obra, capital e información.

Todo este grupo de operaciones se controla mediante inventarios, capacidad de producción instalada, productividad del proceso y eficiencia.

7.1.1. Inventario

Schroeder (2015), menciona que el inventario es un conjunto de materiales, que facilitan la producción o se enfocan en la satisfacción del cliente final. Puede considerarse entonces como el producto, en algún punto dentro del flujo de producción, ya sea la materia prima en bodega, el material a media transformación o el producto final.

7.1.2. Capacidad de producción

Para Schroeder (2015) la capacidad es el potencial de producción, es decir, que tanto producto final se puede obtener con los recursos actuales.

Gaither (2000), establece que, teniendo una planeación de la capacidad adecuada, es vital para el posicionamiento de una empresa, esto afecta el volumen de producción que se puede manejar, la calidad y el costo.

7.1.3. Productividad y eficiencia

López (2012), menciona que la productividad es la medición de objetos hechos en un periodo de tiempo, diciendo que entre más se hagan en un menor tiempo mayor será la productividad. Según García (2003), indica que la eficiencia es el aprovechar de una manera óptima, los recursos utilizados para obtener un producto o utilidad.

7.2. Distribución del espacio en fábricas

La distribución del espacio en fábricas según de la Fuente (2005), es el arreglo físico de todos los elementos que forman parte de la producción en la empresa, como estos están distribuidos en el espacio, ya sea la ubicación de personal, maquinaria y diferentes departamentos.

El autor indica que se deben distribuir estos elementos eficientemente, de tal manera que, el material recorra la menor distancia posible al igual que el personal. Teniendo así un flujo de material, como de personal ordenado y secuencial.

7.2.1. Tipos de distribución

En función del material utilizado y el tipo de producción cada fábrica, se establecen los siguientes tipos de distribución:

7.2.1.1. Producto estático

Según de la Fuente (2005), es utilizado cuando el producto con el que se trabaja es de un gran tamaño, por lo que resulta difícil su traslado. Por lo que la solución es adaptar el flujo de proceso al producto, en lugar de moverlo de un lado a otro.

7.2.1.2. Basada en el producto

El autor de la Fuente (2005), indica que este tipo de distribución se usa cuando las máquinas y servicios son secuenciales, por lo que el material fluye en una cadena en todo el flujo de proceso.

7.2.1.3. Grupos de trabajo

El autor de la Fuente (2005) menciona que, cuando la cantidad de producción para cada producto final no es suficiente para distribuirla, como la distribución basada en producto vista anteriormente de manera secuencial, se agrupan los productos en familias destinadas a un subgrupo autónomo del proceso.

7.2.2. Factores que afectan la distribución

Son distintos los factores que tiene un impacto en la distribución en las fábricas, principalmente la distribución del espacio físico, de máquinas y personal es afectado por el tipo de producto con el que se trabaja. Del producto manejado se derivan las distancias que este recorre en el área de producción, que tan flexible y secuencial es el flujo de proceso, así como la organización del personal.

7.2.2.1. Distancias recorridas

Ballesteros (2008) establece que, las distancias entre las operaciones de producción o movimiento tanto de material como de personal deben ser mínimas.

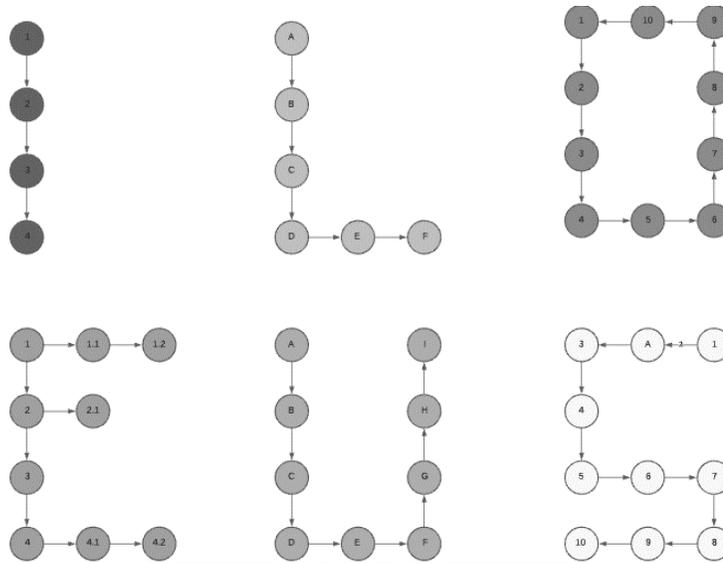
García (2020) menciona que el movimiento entre operaciones es inevitable, por lo que debe de facilitarse. Todo material dentro del flujo de proceso debe ser secuencial desde donde son procesados hasta donde salen. Los clientes no pagan por la distancia que recorre el producto, por lo que la distancia recorrida no añade valor a los procesos y se debe reducir.

7.2.2.2. Flujo de proceso

García (2020) establece que la distribución del flujo de material en un proceso puede tomar distintas formas, dependiendo cual se adaptará mejor a cada situación. Siempre se busca un manejo de material reducido, tiempos de fabricación reducidos, controles de producción y operaciones simples.

El autor establece que al tener un flujo de proceso lineal estos pueden adoptar distribuciones en I, L, U, O, E o S.

Figura 2. **Distribución de proceso**



Fuente: elaboración propia, realizado con Lucidchart.

7.2.2.3. Satisfacción

Según de la Fuente (2005), cuando los operadores realizan las operaciones en el proceso de producción de una manera satisfactoria estará será más eficiente.

7.2.2.4. Flexibilidad

Gaither (2000) indica que la flexibilidad en el área de manufactura es la capacidad de accionar rápidamente a la demanda de los clientes. Se divide en dos: flexibilidad de producto y de volumen. Siendo la de producto aquella en donde la producción, puede cambiar de una manera rápida de producir un producto a otro. La flexibilidad de volumen hace referencia al aumento o reducción de cantidad de producto final elaborado.

7.3. Análisis de procesos

Parra (2017) menciona que el objetivo del análisis de procesos es diseñar, ejecutar y controlar eficientemente el flujo y costo de materia prima, producto en proceso, producto terminado, empaque y producto defectuoso. Esto con la finalidad de aumentar la productividad en el valor del producto dentro de la etapa de producción.

Debido a esto es importante el buscar cómo mejorar los procesos de producción. Es aquí donde las técnicas de optimización de procesos juegan un papel fundamental.

7.3.1. Optimización de procesos industriales

Vergara (2005) define la optimización de procesos como la mejora de operaciones que forman parte del flujo de producción, con el objetivo de reducir costos y minimizar las no conformidades resultando en una mejora en la calidad del producto.

El optimizar procesos industriales es una búsqueda continua de mejoras desde las actividades pequeñas que forman parte de la elaboración de un producto, como que se mantenga el orden en las áreas de trabajo, hasta las grandes como la instalación de una maquinaria reciente de alta tecnología y mayor eficiencia.

