



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA MINIMIZAR LOS SIETE DESPERDICIOS Y
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS LAMINADOS
CON BAMBÚ A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DE BAMBÚ EN GUATEMALA**

Linda Iveth María Pivaral Gudiel
Asesorado por M.A. CPA Edgar Benjamín Ramírez Masaya

Guatemala, septiembre 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA MINIMIZAR LOS SIETE DESPERDICIOS Y
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS LAMINADOS
CON BAMBÚ A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DE BAMBÚ EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LINDA IVETH MARIA PIVARAL GUDIEL

ASESORADO POR M.A. CPA EDGAR BENJAMÍN RAMÍREZ MASAYA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera A.I
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
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Inga. Helen Rocío Ramírez Lucas
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 UNA PROPUESTA PARA MINIMIZAR LOS SIETE DESPERDICIOS Y
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS LAMINADOS
CON BAMBÚ A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DE BAMBÚ EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 10 de marzo de 2023.



Linda Iveth María Pivaral Gudiel



EEPI-PP-0421-2023

Guatemala, 22 de abril de 2023

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

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 UNA PROPUESTA PARA MINIMIZAR LOS SIETE DESPERDICIOS Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS LAMINADOS CON BAMBÚ A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DE BAMBÚ EN GUATEMALA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por la estudiante **Linda Iveth Pivaral Gudiel** con cui **2277782270101**, 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 Gestión 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,

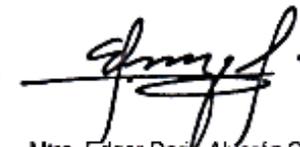
"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Edgar Benjamín Ramírez Masaya
Asesor(a)


Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría



MA. Lic. Edgar Benjamín Ramírez Masaya
CPA Colegiado Activo No. 11734



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



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIMI-0420-2023

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial 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 UNA PROPUESTA PARA MINIMIZAR LOS SIETE DESPERDICIOS Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS LAMINADOS CON BAMBÚ A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DE BAMBÚ EN GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario **Linda Iveth Pivaral Gudiel**, 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. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2023



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.82.2023

El Decano 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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA MINIMIZAR LOS SIETE DESPERDICIOS Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS LAMINADOS CON BAMBÚ A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DE BAMBÚ EN GUATEMALA.**, presentado por: **Linda Iveth Maria Pivaral Gudiel** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 30/09/2023 16:56:58
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, septiembre de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 82 CUI: 2277782270101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial, Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiarme en todos los momentos de mi vida, y permitirme lograr todo lo que hasta hoy he alcanzado
- Mi mamá** Ena Gudiel, por ser una fuente de inspiración, por apoyarme incondicionalmente en cada etapa, ser siempre mi confidente y mejor amiga. Por creer siempre en mí, este triunfo es para ti mami.
- Mis hermanos** Mario, Pablo, Ivonne y Lorena Pivaral, por animarme cada vez que lo necesite y ayudarme con sus consejos.
- Mis abuelitos** Pablo y Blanquita Gudiel por ser el pilar fundamental en mi desarrollo personal y profesional.
- Mis tías** Gisse y Belsy Gudiel por su paciencia, apoyo, dedicación y amor en cada etapa de mi vida.
- Mis sobrinos** Sofia Pivaral, Sara y Abdiel Miranda, Alice Ramirez, por alentarme a ser una mejor persona y mostrarme siempre el lado bonito de la vida, espero que este triunfo les inspire alcanzar siempre sus metas.

Mi compañero de vida

Mario de Leon por ser el complemento perfecto en mi vida, por apoyarme en cada decisión, respaldarme y tenerme paciencia en los momentos más turbulentos de estos años, te amo mucho mi amor.

Mi amado hijo

Alejandro de Leon, por ser mi fuente inagotable de amor y la motivación en cada día de mi vida. Gracias por ser mi inspiración constante.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de culminar mi sueño, es un orgullo ser parte de esta casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme el conocimiento que permitirá mi desarrollo como profesional, y con ello contribuir a la sociedad guatemalteca.

MAGA

Por la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación, por el apoyo y todas las enseñanzas.

Mi asesor

Msc. CPA Benjamín Ramírez, por todo el apoyo en la realización de mi trabajo de graduación, por compartir su experiencia y sabiduría.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SIMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Planteamiento del problema	9
3.2. Contexto y descripción	9
3.3. Preguntas de investigación.....	10
3.3.1. Central	10
3.3.2. Auxiliares	10
3.4. Delimitación	11
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17

7.	HIPÓTESIS.....	19
8.	MARCO TEÓRICO	21
8.1.	Centro de transformación e investigación de bambú	21
8.1.1.	Generalidades.....	21
8.1.1.1.	Ubicación.....	21
8.1.1.2.	Horario de atención	21
8.1.1.3.	Organigrama	22
8.1.2.	Misión	22
8.1.3.	Visión.....	23
8.1.4.	Valores	23
8.1.5.	Historia	23
8.2.	Productos a base de bambú	23
8.2.1.	Bambú.....	24
8.2.1.1.	Definición.....	26
8.2.1.2.	Origen.....	27
8.2.1.3.	Beneficios.....	27
8.2.2.	Variedades de bambú en Guatemala.....	28
8.2.3.	Requerimiento de cultivo	30
8.2.4.	Cadena de suministro	33
8.2.4.1.	Transporte.....	33
8.2.4.2.	Almacenaje.....	34
8.2.4.3.	Proveedores	36
8.3.	Productividad	37
8.3.1.	Definición.....	38
8.3.2.	Medición	38
8.3.3.	Factores que afecta la productividad.....	39
8.4.	Proceso de laminado de bambú.....	39

8.4.1.	Etapa 1: Preparación y selección de materia prima	39
8.4.2.	Etapa 2: Corte.....	40
8.4.2.1.	Corte transversal	40
8.4.2.2.	Corte longitudinal.....	40
8.4.3.	Etapa 3: Cepillado	40
8.4.4.	Etapa 4: Tratamiento y curado.....	41
8.4.4.1.	Tina de curado.....	41
8.4.4.2.	Horno de carbonizado	41
8.4.4.3.	Cuarto de <i>secado</i>	42
8.4.5.	Etapa 5: Conformación de panel	42
8.4.5.1.	<i>Encoladora</i>	42
8.4.5.2.	Prensa hidráulica	42
8.4.6.	Etapa 6: Acabados	43
8.4.6.1.	<i>Lijadora</i>	43
8.4.6.2.	<i>Finger joint</i>	43
8.4.6.3.	<i>Refinadora</i> de borde	43
8.4.6.4.	<i>Grabadora de láser</i>	43
8.4.6.5.	Máquina de reglillas para fibras de <i>tejidos</i>	44
8.5.	Seis sigma.....	44
8.5.1.	Antecedentes.....	45
8.5.2.	Principios	45
8.5.3.	DMAIC	46
8.5.3.1.	D: <i>definir</i>	46
8.5.3.2.	M: medir.....	47
8.5.3.3.	A: analizar.....	47
8.5.3.4.	I: mejorar.....	48
8.5.3.5.	C: controlar	48

8.5.4.	Herramientas.....	48
8.5.4.1.	Diagrama Pareto	49
8.5.4.2.	Diagrama de procesos	49
8.5.4.3.	Lluvia de ideas	49
8.5.4.4.	Sistema Kaizen	49
8.5.4.5.	Siete desperdicios	50
8.5.4.6.	<i>Value Stream Map</i>	51
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	53
10.	METODOLOGÍA	57
10.1.	Enfoque de la investigación	57
10.2.	Diseño de la investigación.....	58
10.3.	Tipo de estudio.....	58
10.4.	Variables e indicadores.....	58
10.5.	Fases de investigación.....	59
10.5.1.	Fase 1: Revisión bibliográfica.....	60
10.5.2.	Fase 2: Diagnóstico situacional y recolección de datos	60
10.5.3.	Fase 3: Descripción de solución a través de aplicación de la metodología DMAIC	61
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	65
12.	CRONOGRAMA	67
13.	FÁCTIBILIDAD DE ESTUDIO	69
14.	REFERENCIAS	73

15. APÉNDICES..... 75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1. Flujo de recolección de datos.....	18
Figura 2. Organigrama empresarial	22
Figura 3. Retoaliamntación del proyecto.....	46
Figura 4. Variables e indicadores.....	59
Figura 5. Cronograma del proyecto.....	67

TABLAS

Tabla 1. Especies de bambú en Guatemala	30
Tabla 2. Requerimiento de bambú	31
Tabla 3. Factibilidad del proyecto.....	70

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
E	Error muestral
6σ	Metodología aplicada en calidad, para reducir Variaciones en los procesos
%	Porcentaje
N	Tamaño de población
n	Tamaño de muestra

GLOSARIO

Adhesivo	Material que se utiliza para unir diferentes capas.
CTQ's	Son parámetros críticos de calidad, importantes para evaluar la relación calidad/expectativa del cliente.
Culmo	Parte superior de la caña de bambú, donde se encuentran las flores y semillas.
DMAIC	Es un ciclo utilizado para la resolución de problemas en la metodología seis sigma que consta de cinco etapas: definición, medición, análisis y mejora.
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
Nudos	Secciones engrosadas que se encuentran a intervalos regulares a lo largo de cada de tallo de bambú.
Prensado	Proceso en el que se aplica presión a las láminas de bambú para que las capas estén unidas de manera segura.
Productividad	Relación de entradas y salidas en un sistema analizado.

Rizoma

Es un tallo subterráneo, que crece de forma horizontal y produce raíces y brotes a lo largo de su longitud, son fundamentales en la propagación y crecimiento.

SIPOC

Es un diagrama utilizado para identificar los proveedores, entradas, proceso, salidas y el cliente del proceso en estudio.

RESUMEN

La aplicación de la metodología Seis Sigma es utilizada en diferentes campos industriales que tienen como finalidad incrementar la productividad en algún proceso productivo específico o un proyecto que se desea llevar a cabo. Con la optimización de recursos, mejora de tiempos y una significativa reducción de costos, se obtiene un incremento en la productividad de cualquier actividad.

El eje fundamental en el que se basan los proyectos realizados bajo la metodología Seis Sigma, es el ciclo DMAIC, este busca generar un impacto positivo en la aplicación en diferentes proyectos, este ciclo es comprendido por: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

La investigación que se desarrolla tiene como objetivo principal incrementar la productividad en la elaboración de tableros laminados de bambú por medio de la aplicación adecuada de la metodología Seis Sigma. Reducir los costos en la fabricación de los tableros, disminuir los tiempos en el proceso productivo, reducir los recursos desperdiciados por la falta de estandarización, entre ellos, horas extras, materia prima, daño al producto terminado. Básicamente optimizar los recursos con los que cuenta el Centro de Investigación, para llevar a cabo un producto que cumpla con los estándares de calidad requerido para posicionarse en el mercado nacional de industrialización y transformación del bambú.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación puede ser denominado una sistematización debido a que muestra como el llevar un control sobre los procesos de la empresa es vital para conocer las actividades en las que es crítico realizar mejoras para obtener las metas establecidas, basado en la aplicación de una metodología que permita incrementar la productividad. Si se realiza un constante análisis de la situación se puede desarrollar una cultura de mejora continua en la que no solo los colaboradores y la empresa obtendrán beneficios si no que se verá el reflejo en el cliente final o la persona beneficiada con este centro, dedicado a la investigación, comercialización e industrialización del bambú.

Debido a la baja productividad que se ha obtenido en la producción de tableros laminados de bambú, se implementará una metodología que tendrá como finalidad optimizar los recursos en el proceso. La necesidad surge porque se ha observado una problemática asociada al desorden, desperdicio de materias, procesos no estandarizados, costos adicionales en horas extras innecesarias de mano de obra.

La herramienta que será utilizada en la resolución de los problemas encontrados es la metodología Seis Sigma, dicha herramienta será implementada en la planta de producción del centro de transformación e investigación de Bambú en el transcurso del año 2023, con el fin de lograr mejoras en la producción, iniciará con un análisis de la situación actual para recopilar los datos necesarios y por lo tanto obtener conclusiones sobre las

mejoras mediante la implementación de la metodología aplicada en el transcurso de la investigación.

El método propuesto para resolver la problemática anteriormente expuesta consiste en un proceso sistematizado que se encarga de: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. A partir de este esquema de solución, serán obtenidas las condiciones óptimas que darán como resultado una investigación exitosa enfocada en los resultados que se buscar obtener, que es aumentar la productividad de los tableros laminados de Bambú.

La necesidad de llevar a cabo esta investigación consiste en que el mismo sea utilizado para desarrollar una cultura de mejora continua en relación con el proceso de producción al utilizar la metodología, esto a su vez provocará notorias mejoras en el aprovechamiento de los recursos, aumentando la participación de los productos elaborados a base de Bambú en el mercado. La disminución de costos y estandarización del proceso será un punto importante para lograrlo.

Debido a que la alta gerencia desea contrarrestar la problemática ocasionada por la poca eficiencia en el proceso productivo, se ha otorgado la autorización para llevar a cabo los estudios necesarios para la propuesta la metodología Seis Sigma, que busca aumentar la productividad de tableros laminados de Bambú. Se brinda el apoyo por parte de la dirección para tener acceso a la información que será necesaria para desarrollar la investigación de forma exitosa, así como al personal operativo involucrado. Se garantiza la viabilidad de la investigación con la obtención de los objetivos planteados, incrementando la productividad y competitividad del proceso.

Los resultados que se esperan obtener al aplicar la metodología Seis Sigma son incrementar la productividad en la elaboración de tableros laminados

de Bambú, reduciendo los desperdicios en el proceso por medio de la estandarización de actividades, que beneficiará al centro de transformación e investigación ya que reduce el costo de operación.

Se deduce que las personas beneficiadas con esta investigación son el personal encargado en llevar a cabo la transformación de varillas a tableros de Bambú, quienes, al estandarizar el proceso, podrán reducir tiempos en la fabricación. Asimismo, el centro de transformación e investigación de Bambú debido a que podrá incrementar sus utilidades y con ello impulsar otros proyectos.

La investigación estará conformada por cinco capítulos distribuidos en un orden cronológico de manera que se pueda comprender fácilmente como fue implementada la solución a la problemática descrita anteriormente.

El capítulo uno iniciará con la descripción teórica acerca de los temas en los que se desarrollará la investigación, para que exista una guía que proporcione el camino indicado en la resolución del problema planteado.

El capítulo dos se centrará en el desarrollo de la investigación en la transformación de varillas a tableros laminados de Bambú, mediante la visualización del proceso utilizado para identificar las necesidades y debilidades. También se elaborarán indicadores de gestión para que sean implementados en el área de producción que ayuden con el control e incremento en la productividad a través de la metodología Seis sigmas. La metodología Seis Sigma se utilizará con la finalidad de volver más productivo el proceso, a partir de eliminar los siete desperdicios (transporte, inventario, espera, sobre producción, reproceso, defectos, movimientos innecesarios).

El capítulo tres se presentarán los resultados que se obtuvieron con la utilización de la metodología Seis Sigma en el proceso de transformación de tableros laminados de Bambú. Se analizará los resultados que se obtengan en el trascurso de la investigación. Se discutirán los resultados que se obtuvieron en la investigación, donde el criterio desarrollado en la Maestría de Gestión Industrial servirá para que el análisis de los resultados obtenidos sea objetivo. Por último, se propone evaluar la factibilidad de la propuesta, a través de la comparación de la situación inicial con la alcanzada.

2. ANTECEDENTES

La metodología Seis Sigma es una herramienta que las organizaciones utilizan cuando desean ser más productivos. Cuando se habla de ser más productivos se busca hacer énfasis en la reducción en el uso de recursos para la elaboración de unidades producidas, buscando la eficiencia en el proceso requerido. Si se busca mejorar ser óptimos es necesario adquirir herramientas basadas en la mejora continua ya que además de mejorar el proceso se adquiere un valor en las distintas áreas de operaciones.

La utilización de las distintas herramientas Lean, en este caso *Single-Minute Exchange of Die*, conocido por sus siglas SMED es utilizada para la reducir los tiempos muertos en el departamento de costura, con la implementación de la misma se obtuvo una reducción del 59 % del tiempo en el cambio. Cuando antes era requeridas 17.38 horas en un cambio de estilo, se redujeron a 7.08 horas, también muestra una reducción en tiempos de transporte de un 47 % debido a que realizan actividades simultáneas, esto se logra porque están listos al momento del cambio (García, 2020).

De acuerdo con el manejo productivo en cifras totales y la mejora en la productividad aplicada en el área de producción de colonias de una empresa dedicada a la elaboración de cosméticos, se logró mejorar la eficiencia del equipo debido a que en inicio trabajaba a un nivel del 51 % y paso a un 84 % para la línea 2, y de 63 % a un 99% en la línea 3. Dato que muestra que la implementación de la metodología *seis sigma* aporta un gran beneficio en la productividad de cualquier proceso (Rosales, 2018).

Cuando se busca optimizar un proceso productivo, la reducción de desperdicios es un paso muy importante como lo muestra el proyecto llevado a cabo en una empresa que se dedica a la fabricación de bebidas, específicamente en el área de llenado, donde se implementaron herramientas de Lean, y se ve una reducción significativa debido a que se tenía en una muestra de 1,296,000 botellas, la cantidad de desperdicio era de 733, luego de ser aplicada la metodología se redujo a 134 botellas para la misma cantidad de población, concluyendo que se obtuvo un 81 % de reducción en desperdicios (González, 2017).

Para las empresas productoras de cualquier tipo, la implementación de la metodología seis sigma produce un beneficio en la eficiencia del proceso. Como se da a conocer en el proceso de elaboración de puertas y ventanas, donde se busca identificar los puntos críticos de la producción, con el fin de incrementar la capacidad de producción en esos puntos, lo que representa una mejoría en la productividad del proceso en general. Luego de la identificación y aplicación de la metodología se observó una reducción en los tiempos perdidos por almacenaje de inventario en un 61.90 % siendo esto equivalente a 6.5 horas (Sulecio, 2015).

Cuando se busca mejorar el proceso productivo, la metodología Seis Sigma con el proceso DMAIC que consta de las fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar presenta cambios significativos en la eficiencia. En el proceso de nivelación en la aplicación de pinturas en una ensambladora de vehículos luego de implementar esta herramienta se obtuvo un incremento en la eficiencia total del equipo en un tercio, también se redujo el tiempo muerto debido fallos que representaban 6 horas al mes. Con estos resultados se obtiene un ahorro de \$725,000.00. Haciendo un uso correcto de los recursos, se puede lograr incrementar la productividad basado en la metodología utilizada (Alvarado, 2010).

En conclusión, los antecedentes presentados muestran como la utilización de la herramienta adecuada genera un impacto positivo en la productividad de una empresa, creando las bases de una cultura de mejora continua con la aplicación futura de distintas herramientas de la metodología.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Planteamiento del problema

Baja productividad en proceso de elaboración de tableros laminados de bambú ocasionando un uso deficiente en los recursos y provocando costos adicionales.

3.2. Contexto y descripción

La productividad es la relación entre lo producido y los recursos utilizados, por ello es un indicador clave para determinar si un sistema operativo está trabajando de forma eficiente o no. Si se busca incrementarla, la relación entre lo que sale y lo que entra en el proceso debe ser mayor.

El centro de transformación e investigación del bambú tiene como objetivo principal facilitar la producción y comercialización de productos elaborados a base de bambú, en busca de promover al sector agrícola que se dedica a la siembra de esta materia prima y transferir conocimientos necesarios para ofrecer un producto de calidad al sector público o privado, para fomentar el mercado a nivel nacional, a través de la innovación de tecnología. Se ha observado que a partir de situaciones que no son las ideales para el proceso se provoca ineficiencia en el sistema operativo que generan baja competitividad debido a los costos adicionales en los que se incurre.

La Planta de transformación e investigación de bambú, actualmente se encuentra trabajando bajo una línea de producción poco efectiva, en la que se

identifican situaciones de tropiezo como la falta de estandarización de actividades, el orden, limpieza, técnicas que provocan mayor volumen de material de desperdicio o rechazo.

Por ello, se pretende mitigar esta problemática aplicando la metodología Seis sigma, ya que esta metodología tiene como objetivo fundamental la reducción de costos por medio del análisis en el proceso productivo, centrándose en la reducción de tiempos y optimización de recursos para obtener en consecuencia la resolución de los problemas que sean detectados, se propone un diseño de proceso lean en el cual se minimicen los desperdicios y aumente la productividad a través de la metodología DMAIC.

3.3. Preguntas de investigación

Estas preguntas son formuladas para establecer el rumbo que llevará este proyecto y tener claro el propósito, delimitarlo para analizar e investigar de manera óptima las fallas en las que se incurren en el proceso productivo para la elaboración de tableros laminados de bambú.

3.3.1. Central

¿Cómo se pueden erradicar los desperdicios y aumentar la producción en el proceso de elaboración de laminados de bambú?

3.3.2. Auxiliares

¿Cómo se lleva a cabo el desarrollo de tableros laminados de bambú y cuáles son los desperdicios identificados?

¿Qué parámetros críticos de calidad se utilizan para evaluar el producto terminado?

¿Cuáles son los beneficios que se obtendrán al utilizar el diseño propuesto?

3.4. Delimitación

El estudio se llevará a cabo en el Centro de transformación e investigación de bambú, ubicado en Km 21.6 carretera al pacifico, Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, durante un periodo de noviembre 2022 – marzo 2023, enfocado en el estudio del proceso productivo de laminado de Bambú, a través de la metodología DMAIC para incrementar la productividad.

4. JUSTIFICACIÓN

El trabajo de investigación se encuentra bajo la línea de investigación Sistemas de control de calidad de la Maestría de Gestión Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se propone un diseño de una propuesta para erradicar los siete desperdicios y aumentar la productividad en la elaboración de tableros laminados con bambú con la utilización de la metodología DMAIC en el centro de transformación e investigación de bambú en Guatemala.