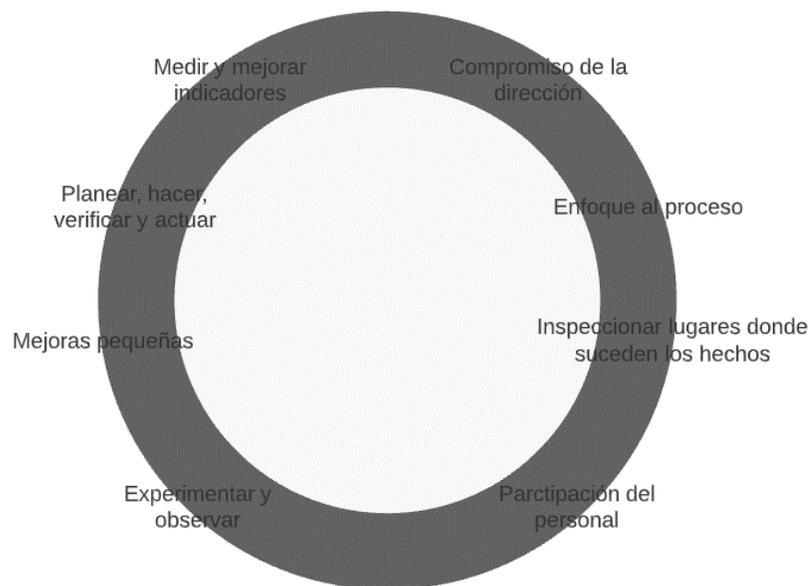
7.3.1.1. Mejora continua

Suarez (2009) define que la mejora continua dentro de los procesos industriales está conformada por el compromiso de la dirección y personal enfocada en los procesos productivos, donde mediante la experimentación y

observación se realicen pequeñas mejoras para incrementar la productividad y calidad en productos y servicios.

Deming (1986) se apoya en la esfera concéntrica proveniente del término *Kaizen*, que significa mejora continua en japonés, la cual señala los 14 principios para mejorar constantemente un sistema de producción.

Figura 3. **Principios de la mejora continua**



Fuente: elaboración propia, realizado con Lucidchart.

7.3.1.2. **Técnicas de optimización**

A lo largo del tiempo mediante observaciones y experimentaciones, han surgido distintas técnicas para la optimización de procesos. Estas con el objetivo de mejorar un proceso, siempre buscando la reducción de costos y el incremento de calidad en los productos o servicios que se ofrecen. Siendo una de las exponentes en las últimas décadas la Metodología Esbelta.

Se puede mencionar entonces que no importando que tipo de técnica se emplee el objetivo es el mismo, mejorar un proceso, hacerlo más eficiente y productivo. Es aquí donde cada metodología tiene su vertiente y un enfoque distinto, algunas enfocándose específicamente en el cliente final, otras en la reducción de costos de producción, la eliminación de desperdicios en el flujo de proceso y otras tratan de atacar cada uno de estos aspectos. La técnica por estudiar será la Metodología Esbelta.

7.4. Metodología Esbelta

Padilla (2010) define la Metodología Esbelta como una técnica cuyo objetivo es reducir desperdicios en inventarios, tiempos, productos de mala calidad, transporte, almacenamiento, máquinas y personal.

Según González (2007), la definición resulta a partir del Sistema de Producción de Toyota. Es un grupo de herramientas que permiten localizar y erradicar desperdicios, mejorar la calidad, reducir tiempo de producción y costos.

Se puede decir entonces que como objetivo principal la Metodología Esbelta reduce desperdicios, si es posible los elimina. Los focos principales son inventarios, equipos, personal, tiempos y costos. Trata de observar y analizar en qué parte de estos focos existen problemas, que cuando se reduce el desperdicio tiene como consecuencia una productividad mayor y un proceso eficiente.

7.4.1. Filosofía Esbelta

Ibarra (2017), indica que la filosofía Esbelta busca la excelencia en la manufactura, utilizando herramientas y técnicas que permitan elevar la productividad. Tiene como finalidad la perfección en el sistema de producción.

Empleando esta filosofía aumentará el valor de todas las operaciones realizadas, eliminando lo que no se necesita, obteniendo así mejoras tangibles, medibles y significativas.

7.4.2. Valor agregado en los procesos

Para Ibarra (2017), el principio de la filosofía Esbelta va arraigado con eliminar toda aquella operación que no de valor agregado. El valor agregado son las actividades que transforman un producto y por las cuales el cliente paga.

En caso de las operaciones que no agregan valor, se encuentran aquellas por las que el cliente no paga y aun así forman parte de la transformación del producto, por ejemplo: traslado del producto, inspecciones, pruebas de calidad, almacenamiento, tiempos muertos y esperas.

7.4.3. Herramientas fundamentales

La metodología Esbelta utiliza distintas herramientas para llevar a cabo su objetivo, la reducción de desperdicio, de acuerdo con Ibarra (2017) dentro de las cuales se pueden encontrar:

- Filosofía 5s: se basa en el principio de las 5s, *seiri* (clasificación de lo necesario para el proceso), *seiton* (orden del lugar y objetos), *seiso* (limpieza del área de trabajo), *seiketsu* (bienestar físico y mental del personal), *shitshuke* (disciplina de cumplir con la filosofía 5s).
- *Kaizen*: busca la mejora continua, descubriendo nuevas maneras de lograr un desempeño mayor en los aspectos de calidad de producto, reducción

de costos, mayor velocidad de producción, menores tiempos de atrasos y una productividad alta.

- *Kanban*: su objetivo principal es comunicar efectivamente mediante herramientas visuales las actividades por hacer, en proceso y terminadas a todo el personal, de tal manera que estén en sintonía con las operaciones.

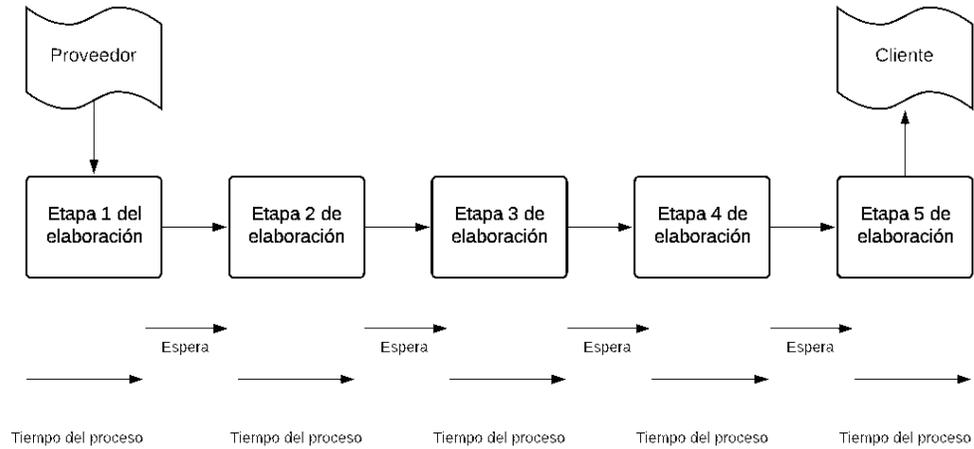
Tabla I. **Diseño de un tablero Kanban**

¿QUÉ HACER?	¿QUÉ SE ESTÁ HACIENDO?	¿QUÉ SE HIZO?
Actividad 1 Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4

Fuente: elaboración propia.

- VSM (*Value Stream Mapping*) o Mapa de flujo de valor: permite visualizar la totalidad del proceso, con el objetivo de comprender el flujo para que un producto sea elaborado y llegue al cliente final, de esta manera se descubren las operaciones que no aportan valor para luego erradicarlas.

Figura 4. **Diseño modelo VSM**



Fuente: elaboración propia, realizado con Lucidchart.

7.4.4. **Indicadores**

Cada empresa busca optimizar de alguna manera sus procesos al implementa la Metodología Esbelta, es por eso que, dependiendo de su objetivo existirán diferentes indicadores. Conociendo los focos en los que se centra la Metodología Esbelta los cuales son: reducción de tiempos, inventario, tiempos muertos, esperas, calidad del producto final, costos y la distribución del espacio físico. Se pueden entonces establecer los indicadores basándose en los focos como en el siguiente ejemplo:

Tabla II. **Indicadores**

Área	Indicadores
Recepción de materia prima	Tiempo de espera Tiempo en operaciones Tiempos muertos
Almacén	Nivel de inventario Tiempo de espera Tiempo en operaciones Tiempos muertos

Continuación Tabla II.