La necesidad de su realización radica en aumentar la productividad basada en la estandarización de procesos y reducción de los siete desperdicios (transporte, inventario, movimiento, espera, sobre procesamiento, sobre producción y defectos). Con el objetivo de generar las condiciones óptimas para crear una cultura de mejora continua, que dará como resultado un proceso de producción de tableros laminados de bambú más eficiente, partiendo del momento que ingresan las varillas hasta que son entregados al cliente.

La realización de esta investigación busca luego de su culminación ser utilizado como referencia para futuros investigadores ya sean nacionales e internacionales. Asimismo, proporcionar una alternativa de mejora con la utilización de la metodología seis sigma con la herramienta de gestión DMAIC en una planta de transformación de varillas de bambú que busca optimizar los recursos utilizados en el proceso. Se busca evidenciar el aumento del rendimiento obtenido luego de la aplicación de dicha metodología seis sigma.

Por otro lado, la motivación surge de la unificación de conocimientos y herramientas conseguidas a nivel de licenciatura en ingeniería Industrial y a nivel de postgrado en la Maestría de Gestión Industrial.

Los beneficios de esta investigación se encuentran en las múltiples oportunidades de mejoras que tiene el proceso de fabricación de tableros laminados de bambú, para el incremento en la productividad que permite reducir costos y maximizar el aprovechamiento de los recursos, a partir de estandarizar el proceso que podrá garantizar la entrega a tiempo del producto con la calidad solicitada. Además de promover el uso de un producto altamente renovable como materia prima en materiales de construcción.

Los beneficiarios de la investigación son los trabajadores del centro de transformación de bambú debido a los beneficios que proporcionará un óptimo manejo de maquinaria y distribución de actividades, también el centro de transformación de bambú ya que les permitirá un aumento en las unidades producidas y un mayor alcance.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar una propuesta para erradicar los desperdicios y aumentar los recursos en el proceso de producción con la metodología DMAIC en la elaboración de tableros laminados de bambú.

5.2. Específicos

1. Definir la situación en la que se encuentra actualmente el proceso de transformación de varillas de bambú a tableros laminados para identificar los desperdicios más recurrentes en el proceso, y así localizar el punto de partida.
2. Establecer los CTQ's para evaluar la calidad/expectativa requerida por el cliente final.
3. Determinar los beneficios que se obtendrán en el centro de transformación de bambú al utilizar el diseño propuesto.

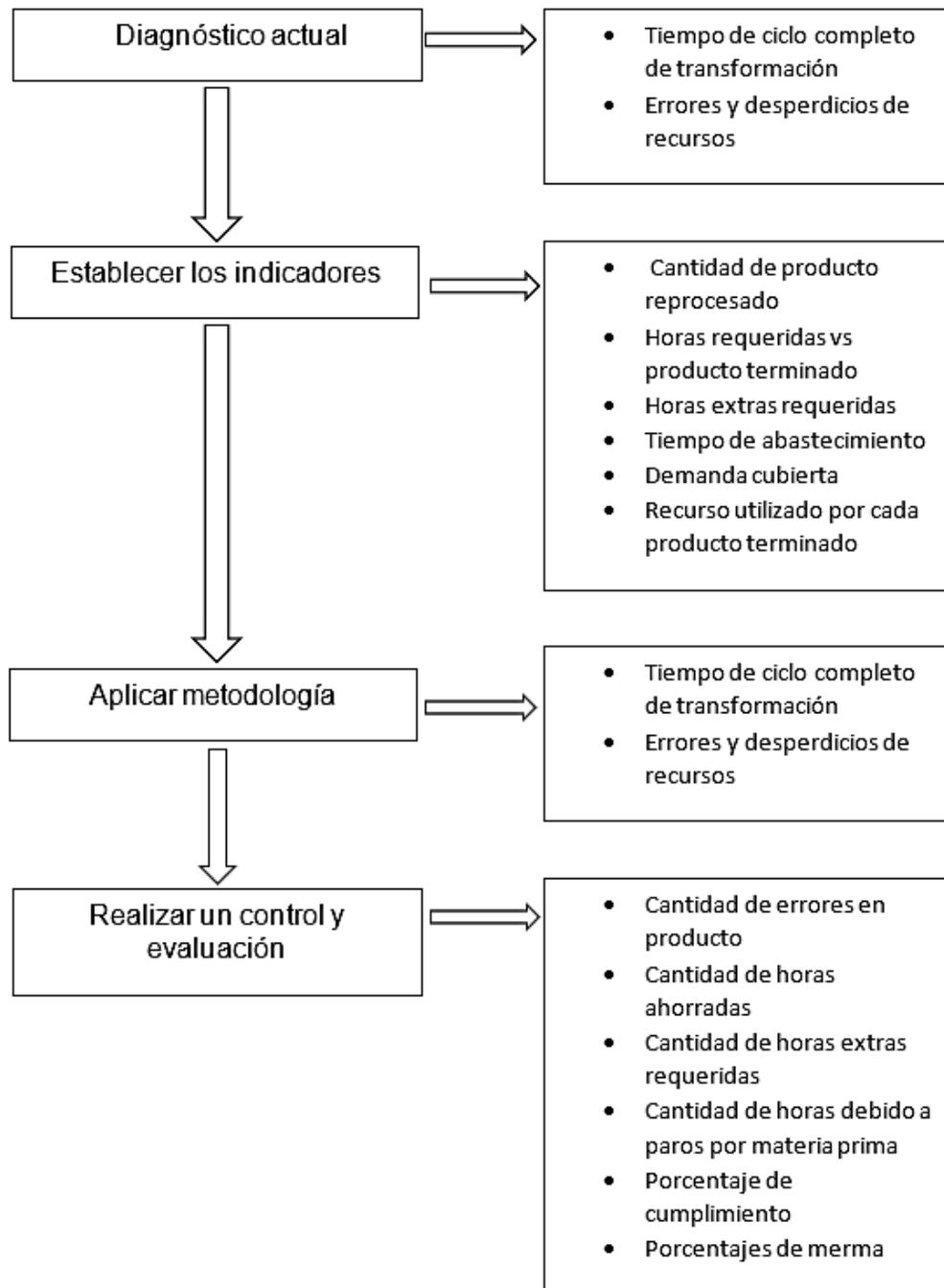
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

De acuerdo con la identificación de la necesidad que se ha planteado en el proceso de transformación de varas de bambú, se busca resolver dicha problemática con la implementación de la metodología DMIC, este con el objetivo de reducir los desperdicios en los recursos utilizados que se asocian a las carencias una estandarización de proceso y las debilidades que se presentan en la producción de tableros laminados de bambú, esto provoca una baja productividad en el centro. A continuación, se detalla el esquema de solución para la investigación

- Análisis e investigación de bibliografía que esté disponible.
- Diagnosticar de la situación actual enfocado directamente en las deficiencias que fueron encontradas en el proceso de transformación de varas de bambú, esto antes de la investigación.
- Establecer los indicadores que se tomarán en cuenta para la evaluación del incremento de la productividad en el proceso productivo de elaboración de tableros laminados de bambú.
- Aplicar la metodología con la que se pretende incrementar la productividad en el proceso de transformación de varas de bambú.
- Realizar un control de las respuestas positivas que ha obtenido la implantación de la metodología y evaluar los beneficios que se tienen en el proceso de transformación de varas de bambú.

Figura 1.

Flujo de recolección de datos



Nota. Flujo de recolección de datos, con el detalle de cada uno de los pasos. Elaboración propia, realizado en *Microsoft Word*.

7. HIPÓTESIS

Debido al tipo de investigación, se considera que, si tendrá una hipótesis, debido a que se puede desarrollar el tipo de pregunta siguiente, ¿La modificación en el proceso productivo ya establecido será factible para la empresa?, Esto permite analizar desde la perspectiva financiera si se obtendrán ahorros con la utilización de los nuevos procesos que se implementarán para mejorar la fabricación de tableros laminados de bambú, ya que se busca minimizar las mermas y optimizar el proceso obteniendo un producto de alta calidad que le permita al centro ser reconocido en el ámbito comercial del bambú.

La utilización de la metodología DMAIC, no es una herramienta nueva para el análisis en la mejora de procesos productivos ya que con anterioridad han sido desarrolladas en muchos campos de la producción para generar una ventaja competitiva ya que, con la minimización de recursos utilizados, se pueden obtener grandes beneficios económicos. De acuerdo con lo anteriormente descrito se sabe que la productividad en el proceso de elaboración de tableros laminados de bambú se ha visto afectada por la mala utilización de los recursos lo que produce costos adicionales, por lo tanto, se puede formular la siguiente hipótesis: ¿Se puede obtener una eficiencia alta en la producción sin estandarizar el proceso productivo?, Este tipo de hipótesis será nula, porque se buscará una afirmación lo anteriormente descrito.

8. MARCO TEÓRICO

8.1. Centro de transformación e investigación de bambú

El centro de transformación e investigación de bambú busca fomentar e incentivar la producción, transformación, comercialización e investigación técnica y de mercados del bambú en Guatemala.

8.1.1. Generalidades

El centro de transformación e investigación de bambú se proyecta como una institución en la que converge cada uno de los avances en el conocimiento, investigación aplicación y la innovación de tecnologías en la utilización del bambú como material alternativo a la construcción.

8.1.1.1. Ubicación

El centro se encuentra en el km 21.6 carretera al pacifico, Barcenas, Villa nueva.

8.1.1.2. Horario de atención

Las jornadas laborales establecidas son de lunes a viernes en un horario de 7 – 16:00 hrs.

8.1.1.3. Organigrama

A continuación, se detalla la estructura empresarial con la que cuenta en Centro de Transformación e Investigación de Bambú.

Figura 2.

Organigrama empresarial



Nota. Organigrama empresarial de Centro de Transformación e Investigación de Bambú, elaboración propia, realizado en *Microsoft Word*.

8.1.2. Misión

Fortalecer los eslabones que forman la cadena de industrialización del bambú en Guatemala. Socializar métodos de tratamiento y tecnologías para la industria del bambú en Guatemala. Crear la plataforma para transferencia de conocimientos y ofrecer el servicio al sector privado y público, incrementando el mercado de bambú a nivel nacional.

8.1.3. Visión

Ser el primer establecimiento a nivel centroamericano que impulse las diferentes técnicas de industrialización del bambú bajo estrategias de autosostenibilidad

8.1.4. Valores

- Bondad
- Amabilidad
- Motivación
- Bienestar
- Unión

8.1.5. Historia

Este proyecto se lleva a cabo con la cooperación entre el Gobierno de la Republica de Guatemala, a través del MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación) junto con el Gobierno de la República de China (Taiwán), a partir del año 2,014. Con el enfoque primordial de ayudar a expandir el área de plantación de bambú y promover su comercialización, desde el desarrollo sostenible social y económico, a partir de, la mejora de tecnología de procesamiento y la asesoría personalizada.

8.2. Productos a base de bambú

Existen una gran variedad de productos que se pueden elaborar a base de bambú, debido a sus características y versatilidad. A continuación, se detallan

algunas de las posibilidades que el bambú ofrece en la creación de productos innovadores y sostenibles.

8.2.1. Bambú

El bambú es una planta que normalmente es confundida con un árbol ya que se percibe como un árbol maderable, y está en realidad es una hierba, que con sus altas tasas de crecimiento representa un sinfín de ventajas para cosecha y comercialización de los diferentes productos realizados a base de él. Su presencia en los distintos ecosistemas es necesaria debido a que por sus características de cicatrización evita un daño permanente en el suelo ocasionado por derrumbes o incendios, también cumple un papel importante en la absorción de grandes cantidades de dióxido de carbono lo que ayuda a liberar de una forma importante el oxígeno en la atmósfera, por lo que es utilizado en esfuerzos de conservación y reforestación. Del mismo modo contribuye a embellecer el paisaje, ya que algunas especies tropicales se utilizan como plantas para adornar jardines.

En la actualidad se reconocen alrededor de 1,400 especies en todo el mundo y se pueden clasificar en dos principales categorías: bambúes leñosos y herbáceos. Los bambúes leñosos son conocidos también como bambúes de bosque debido a el tronco leños que los caracteriza y que su crecimiento es más notorio en los climas más fríos, las especies más conocidas de esta categoría son:

- **Bambusa:** generalmente esta especie se encuentra en Asia en las regiones tropicales y subtropicales.

- *Phyllostachys*: esta especie se encuentra principalmente en China y Vietnam.
- *Dendrocalamus*: al igual que *Bambusa*, se encuentra principalmente en Asia.

Los bambúes herbáceos también son conocidos como los bambúes de pradera y esto debido a su principal característica es que su tronco no es leñoso y su crecimiento se da en los climas más cálidos, las especies más conocidas de esta categoría son:

- *Gradua*: esta especie por lo general se puede encontrar en América Latina, específicamente en Colombia.
- *Bambusa vulgaris*: por lo general esta especie a diferencia del resto, se puede encontrar en todo el mundo, con más frecuencia en América Latina y Asia.
- *Sasa*: esta especie se encuentra en Japón principalmente.

Cada una de las categorías de bambú poseen características únicas, desde la altura que alcanzan, el diámetro, color de las hojas, textura y resistencia. Esa es una de las principales razones por las que el bambú en los últimos años se ha convertido en una valiosa materia prima para elaborar una amplia gama de productos.

Una vez el bambú florece, gasta la mayor parte de su energía en la producción de semillas, por lo que rara vez sus rizomas logran sobrevivir y producir nuevos culmos, en este momento la vegetación original ocupa

nuevamente las capas superiores, convirtiéndose en una planta secundaria, esto sin afectar su característica de restauración del ecosistema. Cuando se habla de reproducción de bambú este depende significativamente de cada especie y por ende de las condiciones que lo rodeen, la reproducción de bambú puede presentarse de diferentes maneras, pero la más común es por medio de la propagación vegetativa, este a través de sus rizomas subterráneos, ya que crecen de forma horizontal y provocan brotes de forma longitudinal, de cada brote emergen nuevos tallos de bambú.

También se conoce otra forma de reproducción y esta se lleva a cabo mediante las semillas, es menos utilizada debido a que algunas especies de bambú producen semillas después de varios años de crecimiento, las semillas se dispersan a través del viento, estas germinan y producen nuevos brotes. La propagación de bambú por medio de tallos o ramas es el método que más cuidado requiere ya que se debe asegurar que se enraícen de forma correcta para que puedan crecer con éxito.

8.2.1.1. Definición

El termino bambú tiene su origen en la lengua portuguesa y es referente a una planta nativa de la India que pertenece al grupo familiar de las gramíneas. Generalmente sus tallos alcanzan unos 20 m y debido a su resistencia son utilizados para la elaboración de distintos objetos y están presentes en la construcción. Su alta capacidad de reproducción hace que se considere un material ecológico, esto debido a que se trata de un recurso que se renueva constantemente.

La utilización del bambú tiene múltiples usos, el más común es sin duda el artesanal, en el que podemos mencionar: sillas, mesas, camas, sombreros,

sandalías, canastos, etc. Cuando es procesado se obtiene de su pulpa y a partir de la pulpa se produce: cartón, papel y fibras textiles, por esta versatilidad es que la producción y explotación del bambú es más común en diferentes partes del mundo.

8.2.1.2. Origen

El origen de bambú está relacionado al mundo oriental, específicamente en la cultura china, india, japonesa, aunque también está presente en otros países de Asia. Se cree que se originó hace más de 30 millones de años en el Eoceno, y a partir de ahí es utilizada de distintas formas, debido a su versatilidad y resistencia.

Esta planta ha contribuido de forma significativa en el desarrollo de diversas civilizaciones, por ejemplo: la cultura asiática ha empleado el bambú en construcción, fabricación de papel, instrumentos de música, telas medicina y hasta en alimentación. También algunas marcas conocidas como Apple y Toyota utilizan esta planta como reemplazo en algunos componentes de sus productos. Por su resistencia y dureza es conocido como el acero vegetal o hierba de acero, ya que sobrepasa a maderas como el roble.

8.2.1.3. Beneficios

Por lo anterior mencionado el bambú es utilizado desde mucho tiempo atrás por el hombre para aumentar su comodidad y bienestar. No solamente aporta en construcción si no en el mundo de plásticos y acero de hoy en día, por sus múltiples características, cuando se emplea en construcción de viviendas funcionan como reguladores térmicos y de acústica, aspectos que dentro de la arquitectura contemporánea se consideran importantes.

Sus altos porcentajes de crecimiento, contribuyen a enriquecer y mejorar la estructura del suelo. En el suelo los rizomas y las hojas que se encuentran en estado de descomposición, simulan una esponja que evita que el agua fluya de forma continua y rápida, lo que en consecuencia propicia regulación de los caudales, de igual forma el sistema entretejido de los rizomas y raíces, originan una malla que suele comportarse como muros de contención lo que controla la socavación lateral, ya que amarran fuertemente el suelo.

El bambú es utilizado en barrancos, debido a que el agua que cae en o sobre él, permanece mucho tiempo ahí debido a que toma diversos caminos y demora más tiempo en caer al suelo e infiltrarse, esto reduce los caudales, ya que si la misma cantidad de agua cae sin tener obstáculos en el camino provoca crecidas repentinas, sin tener reservas que son requeridas dentro del sistema en las épocas de verano cuando la necesidad de agua en el suelo aumenta, esta se comporta como una bomba almacenadora de agua, aportándola de forma paulatina, también absorbe en épocas húmedas grandes volúmenes de agua que almacena en las cavidades porosas del suelo.

8.2.2. Variedades de bambú en Guatemala

Según la especie es la adaptación del bambú al clima y condiciones meteorológicas que existen en la región tales como: altitud, temperatura, precipitación y diversas características principalmente de los suelos.

En Guatemala los suelos que mejor se adecuan a la reproducción de bambú, es el arenoso húmedo, ya que estos le permiten una alta absorción de agua. Los lugares con más concentración de bambú en Guatemala son: San Marcos, Suchitepéquez, Retalhuleu y Escuintla.

Existe una gran variedad de especies en Guatemala, entre las que podemos mencionar:

- *Guadua angustifolia*: esta especie sobresale principalmente por el tamaño de sus culmos, que pueden alcanzar hasta 30 m de altura y 25 cm de diámetro. Considerada por su capacidad para absorber la energía y permitir una mayor flexión, como un material ideal en las construcciones ya que son sísmos resistentes, también es utilizada en la fabricación de muebles y artesanías.
- *Dendrocalamus asper*: esta especie fue sembrada por primera vez en Santa Barbara, Suchitepéquez, ya que se reproduce de una mejor forma en climas cálidos y húmedos. Sus tallos alcanzan una altura de 20-39 m y el diámetro de 20-30 cm. Es utilizado en la construcción de casas, conducciones de agua, artesanías, revestimientos, laminados y puentes rurales.
- *Gigantochloa verticillata*: el tallo alcanza una altura de 25 m y su diámetro en promedio 10 cm, Fue sembrada por primera vez en la finca chocolá; Santa Adelaida, San Felipe. Es utilizado principalmente para tejidos artesanales y en la construcción, como refuerzos.
- *Bambusa vulgaris*: esta especie prefiere las áreas tropicales y subtropicales. Se utiliza en la fabricación de muebles, instrumentos musicales y muebles.
- *Phyllostachys aurea*: esta especie es utilizada comúnmente en la elaboración de objetos artesanales, estacas y cesto. La altura promedio

es de 12 m con un diámetro entre 2.5 – 4 cm de diámetro se caracteriza por su excelente aislamiento.

A continuación, se hace un resumen ubicando las plantas según la altura que pueden alcanzar.

Tabla 1.

Especies de bambú en Guatemala

Especies de bambú en Guatemala		
Alto (hasta 30 m)	Medio (12 - 15 m)	Bajo (5-8m)
Dendrocalamus asper	Gigantochloa apus	Phyllostachys aurea
Guadua angustifolia	Gigantochloa verticillata	Bambusa vulgaris wamin striata
Guadua pacifica	Bambusa dolichoclada	Bambusa textil
Dendrocalamus latiflorus	Gigantochloa atroviolacea	Bambusa multiplex
Dendrocalamus giganteus	Bambusa longispiculata	Dendrocalamus strictus
Bambusa Edulis	Bambusa vulgaris	Chusquea coronalis
Bambusa arundinacea	Bambusa vularis striata	Chusquea pittieri
	Bambusa oldammi	Chusquea longifolia
	Bambusa tulda	Guadua longifolia
		Bambusa Ventricosa
		Babusa bamusoides
		Phyllostachys makinoi
		Phyllostachys nigra

Nota: Detalles de las especies de bambú según la altura que alcanzan. Elaboración propia.

Realizado con *Microsoft Excel*

8.2.3. Requerimiento de cultivo

Para proceder con la siembra de bambú, es necesario conocer cada especie y sus requerimientos, ya que de eso dependerá el crecimiento, desarrollo

y manejo. A continuación, se presenta una tabla con las especies que se trabajan y el distanciamiento que deben tener entre cada plantación:

Tabla 2.

Requerimiento de bambú

Especie de bambú	Distanciamiento (m)
Dendrocalamus asper	8x8 hasta 10x10
Guadua angustifolia	7x7 hasta 10x10
Gigantochloa verticillata	6x6
Gigantochloa apus	6x6
Bambusa oldhamii	3x3
Dendrocalamus latiflorus	6x6
Phyllostachys aurea	1.5x1.5
Phyllostachys makinoi	1.5x1.5
Bambusa nigra	6x6
Bambusa textiles	1 por cetos
Phyllostachys bambosoides	3x3
Bambusa edulis	6x6

Nota: Distanciamiento necesario para cada una de las especies destacadas en Guatemala.

Elaboración propia. Realizado con *Microsoft Excel*

Es adaptable a todo tipo de suelos y terrenos, sin embargo, el que proporciona más beneficios para el cultivo, son los suelos arcillosos o arenoso húmedo, que sean profundos y posea un buen drenaje para que pueda retener la humedad. Los suelos que se podrían considerar no aptos son los fangosos salinos. El distanciamiento adecuado facilitará la cosecha, dando así el espacio para extraer culmos y evitar que estos se enreden con otras macollas.

Existen dos métodos para la propagación del bambú, dependiendo la necesidad y el tipo de especie que se desea plantar: cuando ocurre por medio de los rizomas, semillas o ramas enterradas, se le denominan propagación sexual y cuando el hombre es participe de dicha propagación se le denomina asexual.