Producción	Porcentaje de producto defectuoso
	Tiempo de espera
	Tiempo en operaciones
	Tiempos muertos
Despacho	Nivel de inventario
	Tiempo de espera
	Tiempo en operaciones
	Tiempos muertos
Transporte	Tiempo de espera
	Tiempo en operaciones
	Tiempos muertos

Fuente: elaboración propia.

7.5. Impacto de la optimización de procesos mediante la Metodología Esbelta

El proceso de la aplicación de la metodología se basa en: definir el valor de las operaciones, eliminar operaciones que no agregan valor, determinar los flujos de trabajo, producir de acuerdo a la necesidad del cliente y finalmente buscar la perfección en el proceso. Por lo que existe un periodo de observación, implementación y medición de resultados.

Posteriormente a la implementación de la Metodología Esbelta, en un proceso se determina el resultado obtenido, si hubo mejoras y cuál fue el impacto de estas, por lo que los resultados esperados son: determinación de oportunidades de mejora y la calidad del producto final.

7.5.1. Oportunidades de mejora

Haciendo uso de las herramientas de la Metodología Esbelta, como el Mapa de flujo de valor, se puede tener visión general del proceso. Como anteriormente se estableció en la sección 7.4.3, esta herramienta facilita visualizar que actividades aportan valor y no aportan al producto. Es aquí en donde se determinan las oportunidades de mejora.

Una vez identificada toda aquella actividad o área en general que necesita mejora, comienzan los cambios. Por ejemplo, si se determina un cuello de botella en una operación, se procede a atacar este problema y encontrar la raíz del mismo, hasta llegar a una solución y erradicar esta actividad que no aporta valor al proceso.

Es entonces, así como la Metodología Esbelta al ser aplicada permite encontrar en donde existen oportunidades de mejora.

7.5.2. Aseguramiento de calidad

La optimización de un proceso va de la mano con un incremento en la calidad del producto final. Al contar con un proceso ordenado, limpio, con un flujo secuencial y menores tiempos perdidos resulta en una oportunidad para aumentar la calidad. Es más sencillo determinar porque se están elaborando productos defectuosos si se tiene control sobre el flujo de proceso, por lo que la operación de inspección de calidad se vuelve más fácil de llevar a cabo.

De igual manera, la Metodología Esbelta permite identificar toda aquella operación, que se puede mejorar para impactar de manera positiva la calidad del producto final.

7.6. Medición de optimización de procesos mediante la Metodología Esbelta

Solo se puede saber si el proceso fue optimizado al analizar los indicadores establecidos, los cuales se pueden examinar mediante comparaciones estadísticas, como lo son análisis porcentuales entre los tiempos de producción obtenidos posterior a la implementación de la metodología y previo a su implementación. Al igual que se esperan resultados como: mejora de productividad, reducción de desperdicio, mejora de tiempos y aumento en la calidad del producto final.

7.6.1. Resultados

Ibarra (2017), menciona que los resultados obtenidos una vez empleada la Metodología Esbelta en un proceso son:

- Mejora de productividad: se producirán más productos con el mismo capital, utilizado previo a la implementación de la metodología.
- Cero o poco desperdicio: resultando en menor número de productos defectuosos.
- Tiempos: se podrá trabajar con una carga mayor de trabajo y volumen, ya que se producirá bastante en un tiempo menor, al igual que asegura disponibilidad del producto al mercado.
- Servicio al cliente: el cliente obtendrá su producto a tiempo y en el lugar que desee, serán entregas justo a tiempo.

7.6.2. Evaluación de los indicadores

Como se mencionó previamente en la sección 7.6, mediante un análisis estadístico se evalúan los indicadores, determinando así las áreas en las que existe oportunidad de mejora. Identificando las áreas y operaciones críticas se procede a implementar acciones para optimizar los procesos. Por ejemplo, evaluando la siguiente tabla de datos y sus indicadores se determina que área es crítica para implementa un plan de mejora:

Tabla III. Evaluación de indicadores

Área	Tiempo por operación		Tiempo por esperas
Producción	Operación 1	10 min	0 min
	Operación 2	60 min	20 min
	Operación 3	60 min	25 min
	Tiempo total:	130 min	45 min
Despacho	Operación 1	5 min	0 min
	Operación 2	30 min	0 min
	Operación 3	60 min	15 min
	Tiempo total:	95 min	15 min
Transporte	Operación 1	30 min	10 min
	Operación 2	60 min	30 min
	Operación 3	60 min	90 min
	Tiempo total:	150 min	130 min

Fuente: elaboración propia.

Mediante la tabla III, se puede determinar qué área crítica requiere ser optimizada. El área de transporte tiene un tiempo total por operación de 150 minutos y producción de 130 min. Reduciendo ambas, puede resultar en una

producción a mayor volumen en un periodo menor o un incremento en la rapidez de entrega al cliente final.

Primero, se analiza cual es la necesidad de la empresa, si su problema es que necesita producir más, porque no cumple con la demanda del cliente o si se le dificultan los tiempos de entrega. Una vez establecida la prioridad se comparan los tiempos de espera y de operación. Donde el tiempo de espera debe ser menor al tiempo por operación, de considerarse muy cercano, es porque se pierde tiempo valioso, considerándolo un tiempo muerto. Esta será el que represente mayor costo para la empresa.

Finalmente, según la prioridad y objetivo de la empresa, en este caso volumen de producción o tiempos de entrega, se determina la oportunidad de mejora y se comienza a elaborar un plan de optimización.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

2. MARCO TÉORICO

2.1. Producción en la industria

2.1.1. Inventario

2.1.2. Capacidad de producción

2.1.3. Productividad y eficiencia

2.2. Distribución del espacio en fábrica

2.2.1. Tipos de distribución

2.2.1.1. Producto estático

2.2.1.2. Basada en producto

2.2.1.3. Grupos de trabajo

2.2.2. Factores que afectan la distribución

2.2.2.1. Distancias recorridas

- 2.2.2.2. Flujo de proceso
 - 2.2.2.3. Satisfacción
 - 2.2.2.4. Flexibilidad
 - 2.3. Análisis de procesos
 - 2.3.1 Optimización de procesos industriales
 - 2.3.2. Mejora continua
 - 2.3.3. Técnicas de optimización
 - 2.4. Metodología Esbelta
 - 2.4.1. Filosofía Esbelta
 - 2.4.2. Valor agregado en los procesos
 - 2.4.3. Herramientas fundamentales
 - 2.4.4. Indicadores
 - 2.5. Impacto de la optimización de procesos mediante la Metodología Esbelta
 - 2.5.1. Oportunidades de mejora
 - 2.5.2. Aseguramiento de calidad
 - 2.6. Medición de optimización de procesos mediante la Metodología Esbelta
 - 2.6.1. Resultados
 - 2.6.2. Evaluación de los indicadores
- 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
 - 4.1. Diagnóstico de la gestión de los procesos de producción de ventanas tipo PVC
 - 4.2. Propuesta de diseño de las nuevas operaciones en el flujo de producción

4.3. Análisis de los beneficios de las nuevas operaciones para la optimización de producción

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología de investigación en donde se describe el enfoque, diseño tipo de estudio, alcances, variables e indicadores, fases y resultados esperados.