Luego de realizarse la siembra, cuando se empieza a notar brotes es recomendable fertilizar con el triple quince (15-15-15 ó 20-20-0), esto distribuido por cada una de las plantas, en la época de crecimiento se debe aplicar la misma cantidad.

Para mitigar las malezas es importante llevar control desde el primer año, con un mínimo de dos a tres limpiezas, cuando esta alcanza su segundo año serán necesarias dos limpiezas, eso para lograr el tercer año las malezas controladas, aunque no se deben perder de vista si se consideran necesarias.

Cuando se busca un óptimo manejo en el cultivo la poda es necesaria para retirar el material que se considere dañado, o simplemente para extraer las cañas que solamente están absorbiendo los nutrientes de la planta, en el segundo año es recomendable eliminar el culmo madre; así como las pequeñas cañas que crecen alrededor de la planta, el corte que se realiza debe ser al ras del suelo, o más cercano a el posible, arriba del nudo más cercano al suelo. Un indicador importante para conocer el momento adecuado, para la segunda poda es la coloración de las cañas, es necesario eliminar las cañas más viejas que perjudican el crecimiento adecuado de las nuevas.

La época ideal para la cosecha es la seca, eso significa que en época de verano, ya que la emisión de los brotes es mínima y la humedad en los culmos también. La cosecha inicia a los cuatro o cinco años desde su siembra, pero se considera que la edad óptima son los ocho años. Distintas observaciones en campo han determinado que, existe una relación entre los niveles de agua en el tallo del culmo se encuentran bajos, por lo que es recomendable cosechar en cuarto menguante y de preferencia en horas de la madrugada de 3:00 – 5:00 am, esto para evitar que inicie con las funciones de fotosíntesis. La menor cantidad de agua permite que se tenga un transporte más fácil, ya que el peso es menor

y la aparición de insectos y enfermedades se reducen debido a que durante la época de verano el contenido de almidón en el agua baja.

8.2.4. Cadena de suministro

La obtención de las materias primas y los recursos necesarios para llevar a cabo un proceso productivo es crucial para el éxito de cualquier empresa, ya que si se lleva a cabo de forma eficiente se reducen costos, la calidad del producto mejora y por ende la satisfacción del cliente. Cada uno de los factores que están implicados en la cadena de suministro deben trabajar de forma colaborativa para certificar que cumple con los tiempos, calidad y costo establecido. Para la fabricación de tableros laminados de bambú, es importante estandarizar los proveedores y el transporte de los insumos necesarios, debido a que el proceso productivo se puede ver afectado si se altera alguno de ellos y por consecuencia emplear más recursos.

8.2.4.1. Transporte

Para que se considere que el transporte de bambú es el adecuado se toman en cuenta factores como: el tamaño y la cantidad de carga que será transportada, las condiciones climáticas, el estado de las carreteras y la distancia que será recorrida. El centro de transformación de bambú tiene recomendaciones generales sobre el transporte adecuado de bambú son las siguientes:

- Vehículos adecuados: los vehículos que se utilizan para el apropiado transporte de cañas de bambú pueden ser camiones o vehículos que estén estrictamente diseñados para cargas largas y pesadas, estos deben estar en óptimas condiciones y contar con las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes.

- Embalaje adecuado: para que las cañas lleguen sin golpes, es recomendable la utilización de correas, cuerdas o madera para protegerlas y cinturones para asegurar la carga.
- Carga y descarga: es importante capacitar al personal encargado de carga y descarga para que lo hagan de forma cuidadosa y se utilice el equipo de forma adecuada para evitar daños en las cañas y brindarles un lugar seguro.

En Guatemala no existen regulaciones que restrinjan el transporte de bambú ya que no es tipificada como árbol, pero si es importante asegurar tomar en consideración las recomendaciones antes detalladas.

8.2.4.2. Almacenaje

Aparicio (2013) define “como un conjunto de medios y actividades, tales como instrumentos y dispositivos, que se utilizan para mantener los materiales y productos activos” (p. 128).

Se consideran dos tipos de almacenaje: temporal y de estadías. El almacenaje temporal, es utilizado cuando el bambú no se va a utilizar de forma inmediata, es importante tener un lugar seco y muy ventilado, para evitar que este se dañe por la exposición de lluvia o la humedad. El almacenaje de estadía se utiliza para el secado de las cañas, este se lleva a cabo posterior al corte, se define la longitud del material que se utilizará basado en el fin del producto, se utiliza agua y cepillo de alambre para proceder a limpiar las cañas, al aire libre y de preferencia bajo el sol, de manera vertical para que estos sequen con mayor facilidad, como se está haciendo referencia al proceso de secado de las cañas de realiza bajo el sol, pero el almacenaje debe ser siempre en la sombra.

Periódicamente se deben girar para permitir que la caña seque de forma homogénea.

La protección contra plagas es importante tomarlo en cuenta, cuando se trata del almacenaje de las cañas, ya que el bambú es muy vulnerable a ellas, especialmente si es almacenado al aire libre, para protegerlo hay que utilizar malla de alambre para envolverlo, esto evita que los animales o insectos pequeños tengan acceso al él y puedan dañarlo.

Colocarlos en la posición correcta de apilamiento, es un aspecto importante para evitar que este se rompa o se dañe, si se van a almacenar por mucho tiempo se recomienda colocarlos en posición horizontal.

Es importante realizar una inspección regular del bambú que se tenga almacenado, para detectar a tiempo cualquier daño, provocado por plagas, grietas o moho, ya que, si es detectado, abordarlo de forma inmediata va a evitar que este empeore o que se pueda perder la pieza.

El lugar de almacenamiento adecuado es al aire libre o en el interior de una bodega. Si se almacena al aire libre se recomienda no dejar las cañas en contacto directo con el sol o con la humedad, porque se pueden ver afectadas sus características. Una vez las cañas están almacenadas debieron pasar por un tratamiento anteriormente para evitar la proliferación de polillas. Las cañas se deben colocar sobre tarimas de bambú, colocadas en forma perpendicular esto brinda mayor ventilación a las cañas secas. No deben estar en contacto directo con el suelo.

8.2.4.3. Proveedores

Como dice Laza (2022) “Cuando se habla de los proveedores hay que elegir de forma adecuada, ya que estos deben compartir los objetivos para crear estrechos lazos que permitan una colaboración y beneficio mutuo, factor importante si se busca alcanzar altos estándares de calidad” (p.55).

Es importante una buena relación con los proveedores si lo que se busca es tener éxito, ya que tener el recurso necesario y con los estándares de calidad solicitados para el proceso productivo en el tiempo necesario es crucial para evitar desperdicios en los distintos recursos.

- **Calificación**

Existen ciertas características que deben cumplir las fincas si se quiere trabajar en conjunto con el CTIB (centro de transformación e investigación de bambú), las cuales se detallan a continuación:

- Basado en el tipo de bambú que se va a cosechar, contar con una altura de 0 – 1 200 msnm ó 1 200 – 3 000 msnm.
- La finca debe tener una precipitación de 1 000 a 4 000mm/año.
- La temperatura ideal se encuentra entre 10 – 35°C.
- Debe contar con un drenaje moderado.
- Los suelos deben tener un pH de entre 5.5 a 7.1

- El área debe ser sin cobertura forestal y de múltiples usos.
 - La plantación debe ser lo suficientemente madura, y esta se considera así, cuando tiene al menos cinco años, sin sobrepasar los ocho años.
- **Términos de negociación**

Para llevar a cabo el intercambio, es necesario que se cumplan con algunas disposiciones para el óptimo manejo y transporte de las cañas. Es importante que las fincas encargadas de la distribución posean una ubicación a la cual se pueda acceder sin mayor complejidad, ya que para el transporte de las varillas es necesario, dependiendo la cantidad, la utilización de camiones de transporte grandes (con un peso máximo de 15,000 libras). Se considera también que las fincas cuenten con el personal necesario para la cosecha.

El espacio con el que deben contar las fincas, tiene que ir en relación con el tamaño de la cosecha, para extraerlas sin dañarlas y poderlas poner en carretera para su transporte.

8.3. Productividad

Es un indicador que mide la eficiencia con que se lleva a cabo un proceso productivo. Las salidas generadas respecto a los recursos requeridos para llevarse a cabo.

8.3.1. Definición

Según Fuentes (2012) “la productividad como una relación entre la cantidad de servicios y/o bienes con los recursos consumidos. En el aspecto de la fabricación, la productividad evalúa el rendimiento de los talleres, los laboratorios, las máquinas, los aparatos y los obreros” (p. 19).

Como lo menciona Herrera (2018) “La productividad es la relación positiva entre las entradas y salidas en un proceso, como; la mano de obra, materia prima, tiempo. Entre más positiva sea la cantidad de salidas respecto a las entradas mayor será la productividad” (p. 6).

Por lo tanto, se considera un indicador vital en las empresas que desean medir el nivel de desperdicio durante el proceso productivo, en los recursos que son utilizados para llevarlo a cabo, ya sea mano de obra, materia prima, etc.

8.3.2. Medición

Existen dos ecuaciones que permiten determinar con una cantidad exacta la eficiencia del proceso, a partir de las entradas y salidas:

$$Productividad\ parcial = \frac{Salida\ total}{Una\ entrada} \quad (Fórmula\ 1)$$

$$Productividad\ Total = \frac{Salida\ Total}{Todas\ las\ entradas} = \frac{Salida\ total}{MO + capital + MP + otros} \quad (Fórmula\ 2)$$

8.3.3. Factores que afecta la productividad

Como se detalla en los incisos anteriores, la productividad es un indicador que evalúa la eficiencia con la que se lleva a cabo un proceso, con una relación entre las entradas y las salidas del sistema. Cuando la productividad en una empresa se considera buena, esta trae consigo la competitividad del producto y por ende de la empresa. Cualquier variación en los factores involucrados alterará la productividad de forma positiva o negativa, dependiendo el impacto, los factores considerados son:

- Mano de obra
- Materia prima
- Equipo
- Paros no planificados

8.4. Proceso de laminado de bambú

El bambú laminado se considera un material ecológico y sostenible, debido a su rápido crecimiento. El proceso de laminado permite que se maximicen sus propiedades, para crear gran variedad de productos de alta calidad y resistentes.

8.4.1. Etapa 1: Preparación y selección de materia prima

Las cañas ingresan al CTIB sin previo tratamiento, la única característica que se requiere es que tenga las medidas establecidas, las cuales son

clasificadas por el ancho de la caña (diámetro) y el grosor de la pared interna. El diámetro mínimo aceptado es de 4" y el máximo de 6 ½".

8.4.2. Etapa 2: Corte

El corte se lleva a cabo de tal forma que quede a la medida del equipo, se utilizan dos formas que se detallan a continuación.

8.4.2.1. Corte transversal

El corte transversal se realiza en la sierra con la medida ya establecida que son de 3 m.

8.4.2.2. Corte longitudinal

Este corte se realiza por medio de dos cuchillas, la cuales giran para obtener las cañas con la medida estándar que es de 3 cm, cuando están giran deben tener una distancia entre faja no mayor a 2 cm, de este proceso se obtienen aproximadamente 8 fajas las cuales se consideran útiles.

En este momento las cañas aún están amarradas por los nudos, para separar las fajas se deja caer al suelo, con este golpe las fajas se sueltan y ya se clasifican las que si cumplen con las medidas estándar.

8.4.3. Etapa 3: Cepillado

Se inicia el proceso de cepillado de las reglillas/fajas que fueron clasificadas en el proceso anterior, en este procedimiento se elimina la cáscara

del exterior y se regula a superficie interna, las reglillas se consideran en este momento reglillas “curvas”. Este proceso se divide en tres tipos diferentes:

- Cepillado de cuatro lados
- Cepillado fibra corta
- Cepillado fibra larga

Cada uno con un grado mayor de pulido, con el fin de obtener reglas “rectas”. Una vez cepilladas por los cuatro lados, son considerados objetos individuales uniformes.

8.4.4. Etapa 4: Tratamiento y curado

Se realiza con el fin de prolongar la durabilidad de la resistencia del bambú, para prevenir el ataque de insectos o cualquier tipo de hongos.

8.4.4.1. Tina de curado

Este método de curado consiste en sumergir las reglillas en una tina en la que se agrega ácido bórico, bórax y soda caustica, disolviendo a altas temperaturas.

8.4.4.2. Horno de carbonizado

Este proceso se lleva a cabo con la intención de transformar la apariencia de las reglillas, ya que se tornan de un color más oscuro.

8.4.4.3. Cuarto de secado

Cuando se retiran de la tina de curado, estas reglillas se ponen a secar/ventilar, ya que para continuar con el proceso productivo es necesario que estén totalmente secas, este procedimiento también evita la formación de hongos.

8.4.5. Etapa 5: Conformación de panel

Al tener las reglillas secas, se procede a la selección para iniciar la conformación de paneles, se determina la orientación que se les dará: horizontal o vertical. Así se inicia a armarse los grupos, previo agregar el pegamento, este se puede llevar a cabo de forma manual, con brochas o rodillos y por medio de la encoladora.

8.4.5.1. Encoladora

La encoladora se utiliza como herramienta para aplicar el pegamento en la superficie, este aplica la cantidad necesaria.

8.4.5.2. Prensa hidráulica

Luego de la creación de los paneles pasa a la prensa hidráulica, esta funciona en frío o caliente en relación con el tipo de pegamento utilizado en la encoladora.

8.4.6. Etapa 6: Acabados

Cuando se termina el tiempo que corresponde en la prensa hidráulica (15 - 20 min), se procede con los acabados, cada uno en específico de las especificaciones requeridas, a excepción de la lijadora, por la que pasan todas las reglillas.

8.4.6.1. Lijadora

Debido a la aplicación del pegamento se notará un exceso, este en forma caramelizada, por lo que se procede a iniciar con los acabados finales, la lijadora se utiliza para quitar esos excedentes de pegamento.

8.4.6.2. *Finger joint*

Este procedimiento consiste en crear ranuras en los extremos de las dos reglillas, que serán las que se unan, esto permite una interconexión fuerte y duradera.

8.4.6.3. Refinadora de borde

Esta se utiliza con el fin de obtener bordes uniformes o lisos, este mediante el uso de una cuchilla giratoria que corta y moldea las piezas.

8.4.6.4. Grabadora de láser

Se utiliza cuando se solicita personalizar las piezas, con la grabación de diseños, patrones, textos y logos mediante el uso de laser, estos con gran precisión y detalle.

8.4.6.5. Máquina de reglillas para fibras de tejidos

Este proceso se lleva a cabo por medio de dos rodillos que giran para sujetar el tejido, este para medir y controlar la tensión con la que se desplaza a través de la máquina con el fin de evaluar la calidad y detectar cualquier irregularidad o defecto.

8.5. Seis sigma

La metodología Seis Sigma tiene como objetivo minimizar los defectos que se pueden presentar en el proceso de producción, aumentando con ello la eficiencia. El enfoque principal era pensado para el área manufactura, pero con el transcurso del tiempo, ha sido de mucho beneficio también para las empresas que se encargan de prestar servicios.

Básicamente es la recopilación de datos, para establecer una medida estadística que permita visualizar los niveles más próximos a la optimización del proceso productivo, tomando en cuenta la calidad. Se trata de reducir los defectos por millón en cada proceso.

Según Pulido (2009) la clasificación de la eficiencia de un proceso se mide basado en su nivel sigma:

- “1 sigma= 690.000 DPMO = 31 % de eficiencia
- 2 sigma= 308.538 DPMO = 69 % de eficiencia
- 3 sigma= 66.807 DPMO = 93.3 % de eficiencia

- 4 sigma= 6.210 DPMO = 99.38 % de eficiencia
- 5 sigma= 233 DPMO = 99.977 % de eficiencia
- 6 sigma= 3.4 DPMO = 99.99966 % de eficiencia” (p. 289).

8.5.1. Antecedentes

Como hace referencia Martínez (2014) “en el año 1980 la compañía Motorola desarrollo esta metodología para la mejora de procesos, con el único objetivo de reducir cualquier tipo de desperdicios, a una tasa de defectos de 3.4 defectos por millón de oportunidades” (p. 46).

Según Martínez (2014) “en esa misma década Mikel Harry, un ingeniero que laboraba en Motorola fue la persona que motivó a la compañía a realizar una investigación sobre la variación en los procesos, basado en un método estadístico para pronosticar su comportamiento” (p. 47).

8.5.2. Principios

A continuación, se detallan los principios relacionados a la metodología Seis sigma que Martínez (2014) proporciona:

- “Liderazgo comprometido: se basa en apoyar y buscar el bienestar de la organización, a través del interés en el equipo por encima de los intereses propios.
- Entrenamiento: se enfoca en capacitar y/o preparar a los colaboradores, para que realicen de forma efectiva las tareas asignadas basadas en la comunicación, resolución de problemas y el liderazgo.

- Los datos: la extracción de datos y el análisis de estos pueden proporcionar una ventaja en la identificación de las variables que afectan la calidad, los procesos y las áreas que se quieren mejorar” (p. 51).

8.5.3. DMAIC

Esta herramienta permite a través de un análisis, desarrollar las propuestas de mejora para un sistema de producción que le permita solucionar los problemas en los desperdicios generados, que básicamente le permita reducirlos. Este consta de cinco fases que son: definición, medición, análisis mejora y control. A través de la siguiente figura, se ejemplifica esta herramienta.

Figura 3.

Retroalimentación del proyecto



Nota. Retroalimentación del proyecto. Obtenido de Herrera, R. (2008). Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones

8.5.3.1. D: definir

Lo que se busca en este paso es la definición del problema para tener una visión clara, que proporcione las metas que se desean alcanzar, a partir de los procesos claves que serán analizados.

Según Herrera (2018) existen cinco pasos necesarios:

- “Analizar la situación actual.
- Segmentación de los clientes.
- La factibilidad de los proyectos.
- Especificación de cada tarea.
- Establecer las personas que llevarán a cabo el proyecto.” (p. 53).

8.5.3.2. M: medir

Según Martínez (2014) “este paso nos permite la planificación de cada actividad que se va a llevar a cabo, debido a que nos muestra el proceso y el desarrollo que en la actualidad lleva a cabo, esto a través de escuchar al cliente” (p. 71).

Las mediciones llevarán a cabo mediante los recursos que se utilizan, también tomando en cuenta la satisfacción del cliente, esto permitirá extraer las variables que serán analizadas, para establecer las especificaciones propias de cada una.

8.5.3.3. A: analizar

Partir de los pasos anteriormente detallados se podrán obtener las variaciones necesarias y de esa forma potencializarlas, abarcando desde las entradas hasta las salidas del sistema, otorgándoles prioridad a las variables de

entrada para identificar los cambios necesarios que permitirán realizar cambios en el sistema.

8.5.3.4. I: mejorar

A través del análisis realizado sobre los datos obtenidos del proceso, se puede obtener una optimización en los recursos, debido a la evaluación de los desperdicios que impiden que el proceso sea mejorado bajo el flujo productivo. Según sea necesario se llevan a cabo pruebas piloto, que permitan la visualización de la eficiencia en la solución del desempeño del proceso.

8.5.3.5. C: controlar

A partir del paso anterior, donde fueron establecidas las medidas de mejora, se procede a un control que asegura que lo implementado sea eficiente a largo plazo, debido a los monitoreos constantes para controlar las variaciones que puedan presentarse y mantener los beneficios que se lograron desde las mejoras que se adquirieron.

8.5.4. Herramientas

La metodología Seis Sigma, proporciona un sinnúmero de herramientas que pueden ser utilizadas para la minimización de desperdicios en cualquier proceso productivo, a continuación, se detallan las que se llevarán a cabo en esta investigación.

8.5.4.1. Diagrama Pareto

Según Pulido (2009) “es una herramienta cuya diagramación se caracteriza por tener barras de frecuencia, conocido como 80-20 ya que conoce pocos elementos que se consideran el 20 % y estos generan el 80 del efecto que se produce” (p. 179).

8.5.4.2. Diagrama de procesos

Este diagrama es una representación gráfica de un proceso ya establecido, que detalla el flujo de trabajo determinado para cada proceso productivo, también abarca las decisiones que deben tomarse y los resultados que esto representan, la complejidad de un diagrama de proceso radica en el proceso que se encuentra bajo análisis. Este nos permite mejorar las actividades a partir del análisis de este.

8.5.4.3. Lluvia de ideas

Esta herramienta se genera a partir de un pensamiento creativo, se crean grupo de personas para que fomenten la participación de cada uno y con ellos obtener ideas que fomenten las mejoras en el proceso, esta técnica es muy útil ya que genera un pensamiento innovador que se puede aplicar en diversos contextos.

8.5.4.4. Sistema Kaizen

Para Medranda (2013) “por medio de actividades con grupos pequeños se puede hacer partícipe a todo el personal sobre el proceso ordenado y estandarizado que promueva la mejora continua” (p. 30).

Este proceso permite que, a través de las pequeñas mejoras realizadas constantemente se puedan producir cambios significativos que contribuyan a la mejora continua dentro de la organización, donde los colaboradores sientan apoyo y respaldo de las figuras de dirección.

8.5.4.5. Siete desperdicios

Según Alvarado (2010) “los desperdicios son el principal factor para el aumento de los costos de fabricación” (p. 31)

. Los siete desperdicios se detallan a continuación:

- Transporte: este ocurre cuando se mueve un producto o materia prima durante su proceso de transformación, es ahí cuando ocurre el desperdicio, cuanto más ocurra este movimiento más oportunidad de tiene de dañarse. Tener una planta de producción con bajos programas de organización son la causa principal de los desperdicios en transporte.
- Demora: desde el punto donde esta se observe es un desperdicio, si se observa desde el área de producción, el tiempo que un operador tiene sin realizar alguna tarea o actividad se considera desperdicio de este recurso (tiempo).
- Sobreproducción: Cuando los pronósticos de ventas no proporcionan un dato atinado, producir más de lo que se requiere es un problema recurrente, y esto es catalogado como desperdicio. A partir de este se crean nuevos desperdicios como el aumento en inventario, consumo de mano de obra y utilización de cualquier otro recurso.