9.1 Enfoque

El enfoque de la investigación es mixto ya que se utilizarán técnicas cualitativas como: entrevistas, observación directa y análisis FODA durante la recolección de datos. De igual manera, se emplearán técnicas cuantitativas en la medición de tiempos en cada etapa del proceso, realizando análisis estadísticos del tiempo promedio de producción y atrasos.

9.2 Diseño

El diseño de investigación es no experimental, debido que los datos serán obtenidos mediante herramientas de medición con la finalidad de realizar una observación directa y analizar las mediciones de tiempo para determinar los procesos y áreas en donde se deban realizar mejoras.

9.3 Tipo

El tipo de estudio es prospectivo, ya que no existe una base de datos previa en donde se analicen los datos. Haciendo un registro de datos para luego

analizar el promedio de minutos empleados en cada actividad que forme parte del proceso de producción se evaluarán diseños para optimizar el proceso.

9.4 Alcance

El alcance metodológico es descriptivo debió a que la finalidad del estudio es optimizar el proceso de producción analizando las metodologías actuales de producción midiendo, evaluando y recolectando datos de tiempo.

9.5 Variables e indicadores

Tabla IV. Operacionalización de variables

Objetivo	Variable	Tipo	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
				Observación directa	
Identificar las actividades que forman parte del proceso de producción.	Actividades y estructura del proceso de producción actual	Dependiente Cualitativa Ordinal Nominal	Etapas del proceso Cantidad de personal	Entrevista a los operarios y dueño Análisis estadístico del tiempo promedio FODA	La tabulación se presentará mediante una matriz de análisis

Continuación tabla IV.

<p>Describir la medición de los atrasos en las actividades del proceso de producción.</p>	<p>Tiempo en los procesos de producción</p>	<p>Dependiente Cuantitativa Ordinal</p>	<p>Tiempo promedio de atrasos en el proceso (minutos)</p>	<p>Observación directa Entrevista a los operarios y dueño Análisis estadístico del tiempo promedio (minutos)</p>	<p>La presentación de datos se hará mediante flujogramas y matriz de análisis.</p>
<p><i>Ishikawa</i></p>					
<p>Adaptar la Metodología Esbelta para el desarrollo del proceso de elaboración de ventanas tipo PVC en la empresa de productos para la construcción.</p>	<p>Desarrollo de la Metodología Esbelta</p>	<p>Dependiente Cualitativa Nominal</p>	<p>Desarrollo de la Metodología Esbelta: procedimientos, actividades e indicadores</p>	<p>Filosofía <i>Kaizen</i>: Clasificar y Ordenar Identificación de mudas <i>Kanban</i> VSM</p>	<p>La presentación de datos se hará mediante flujogramas y matriz de análisis</p>

Continuación Tabla IV.

<p>Evaluar los beneficios obtenidos la Metodología Esbelta en el proceso de producción de ventanas tipo PVC en la empresa de productos para la construcción.</p>	<p>Evaluación de los beneficios</p>	<p>Dependiente Cuantitativa Ordinal Nominal Cualitativa</p>	Tiempo de cada etapa (minutos)	FODA	
			Cantidad de etapas	Entrevista a operarios y dueño	La presentación de datos se
			Cantidad de personal	Análisis estadístico del tiempo promedio	hará mediante flujogramas y matriz de análisis
			Porcentaje de tiempo optimizado		
			Factibilidad de implementación		

Fuente: elaboración propia.

9.6 Fases

Para cumplir los objetivos del proyecto el diseño de investigación se guiará por las siguientes fases:

- Primera Fase. Revisión documental: se estudiará documentación como libros e investigaciones previas sobre la implementación de Metodologías Esbeltas en industrias de producción de ventanas, cuyo objetivo sea la optimización de tiempos en áreas de producción. Esta etapa se realizará durante 3 semanas.
- Segunda Fase. Identificación de actividades: se identificarán el conjunto de actividades que forman el proceso de producción de una ventana tipo

PVC mediante entrevistas al personal, observación directa, elaboración de un FODA para la línea de producción y toma de tiempos para cada actividad que forma parte del flujo de proceso con los cuales se obtendrá un promedio de tiempo por actividad. El diseño del FODA se encuentra en el Apéndice 3. Para la toma de tiempos el modelo se ubica en el Apéndice 7.

Se planea que las entrevistas sean realizadas en el transcurso del mañana previo a la hora de inicio para no interrumpir las actividades laborales de cada empleado. Las entrevistas tendrán una duración menor a diez minutos. Las entrevistas que sean posibles se harán de manera presencial, de lo contrario serán virtuales. Tanto en las entrevistas como en la observación directa se seguirán los protocolos establecidos por el gobierno y la empresa referente a la prevención de contagio por COVID-19.

- Tercera Fase. Descripción de los atrasos: se describirá la medición de los atrasos, indicadores y actividades que resultan en un mal uso de tiempo en las actividades de producción de una ventana tipo PVC Esta etapa se realizará durante 4 semanas.

Durante la jornada laboral se observará directamente el proceso de producción, desde la recepción de materia prima hasta el producto terminado. Se establecerá el flujo de proceso mediante un flujograma que muestre de manera clara y precisa cada actividad en la fase de producción. Mediante un diagrama de *Ishikawa* se establecerán las causas que resultan en atrasos. El diseño del diagrama de Ishikawa se encuentra en el Apéndice 4.

- Cuarta Fase. Desarrollar la Metodología Esbelta: se desarrollará la Metodología Esbelta para la reducción de desperdicio dentro del proceso

de producción y reducción de inventario, estableciendo los posibles arreglos de maquinaria y personal, reorganizado la ubicación de la materia prima y producto terminado. Esta etapa durará 8 semanas.

Se utilizarán herramientas auxiliares para adaptar la Metodología Esbelta al proceso de producción con el fin de optimizarlo. Inicialmente, todo lo que presente tiempo muerto, duplicidad de actividades y mal uso del espacio se eliminara. Inicialmente se identificarán las mudas, es decir, mediante la observación directa se detectará si existe sobreproducción, producción de piezas defectuosas, incorrecto transporte y manejo de material, retrasos, esperas y movimientos innecesarios.

Seguidamente, se aplicará parte de la filosofía *Kaizen* como herramienta de apoyo, en donde se clasificará y ordenará todo aquello que si aporte valor al flujo de proceso. Luego, mediante un “*Kanban*” se aplicará un sistema de información que controle de forma armónica los materiales necesarios en cantidad y tiempo en cada uno de los procesos en la línea de producción. Este sistema consta de una pizarra dividida en tres columnas, las cuales son: actividades por hacer, actividades en progreso y actividades finalizadas. Esto con el fin de organizar las actividades diarias durante el proceso y que este a la vista de todo el personal, así todos estarán enterados. El modelo del *Kanban* se encuentra en el Apéndice 5.

Finalmente, mediante un VSM (*Value Stream Mapping*) se diagramará el flujo de los productos y la información dentro del proceso de producción, desde el inicio hasta la entrega al cliente. El objetivo del diagrama será poder visualizar, analizar y mejorar el flujo de la producción y que todo el personal este familiarizado con él. Esto facilitará encontrar oportunidades de mejora,

eliminando desperdicios dentro del proceso. El modelo del VSM se encuentra en el Apéndice 6.

- Quinta Fase. Evaluación de beneficios: se evaluarán de los beneficios que se obtendrán al adaptar la Metodología Esbelta a la producción de una ventana tipo PVC en el área de producción durante 3 semanas.