- Defectos: cuando un producto no cumple con la satisfacción de las necesidades del cliente, o las características especificadas, este se considera un desperdicio. Cuando la actividad que se lleva a cabo no transforma el producto, significa que no añade valor.
- Inventario: cuando existe unas grandes cantidades de inventario pueden ocasionar problemas en cuanto al balance del trabajo o el equipo, ya que el inventario se considera en cualquier cadena de valor como un desperdicio, debido a la utilización de espacio que se podría emplear en otros recursos.
- Movimiento: al momento que las personas encargadas del proceso lleven a cabo movimiento que no añaden valor es considerado un desperdicio, se pueden mencionar algunos ejemplos como: alcanzar, caminar y agacharse.
- Reprocesamiento: cuando la tecnología se utiliza de forma inadecuada y no añade valor al producto se considera que es un desperdicio, debido a que existen procesos de calidad que fueron llevados a cabo para determinar esta inconsistencia.

8.5.4.6. Value Stream Map

A partir de la representación gráfica permite visualizar la utilización de materiales y las actividades que se necesitan llevar a cabo para la elaboración de los productos o bien para proporcionar un servicio. Este permite analizar los tiempos que son perdidos entre cada actividad, las inspecciones y los posibles cuellos de botella. El fin principal es identificar los procesos que están siendo

ineficientes para encontrar oportunidad de mejora en el flujo del sistema y conseguir con ellos la reducción de tiempo en cada ciclo.

- **Layout de planta**

El diseño óptimo de la planta abarca varios aspectos como: la ubicación de las máquinas, el equipo que se necesita para llevar a cabo el proceso de producción, la ubicación de los materiales y la materia prima es muy importante el flujo de tránsito y el almacenamiento. Tener en cuenta cada uno de estos aspectos puede mejorar significativamente la producción de la planta, desde la reducción de costos, hasta la creación de un lugar seguro para llevar a cabo las tareas requeridas.

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

- 1.1. Centro de transformación e investigación de bambú
 - 1.1.1. Generalidades
 - 1.1.1.1. Ubicación
 - 1.1.1.2. Horario de atención
 - 1.1.1.3. Organigrama
 - 1.1.2. Misión
 - 1.1.3. Visión
 - 1.1.4. Valores
 - 1.1.5. Historia

- 1.2. Productos a base de bambú
 - 1.2.1. Bambú
 - 1.2.1.1. Definición
 - 1.2.1.2. Origen
 - 1.2.1.3. Beneficios
 - 1.2.2. Variedades de bambú en Guatemala
 - 1.2.3. Requerimiento de cultivo
 - 1.2.4. Cadena de suministro
 - 1.2.4.1 Transporte
 - 1.2.4.2 Almacenaje
 - 1.2.4.3 Proveedores
- 1.3. Productividad
 - 1.3.1. Definición
 - 1.3.2. Medición
 - 1.3.3. Factores que afecta la productividad
- 1.4. Proceso de laminado de bambú
 - 1.4.1. Etapa 1: Preparación y selección de materia prima
 - 1.4.2. Etapa 2: Corte
 - 1.4.2.1. Corte transversal
 - 1.4.2.2. Corte longitudinal
 - 1.4.3. Etapa 3: Cepillado
 - 1.4.4. Etapa 4: Tratamiento y curado
 - 1.4.4.1. Tina de curado
 - 1.4.4.2. Horno de carbonizado
 - 1.4.4.3. Cuarto de secado
 - 1.4.5. Etapa 5: Conformación de panel
 - 1.4.5.1. Encoladora

- 1.4.5.2 Prensa hidráulica
- 1.4.6. Etapa 6: Acabados
 - 1.4.6.1. Lijadora
 - 1.4.6.2. *Finger joint*
 - 1.4.6.3. Refinadora de borde
 - 1.4.6.4. Grabadora de laser
 - 1.4.6.5. Máquina de reglillas para fibras de tejidos
- 1.5. Seis sigma
 - 1.5.1. Antecedentes
 - 1.5.2. Principios
 - 1.5.3. DMAIC
 - 1.5.3.1. D: definir
 - 1.5.3.2. M: medir
 - 1.5.3.3. A: analizar
 - 1.5.3.4. I: mejorar
 - 1.5.3.5. C: control
 - 1.5.4. Herramientas
 - 1.5.4.1. Diagrama Pareto
 - 1.5.4.2. Diagrama de proceso
 - 1.5.4.3. Lluvia de ideas
 - 1.5.4.4. Sistema Kaizen
 - 1.5.4.5. Siete desperdicios
 - 1.5.4.6. *Value Stream Map*

2. PRESENTACIÓN DE PROPUESTA

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ESPERADOS CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXO

10. METODOLOGÍA

El enfoque con que se llevará a cabo esta investigación es mixto, ya que el análisis es cualitativo y cuantitativo. Con un tipo de investigación descriptivo y diseño no experimental.

10.1. Enfoque de la investigación

Cuando se define el tipo de investigación se establece que es de tipo mixto, debido a que se llevarán a cabo análisis cuantitativo y cualitativo, basándose en lo siguiente enfoques.

En el enfoque cualitativo estará basado en la identificación y análisis de las variables que no se consideren numéricas, que puedan contribuir con la generación de desperdicios de recursos en el proceso de elaboración de tableros laminados de bambú. Se llevará a cabo una observación detallada del proceso y también del comportamiento de los operadores de las máquinas, a través de entrevistas o grupos focales, esto para identificar los factores que podrían estar afectando en la eficiencia del proceso, entre los que podríamos mencionar: problemas de comunicación, falta de capacitaciones y la falta de motivación.

El enfoque cuantitativo se verá reflejado en la recolección y análisis de datos numéricos, con el fin de identificar y cuantificar los desperdicios de recursos y para evaluar la efectividad con la que responden ante estas deficiencias. La cantidad de materia prima que se utiliza en el proceso y la cantidad de residuos permitirá calcular el porcentaje de desperdicio en cada actividad. El tiempo que tarda en completar la transformación de tableros laminados de bambú, el consumo de energía que esto provoca se añade a otros recursos que

proporcionarán un costo asociado a este proceso productivo. Cuando la recopilación de datos es la que se necesita, se utilizarán distintas herramientas estadísticas y de visualización de datos, para identificar las tendencias, y poder evaluar el impacto de estos gastos en el costo final del producto.

10.2. Diseño de la investigación

El diseño se considera no experimental, debido a que el investigador no tendrá control directo sobre las variables que serán medidas, simplemente se encarga de observar el proceso y registrar los datos, de forma como se presenten en una situación natural. La interpretación de los datos juega un papel importante, ya que estos se derivan de los factores que no se pueden controlar y con el fin de no generar información, que se pueda considerar forzada para obtener un resultado en específico.

10.3. Tipo de estudio

El alcance de la investigación se considera de tipo descriptivo, porque se encarga de describir las características de un proceso, esto con el fin de identificar las posibles fuentes donde se presenten la mayor cantidad de desperdicios y determinar las soluciones a los mismo, a través de la metodología que se aplicará. Se utilizan técnicas como las entrevistas y encuestas para la recopilación y análisis de los datos.

10.4. Variables e indicadores

Las variables que permitirán identificar la situación del proceso y evaluar el impacto de la implementación de la metodología son:

Figura 4.

Variables e indicadores

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicadores	Técnica	Plan de tabulación
Diseñar una propuesta para erradicar los desperdicios y aumentar los recursos en el proceso de producción con la metodología DMAIC en la elaboración de tableros laminados de bambú	Merma de proceso	Numérica continua	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de producto desechado Cantidad de producto reprocesado Cantidad de devoluciones 	Observación directa, entrevistas, registros de trazabilidad	Tabular los datos recopilados en varias sesiones de trabajo, en alas diferentes etapas de proceso
	Cantidad de devoluciones	Numérica continua	<ul style="list-style-type: none"> % devolución interno % devolución externo 		
	Cantidad de productos elaborados	Numérica continua	Reducción de costos		
Definir la situación en la que se encuentra actualmente el proceso de transformación de varillas de bambú a tableros laminados para identificar los desperdicios mas recurrentes en el proceso, y así localizar el punto de partida	Tiempo de producción	Numérica continua	Horas requeridas diarias vs producto terminado	Observación directa, entrevistas, registros de trazabilidad	Tabular los datos recopilados en varias sesiones de trabajo, en alas diferentes etapas de proceso
	Parámetros de calidad	Numérica continua	Cantidad de producto a reproceso		
	Tiempos de espera	Numérica continua	Total de paros por proceso detenido por otro		
	Capacidad de almacenamiento	Numérica continua	Volumen máximo de almacenamiento		
	Distancias recorridas	Numérica continua	Tiempo requiendo (perdido) por desplazamiento		
Establecer los CTQ's para evaluar la calidad/expectativa requerida por el cliente final	Tiempo de respuesta al cliente final	Numérica continua	Tiempos de entrega	Observación directa, entrevistas, hojas de verificación	Tabular los datos recopilados en varias sesiones de trabajo, en alas diferentes etapas de proceso
	Cumplimiento plan de producción	Numérica continua	Producto terminado real vs lo planificado		
	Cobertura de pedidos	Numérica continua	Demanda cubierta		
	Promedio de despachos	Numérica continua	Cantidad de producto que es entregado		
Determinar los beneficios que se obtendrán en el centro de transformación de bambú al utilizar el diseño propuesto	Cadena de suministro	Numérica continua	Tiempo de abastecimiento	Observación directa, hojas de control y verificación	Tabular los datos recopilados en varias sesiones de trabajo, en alas diferentes etapas de proceso
	TIR	Numérica continua	<ul style="list-style-type: none"> Quetzales ahorrados, en comparación al proceso modificado Recursos utilizados por cada producto terminado Horas extras requeridas Materia prima utilizada vs producto terminado costo de horas extras. 		

Nota: Variables con enfoque a cada uno de los objetivos establecidos para la investigación elaboración propia, realizado con *Microsoft Word*.

10.5. Fases de investigación

La investigación estará conformada de tres fases para su exitosa realización las cuales deben ser utilizadas para el cumplimiento de los objetivos establecidos.

10.5.1. Fase 1: Revisión bibliográfica

En esta fase se llevará a cabo la revisión de la bibliografía existente sobre los temas en los que estará sustentando la investigación, esto con el fin de tener una guía teórica que muestre el camino para elegir la solución adecuada a la deficiencia en el proceso productivo. Este tendrá una duración de 14 semanas

10.5.2. Fase 2: Diagnóstico situacional y recolección de datos

Esta fase se inicia con la observación directa para establecer una descripción del proceso que se necesita para la elaboración de tableros laminados de bambú, junto con la cuantificación del recurso humano que será establecido como la muestra a estudiar.

En el cálculo de la muestra que será requerida del recurso humano necesario para llevar a cabo la investigación, donde se utilizará una herramienta estadística. Estableciendo que los valores de error estándar de 5% y un nivel de confiabilidad de 95 %. A continuación, se detalla la fórmula a utilizar:

$$n = \frac{N\sigma Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \text{ (formula 3)}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

N = tamaño de la población

σ = desviación estándar de la población; se utilizará 0.50

Z = nivel de confianza en la distribución normal, con un nivel de confianza de 95 % y dos colas será de 1.96

e = error de muestra, este varía entre 0.01 y 0.09. en esta investigación se establece un 0.05.