Con los datos de tiempo promedio para cada actividad, esperas, tiempos muertos y atrasos recolectados en las fases anteriores se hará una comparación con nuevos datos de tiempo promedio por actividad. Estos nuevos datos se determinarán asumiendo que las actividades que generaban desperdicio dentro del proceso fueron eliminadas, el espacio y personal está organizado de una manera óptima y existe un flujo continuo de producción. El diseño de la tabla de comparación de tiempos se encuentra en el Apéndice 8.

Seguidamente se hará una comparación visual mediante gráficos de barras con datos tabulados en Microsoft Excel donde se apreciará la optimización en el flujo de proceso, se visualizará el tiempo empleado para la producción de una ventana tipo PVC previo a la adaptación de la Metodología Esbelta y la reducción de tiempo actual después de haber adaptado la Metodología Esbelta al flujo de proceso.

Finalmente, se realizará una entrevista final al dueño de la empresa en donde se muestre el nuevo flujo de proceso en comparación al antiguo flujo de proceso, junto con el análisis visual de la diferencia de tiempos y como se puede optimizar la producción de ventanas tipo PVC, identificando que actividades son innecesarias, donde y como se eliminarán los tiempos muertos/esperas, así como la reorganización del espacio físico y del personal. En donde se espera

obtener retroalimentación del nuevo proceso, si se está conforme y puede ser implementado en un futuro.

9.7 Resultados esperados

La finalidad del proyecto de investigación será la optimización de tiempo en la producción de ventanas tipo PVC que ayude cumplir las expectativas de los clientes en los tiempos de entrega.

A su vez, obteniendo tiempos de producción menores a los actuales, orden y limpieza dentro del área de producción, la eliminación de tiempos muertos y cuellos de botella.

Finalmente, se espera obtener el informe final que satisfaga las directrices impuestas por la Universidad San Carlos de Guatemala, en conjunto con la Escuela de Estudios de Postgrado.

9.8 Población y muestra

La población de la empresa tiene un tamaño menor a 30 individuos. Se trabajará con el personal de producción, por lo que la muestra a analizar será de 20 operadores. Esta será la unidad de análisis para la elaboración de flujogramas, matriz de análisis y análisis estadístico, entrevistas y observaciones directas.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En la siguiente sección se hará una descripción de las herramientas que se utilizará para el análisis de la recolección de datos durante la investigación. El capítulo incluirá las técnicas y métodos para la evaluación de los beneficios y factibilidad del trabajo.

10.1 Herramientas de recolección

- Entrevista no estructurada: la finalidad de esta recolectar descripciones precisas sobre las operaciones realizadas, en cada una de las actividades que conforman el flujo de producción. Se complementará con la información obtenida mediante la observación directa.
- Entrevista estructurada: se utilizará con el objetivo de identificar todas las actividades, que forman parte del proceso de producción de ventanas tipo PVC. Irá dirigida a los operadores del área de producción. De igual manera se recolectará información acerca de qué aspectos personalmente creen que necesitan mejora, nuevas ideas, que operaciones son las que consumen más tiempo, así como donde se generan atrasos, tiempos y que áreas necesitan una reestructuración. Se complementará con la información obtenida mediante la observación directa.

Las dos entrevistas irán dirigidas a los operadores de producción y el dueño de la empresa. La finalidad de la entrevista estructurada es conseguir información importante para la creación del trabajo de flujo y obtener una visión

de que áreas serán la que necesiten mayor atención. De igual manera, la entrevista no estructurada su objetivo es recolectar información importante para comprender y así estructurar un flujo de producción.

- Observación directa: esta técnica tiene como finalidad identificar cada una de las operaciones que forman parte del flujo de producción de ventanas tipo PVC. Permitirá establecer una secuencia lógica de las actividades de producción. Se podrá medir el tiempo empleado por actividad, atrasos y tiempos muertos. El diseño de tabla de toma de tiempos se encuentra en el Apéndice 7.
- Identificación de mudas: junto con la observación directa se analizar las mudas dentro del proceso como: sobreproducción, esperas, movimientos innecesarios de productos y materia prima, sobreprocesos o procesos inapropiados, excesos de inventarios, movimientos innecesarios de personas y equipos, así como defectos y errores que no aporten valor al proceso.
- FODA: la finalidad es diagnosticar la situación de la empresa, determinando sus características internas y externas en una matriz cuadrada estrictamente del área de producción. Se identificarán las fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas, con la finalidad de establecer las áreas y operaciones que requieran mayor atención. El diseño del FODA se encuentra en el Apéndice 3.
- *Ishikawa*: mediante un diagrama de causa-efecto, una vez identificadas operaciones con tiempos muertos, atrasos, flujos de producción interrumpidos, exceso de materiales, duplicidad de actividades y la incorrecta distribución del personal y máquinas se determinarán las

causas que generan estos problemas. El diseño del diagrama de Ishikawa se encuentra en el Apéndice 4.

10.2 Herramientas de análisis

Análisis estadístico del tiempo promedio:

Tabla V. **Fórmulas para media aritmética y desviación estándar**

Tipo de indicador	Fórmula	¿Qué mide?
Media aritmética	$X = \frac{\sum xi}{N}$	Promedio de un conjunto de datos
Desviación estándar	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - X)^2}{N}}$	Dispersión respecto al promedio
Porcentaje optimizado	$\% = \frac{T1 - T2}{T1}$	Cantidad de tiempo ahorrado después de adaptar la Metodología Esbelta

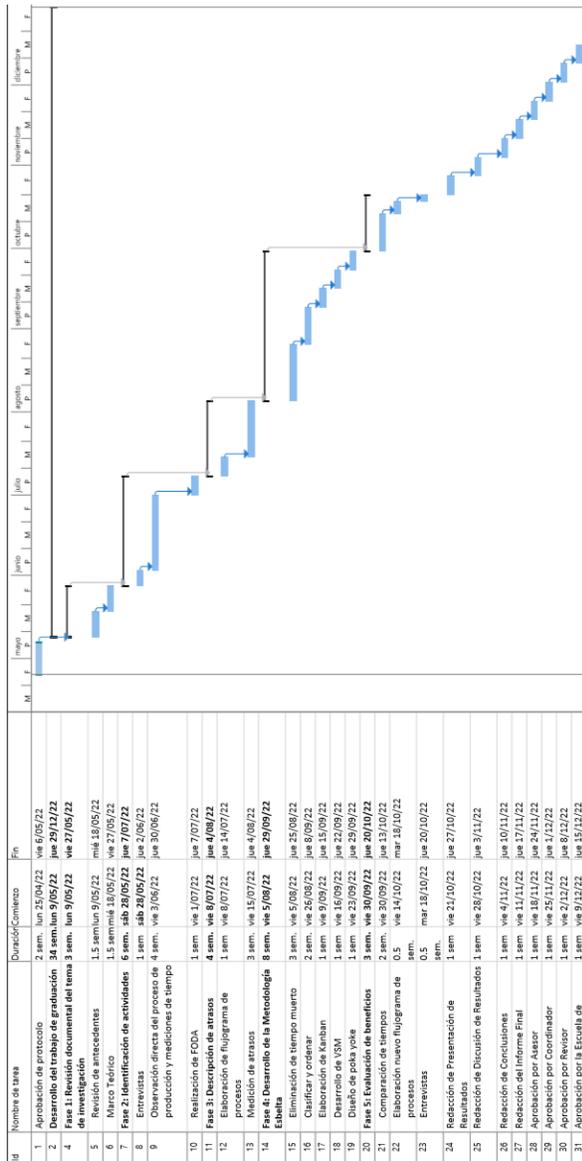
Fuente: elaboración propia con información obtenida de Devore, (2012). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias*. (p. 13, 25 y 32).

Se analizarán los datos de tiempo recolectados para cada actividad que forme parte del flujo de producción, con el fin de promediar el total de tiempo empleado por operación. De igual manera, si existen atrasos y tiempos muertos. De esta manera se identificarán las áreas prioritarias que requieren ser optimizadas. La tabla de análisis estadístico del tiempo promedio se encuentra en el Apéndice 7.

- Filosofía *Kaizen*: como herramienta auxiliar se aplicarán dos principios de la filosofía *Kaizen*: Clasificar y Ordenar. Una vez establecidas las áreas críticas de optimización se clasificará todo material, operación y personal que aporte o no valor al proceso de producción. También se ordenará el espacio físico y distribuirá el personal buscando un flujo de proceso continuo y armónico.
- *Kanban*: para llevar un control estricto y fluido del proceso de producción se hará uso de una pizarra en la línea de producción, en donde se identifiquen: actividades por hacer, actividades en progreso y actividades finalizadas. Así, los operadores podrán estar al tanto de las operaciones y ventanas necesarias por ensamblar en cantidad y tiempo necesarios. El diseño de la tabla *Kanban* se encuentra en el Apéndice 5.
- VSM: conocido como *Value Stream Mapping* o Mapa del flujo de valor, se analizarán el flujo de materiales e información necesarias para producir ventanas. El objetivo de esta herramienta es identificar cuello de botellas, donde se desperdician materiales, recursos (hombre o máquina), productos y definir la causa de máximos y mínimos en los inventarios. Así se podrán plasmar planes de acción e implementarlos para alcanzar la excelencia operacional. El diseño del VSM se encuentra en el Apéndice 6.

11. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma



Fuente: elaboración propia. Realizado con MS Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio es factible realizarlo, ya que los recursos requeridos para llevar a cabo las fases establecidas en el cronograma de investigación están al alcance, ya se cuenta con la mayoría de ellas y el resto la empresa las brindará sin ningún costo.

La empresa fabricante de ventanas tipo PVC autoriza el uso de sus instalaciones para la recolección de datos, así como usar los mismos en el estudio, siempre respetando los derechos intelectuales e industriales. La investigación será financiada por la empresa y el investigador de acuerdo como el presupuesto presentado en la tabla VI.

Tabla VI. **Presupuesto**

ÍTEM		CANTIDAD	COSTOS (Q)		FUENTES DE FINANCIAMIENTO
	Asesor	1	Q	-	Donación
Recurso humano	Investigador	1	Q	15,000.00	Propio
	Operadores	25	Q	-	Industria
	Entrevistados	28	Q	-	Industria
Recursos	Alimentación	72	Q	3,600.00	Industria
Materiales	Combustible		Q	2,160.00	Propio
Recursos Físicos	Electricidad		Q	900.00	Propio
	Depreciación de vehículo		Q	1,000.00	Propio

Continuación tabla VI.

ÍTEM		CANTIDAD	COSTOS (Q)	FUENTES DE FINANCIAMIENTO
	Computadora	1	Q 3,000.00	Propio
Recursos Tecnológicos	Microsoft Project		Q 600.00	Propio
	Microsoft Excel		Q 600.00	Propio
	Programa anti- plagio		Q 600.00	Propio
Varios	Internet		Q 1,200.00	Propio
	Imprevistos (5 %)		Q 1,433.00	Propio
Costo total de la investigación			Q 30,093.00	

Fuente: elaboración propia.

El 82 % de los costos serán cubiertos por el investigador siendo un total de Q 24, 676.26.

13. REFERENCIAS

1. Aranibar, E (2019) *“Aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el sector industrial”* Universidad Privada del Norte.
2. Ari, E.M. (2016) *“Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera”* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
3. Ballesteros, D.P (2008) *“Importancia de la administración logística”* Pereira, Colombia: Scientia et Technica.
4. Benites, M. (2018) *“Uso de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la industria metalmecánica peruana”* Universidad Privada del Norte.
5. Chandel, J.P (2016) *“Aplicación de técnicas Lean en la empresa Lacetex, S.A.”* Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
6. Corrado, M. (2000). *Consejos y proyectos del arquitecto para Las ventanas*. Barcelona: Es de Vecchi.
7. de la Fuente, D. (2005) *“Distribución en planta”*. Oviedo, España: Universidad Oviedo Servicio de Publicaciones.

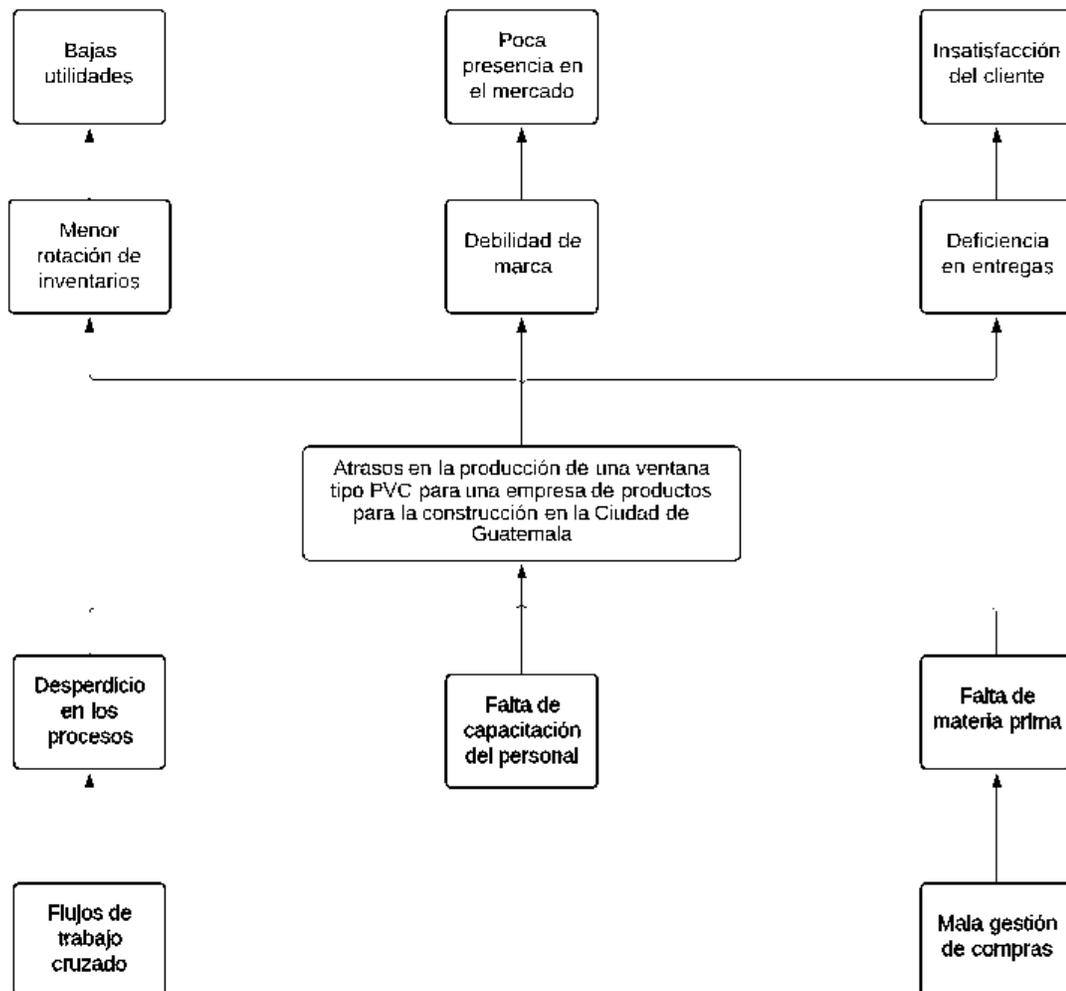
8. Deming, W.E. (1986) *“Out of the crisis”*. Cambridge, Massachusetts: MIT/CAES.
9. Devore, (2012). *“Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias.”* Mexico, Mexico DF: Cengage Learning Editores.
10. Gaither, N. (2000) *“Administración de producción y operaciones”* 8ª Edición. Mexico: International Thomson Editores, S.A.
11. García, J.E (2003) *“Competividad y eficiencia”*. Valencia, España: Universidad de Valencia Servicio de Publicaciones.
12. García, J.P (2020) *“Distribución en planta”* Valencia, España: Creative Commons.
13. González, F (2007) *“Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas”* Querétaro, México: Revista Panorama Administrativo.
14. Hornbostel, C. (1999). *Materiales Modernos para construcción, usos y aplicaciones*. México: LIMUSA.
15. Ibarra, V.M. (2017). *Manufactura Esbelta*. México: Instituto Tecnológico de Aguas Calientes
16. López, J. (2012) *“Productividad”*. Indiana, Estados Unidos: Palibrio.

17. Molina, L (2016) *“Lean Manufacturing en los procesos de un centro de distribución para incrementar la productividad”* Universidad Autónoma del Estado de México.
18. Padilla, L (2010) *“Lean Manufacturing Manufactura Esbelta/Ágil”* Guatemala, Guatemala: Revista Ingeniería Primero.
19. Parra, P. (2017) *“Análisis descriptivo de procesos industriales en ingeniería industrial”* Quito, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala.
20. Quispe, D (2015) *“Diagnóstico y propuesta de mejora en el proceso de fabricación de ventanas con marco de PVC en la empresa ventanas y estilos empleando herramientas de investigación de operaciones”* Universidad Católica del Perú.
21. Rodmy Javier, C.T (2019) *“Desarrollo del sistema Lean Six Sigma para la detección y eliminación de fallas en el proceso de tejidos de polipropileno”* Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
22. Sasha, S.P (2016) *“Hacia la reducción de pérdidas en la construcción: mejoras en el proceso constructivo de ventanas”* Universidad Técnica Federico Santa María.
23. Schroeder, R.G (2015) *“Administración de operaciones”*. México DF: McGraw Hill.
24. Suarez, M.F (2009) *“Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua”* Monterrey, México: Pecvenia.

25. Vergara, P (2005) *“Optimización de Procesos Industriales y Control de Calidad”* Santiago de Chile, Chile: Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia, realizado con Lucidchart.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Objetivo	Nombre de las variables	Indicadores	Técnicas o instrumentos	Metodología
Identificar las actividades que forman parte del proceso de producción.	Actividades y estructura del proceso de producción actual	Etapas del proceso Cantidad de personal	Observación directa	Visita al área de producción de la empresa para observar el flujo de procesos
			Entrevista a los operarios y dueño	Elaboración de preguntas para la entrevista
			Análisis estadístico del tiempo promedio	Toma de tiempos en cada etapa del proceso actual y obtención de datos estadísticos mediante Microsoft Excel
			FODA	Determinar las fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas del área de producción
Describir la medición de los atrasos en las actividades del proceso de producción.	Tiempo en los procesos de producción	Tiempo promedio de atrasos en el proceso (minutos)	Observación directa	Visita al área de producción de la empresa para observar el flujo de procesos
			Entrevista a los operarios y dueño	Elaboración de preguntas para la encuesta
			Análisis estadístico del tiempo promedio (minutos)	Toma de tiempos en los cuellos de botella y atrasos que ocurren en el proceso actual y obtención de datos estadísticos mediante Microsoft Excel
			Ishikawa	Identificar y documentar las causas que tienen como efecto atrasos de tiempo

Continuación apéndice 2.

<p>Adaptar la Metodología Esbelta para el desarrollo del proceso de elaboración de ventanas tipo PVC en la empresa de productos para la construcción.</p>	<p>Desarrollo de la Metodología Esbelta</p>	<p>Desarrollo de la Metodología Esbelta: procedimientos, actividades e indicadores</p>	<p>Filosofía Kaizen: Clasificar y Ordenar Identificación de mudas Kanban VSM</p>	<p>Utilizar la filosofía Kaizen para clasificar los procesos, ordenar la maquinaria, personal y herramientas, estandarizar los procesos esbeltos y capacitar al personal para mantener la cultura de producción esbelta</p> <p>Identificación de desperdicio dentro de la producción respecto a transporte, inventario, movimientos innecesarios, esperas, sobreproducción, sobre procesado y defectos</p> <p>Controlar la fabricación de ventanas en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos mediante el sistema de información Kanban</p> <p>Realizar un mapa de flujo de valor (VSM = <i>Value Stream Mapping</i>) para visualizar y analizar el flujo de procesos determinando si cada paso añade valor al producto desde la perspectiva del cliente.</p>
<p>Evaluar los beneficios obtenidos la Metodología Esbelta en el proceso de producción de ventanas tipo PVC en la empresa de productos para la construcción.</p>	<p>Evaluación de los beneficios</p>	<p>Tiempo de cada etapa (minutos) Cantidad de etapas Cantidad de personal Porcentaje de tiempo optimizado Factibilidad de implementación</p>	<p>FODA Entrevista a operarios y dueño Análisis estadístico del tiempo promedio</p>	<p>Determinar las fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas del área de producción</p> <p>Elaboración de preguntas para la entrevista</p> <p>Toma de tiempos en cada etapa del proceso y obtención de datos estadísticos mediante Microsoft Excel</p>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **FODA**

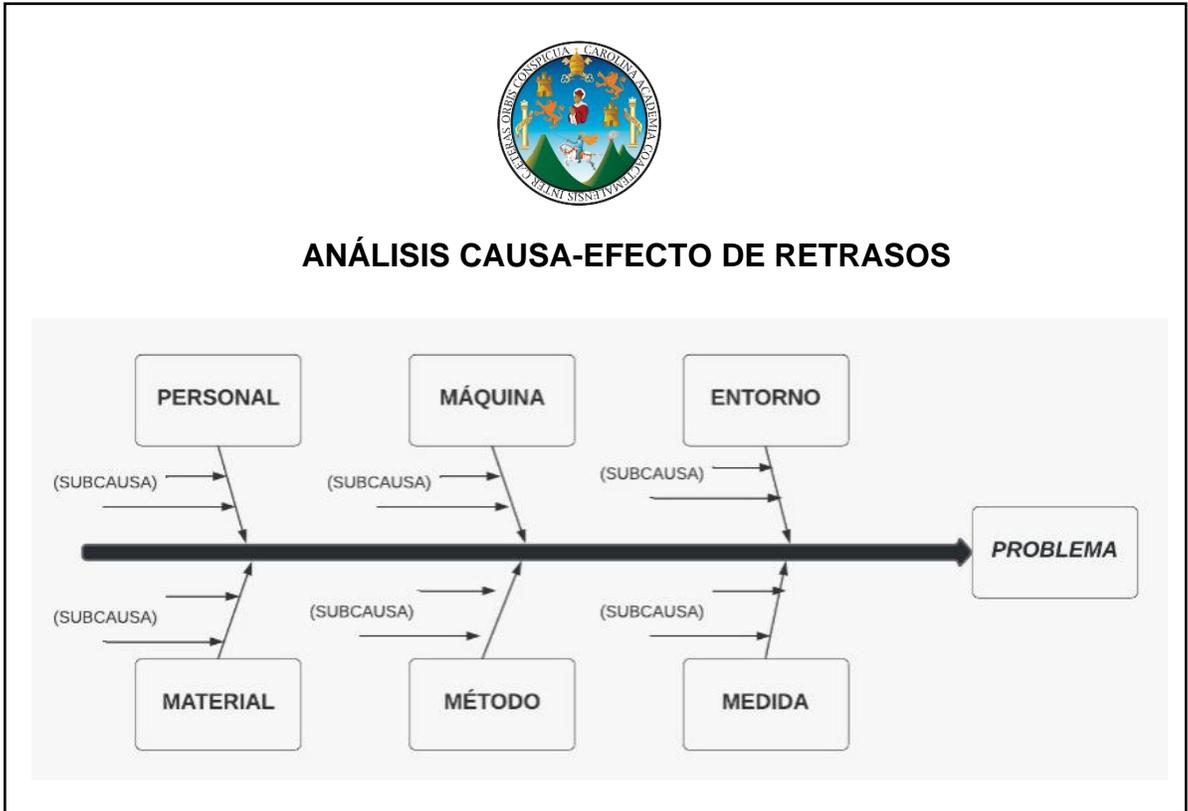


ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VENTANAS TIPO PVC

FORTALEZAS	DEBILIDADES
OPORTUNIDADES	AMENAZAS

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia, realizado con Lucidchart.

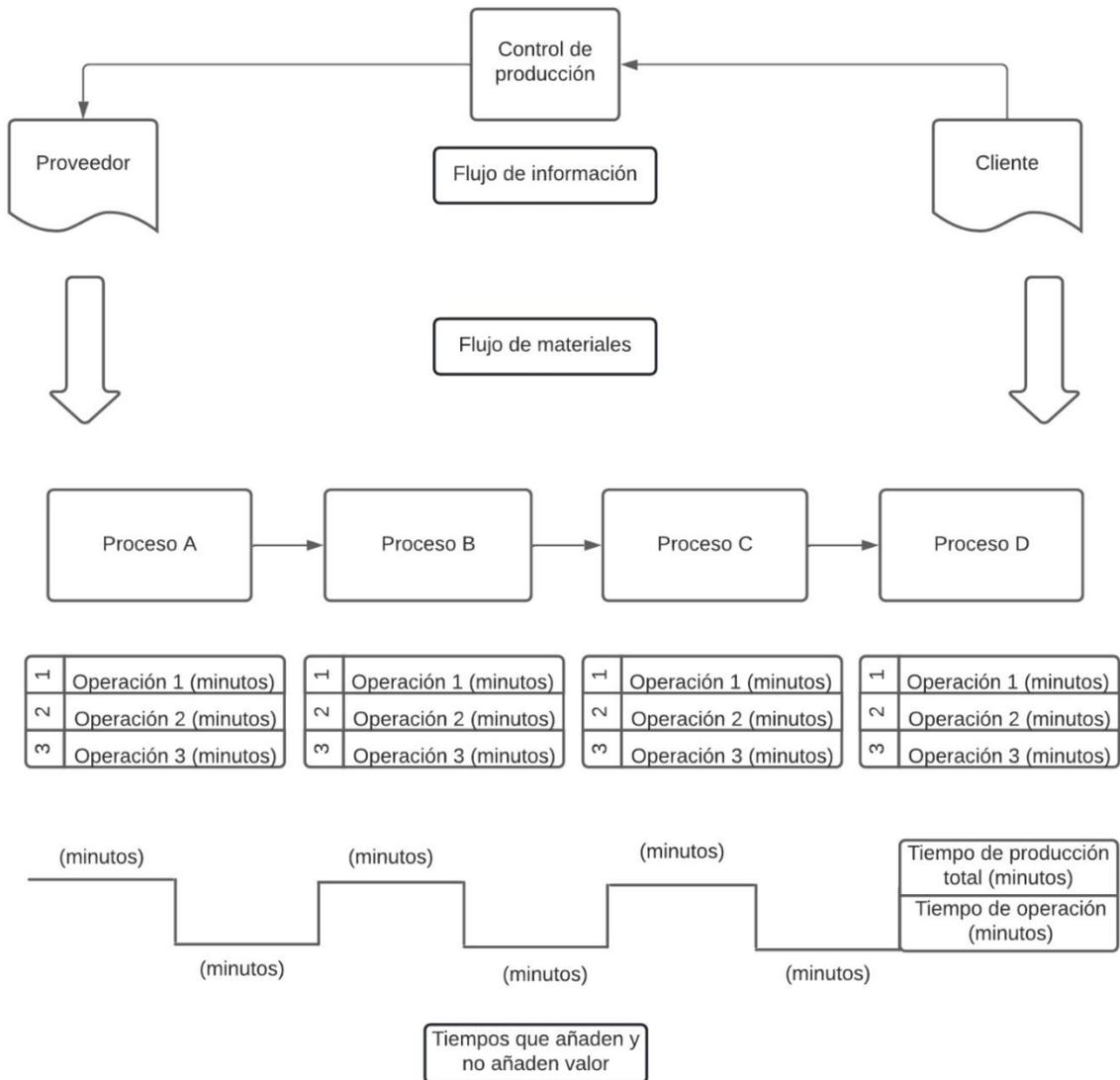
Apéndice 5. Diseño Kanban

 CUADRO DE OPERACIONES EN PROCESO DE ELABORACIÓN DE VENTANAS TIPO PVC		
Instrucciones: Ingresar las operaciones del día pendientes por hacer en la primera columna. Las operaciones del día que están siendo ejecutadas en la segunda columna y las operaciones del día terminadas en la última columna		
Operaciones por hacer	Operaciones en progreso	Operaciones finalizadas

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Diseño VSM

MAPA DE FLUJO DE VALOR:



Fuente: elaboración propia, realizado con Lucidchart.

Apéndice 7. Toma de tiempos

HOJA TOMA DE TIEMPOS NO. []	ANÁLISIS DE TIEMPOS POR OPERACIÓN				FECHA:		
	AREA/DEPARTAMENTO						
Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo promedio	Media aritmética	Desviación estándar
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Comparación de tiempos**

HOJA TOMA DE TIEMPOS NO. []	COMPARACIÓN DE TIEMPOS POR OPERACIÓN		FECHA:
	AREA/DEPARTAMENTO		
Operación	Tiempo promedio previo a optimización (minutos)	Tiempo promedio posterior a optimización (minutos)	Cantidad de tiempo optimizado (%)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Entrevista estructurada

<h3>ENTREVISTA A PERSONAL</h3> <p>Nombre entrevistado:</p>	 <p>Fecha:</p>
<ol style="list-style-type: none">1. ¿Cuál es su función en el área de producción?2. ¿Considera que podría desempeñar mejor su rol? ¿De qué manera?3. ¿Qué herramientas o técnicas utilizaría para mejorar su desempeño?4. ¿Considera que se pierde tiempo valioso en los procesos?5. ¿Considera que se desperdicia material en las operaciones?6. ¿Qué área piensa que necesita mejora?7. ¿Qué maquinaria considera obsoleta?8. ¿Qué maquinaria considera que necesita mejoras?9. ¿Por qué considera que las áreas y maquinarias que menciono necesitan mejoras?10. Mencione 3 formas de mejorar el proceso actual:<ul style="list-style-type: none">• _____• _____• _____	

Fuente: elaboración propia.