La observación directa será una herramienta utilizada, para conocer el panorama general del proceso de elaboración de tablero laminados de bambú, también servirá para establecer los recursos que estarán disponibles en la investigación. Las actividades se analizarán desde el momento en que ingresan las varas de bambú, el almacenamiento y el proceso de producción, de esta forma es posible utilizar los registros existentes con el fin de tener la información del antes y después de la realización de la investigación.

Otras herramientas que serán de ayuda para la identificación de mejoras en el proceso como el diagrama de Ishikawa y Pareto. Este con una duración de 13 semanas.

10.5.3. Fase 3: Descripción de solución a través de aplicación de la metodología DMAIC

Después del análisis situacional de la fase dos se requiere esa información para determinar las deficiencias y oportunidades en la mejora que existen, para volver más eficiente la productividad en el proceso de elaboración de tableros laminados de bambú. Se llevará a cabo un diseño DMAIC y con ello un plan de acción que permitirá crear condiciones necesarias para que la aplicación de la metodología Seis sigma, pueda aportar lo beneficios que se propone en la investigación. Basado en las encuestas que se realizarán y se encuentran en el Apéndice 4.

En la fase tres se considerarán las carencias y debilidades que afectan directamente a la productividad, esto para establecer cuáles son las

implementaciones necesarias en la elaboración de tableros laminados de bambú a través de la metodología Seis sigma, por medio del análisis DMAIC, que se divide en las distintas fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. A continuación, se detallan los instrumentos que se utilizarán en cada una de las fases:

- Definir: esa fase conforma básicamente la investigación de línea, diagrama SIPOC, cuestionarios y matriz de evaluación de beneficios.
- Medir: hojas de recolección de datos e indicadores en cada proceso, mapa de proceso y mapa de flujo de valor.
- Analizar: diagrama Ishikawa con su matriz de causa y efecto y los gráficos de análisis.
- Mejorar: mapa de procesos, matriz de prioridades y lluvia de ideas.
- Controlar: encuestas y gráficos de control.

También con el fin del incremento de productividad se utilizará estadística descriptiva y herramientas de calidad, para llevar a cabo las mejoras en el proceso de elaboración de tableros laminados de bambú. Esto será de beneficio para el objetivo planteado que es reducir los recursos utilizados en el proceso asociado a debilidades identificadas.

La evaluación de los resultados se obtendrá con una comparación entre la situación previa y la posterior en el centro de transformación e investigación del bambú, para determinar las diferencias porcentuales encontradas en la investigación.

Los datos son obtenidos en la fase anterior, serán utilizados para cuantificar las variables que afectan directamente a la productividad y la eficiencia operacional. En este proceso de análisis cuantitativo y cualitativo se verá reflejado los beneficios que ha producido la implementación de la metodología Seis sigma. Con una duración de 17 semanas.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Con el fin de llevar a cabo esta investigación se utilizarán algunas herramientas y técnicas, que servirán para alcanzar el objetivo establecido por el investigador. El análisis y la comprensión de la información recolectada se verá reflejado con estas técnicas y herramientas que proporcionarán una orientación específica en el análisis el proceso productivo de la elaboración de tableros laminados de bambú, con lo que obtendrán las conclusiones necesarias que proporcionaran el impacto positivo que dará como resultado la correcta aplicación de este estudio todas de acuerdo con las fases del proyecto, a continuación, se detalla con más claridad.

En la primera fase la observación directa será la que ayudará con la realización de los resúmenes y necesarios, que proporcionará la bibliografía con las que se obtendrá la orientación para la parte teórica que le dará sustento a la investigación.

En la segunda fase de esta investigación se llevarán a cabo una encuesta hacia el cliente interno del centro, para conocer desde su perspectiva como se lleva a cabo el proceso de transformación de bambú y determinar cuáles son los puntos de oportunidad en los que se trabajará para obtener la mejora buscada. Junto a la encuesta se llevará a cabo la observación directa para establecer la situación en la que se encuentra previo a la aplicación de la metodología DMAIC, con el objetivo primordial de conocer la situación actual del proceso de transformación de bambú en el centro.

En la tercera fase se utilizarán de la mano de la observación directa, algunos instrumentos como lo son: diagrama de proceso, diagrama causa raíz, estudio de tiempos, estos con el fin de obtener la información de un manera más detallada y clara que identifiquen las debilidades en el sistema de transformación de varas de bambú, con el objetivo de minimizar los desperdicios de recursos e incrementar la productividad.

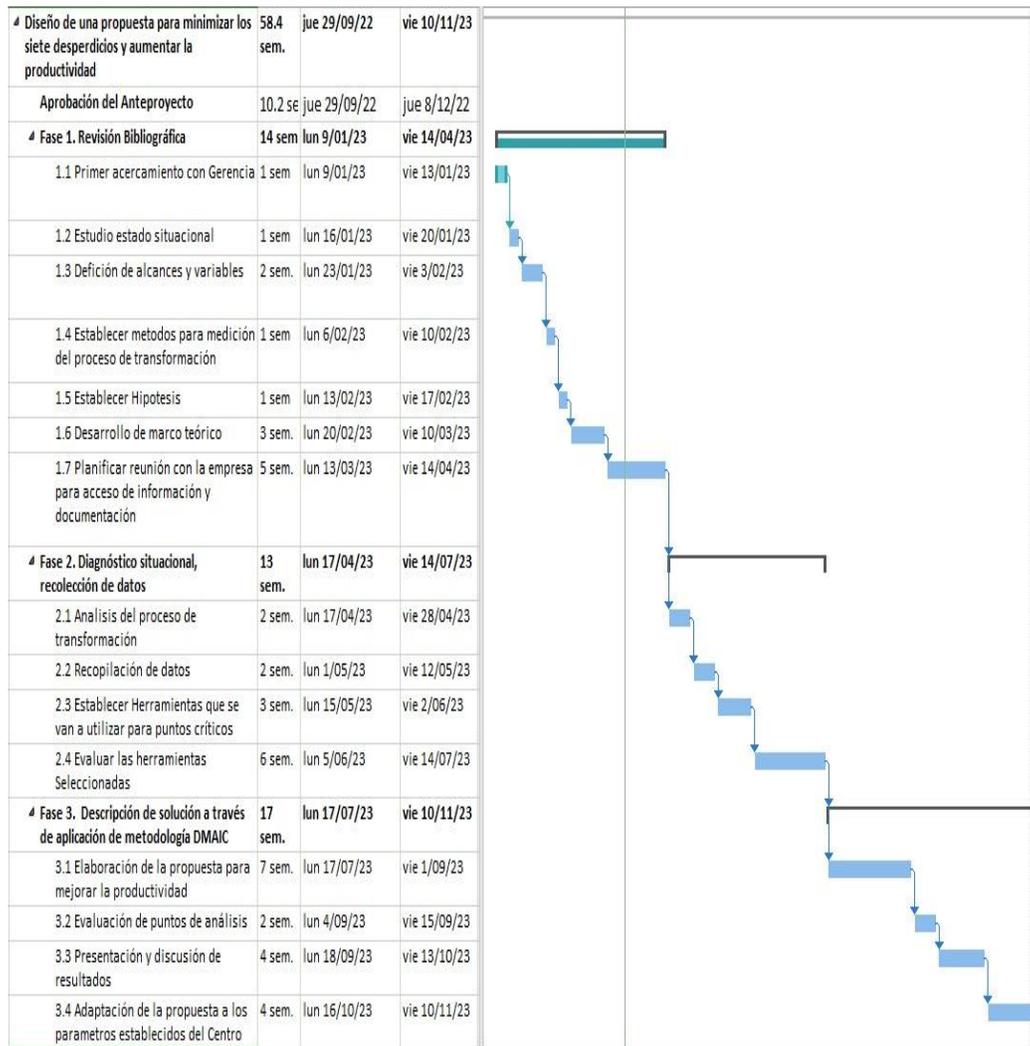
En la cuarta fase, los instrumentos que permitirán la mejora en el proceso con los datos recolectados con anterioridad serán estandarización de proceso, hojas de verificación, diagramas de Pareto y el análisis de las operaciones ya que lo que se busca es la reducción de tiempos en el proceso productivo asociados a las debilidades que posee el sistema en la transformación de varas de bambú a tableros laminados.

Y por último en la fase cinco, debido a que el objetivo primordial es darle el control y seguimiento necesario a la utilización de la metodología Seis Sigma las técnicas que se llevarán a cabo serán indicadores de gestión, observación directa, hojas de control y verificación.

12. CRONOGRAMA

Figura 5.

Cronograma del proyecto



Nota: La grafica representa las fases de investigación con fecha establecida. Elaboración propia.
Realizado con *Microsoft Project*.

13. FÁCTIBILIDAD DE ESTUDIO

Para que la investigación pueda concluirse de forma exitosa con los objetivos establecidos, hay que tener en consideración que se debe contar con recursos de distintas especificaciones y características como intelectuales, físicos, humanos y financieros.

- **Intelectuales:** esto hace referencia a que con el acceso de los datos históricos se podrá llevar a cabo la descripción del proceso de transformación del bambú, lo que permitirá conocer el estado situacional del centro, específicamente en el área que se desea realizar el estudio, para detectar las oportunidades de mejora, en las cuales se aplicará la utilización de la metodología Seis Sigma.
- **Físicos:** en este apartado se considera los materiales físicos que serán utilizados para llevar a cabo la investigación con el fin de alcanzar los objetivos planteados como lo son la impresora, vehículos, hojas, tinta, equipo de computación, pizarra de apuntes entre otros, esto con el fin de mejorar la productividad en el proceso productivo, a partir de la metodología Seis Sigma.
- **Humanos:** para la realización de este estudio el investigador invertirá tiempo, esfuerzo por lo que es considerado entre los recursos necesarios, también se considera la participación del asesor que será clave ya que con su aporte ayudará que la investigación sea exitosa, sumándose a este recurso el personal encargado de llevar a cabo el proceso de

transformación de las varas de bambú que estarán a completa disposición para mejorar la situación actual.

- **Financieros:** este hace referencia específicamente a las inversiones monetarias necesarias para llevar a cabo la investigación, donde se verán involucradas las partes de interés, las cuales son: el investigador y el centro de transformación de bambú, las que en conjunto costearán dicha investigación.

A continuación, se detalla el monto de cada recurso y el encargado de cubrirlo.

Tabla 3.

Factibilidad del proyecto

Factibilidad del estudio		
Descripción	Encargado	Monto
Asesoría	Investigador	Q 2,500.00
Investigador	Centro	Q 3,500.00
Útiles y papelería	Centro	Q 800.00
Impresiones	Centro	Q 1,000.00
Varios (no contemplados)	Centro / Investigador	Q 1,200.00
Investigación y desarrollo	Investigador	Q 1,000.00
	TOTAL	Q 10,000.00

Total, investigador	Q 4,100.00	41 %
Total, Centro	Q 5,900.00	59 %

Nota: Detalle del presupuesto mínimo necesario para llevar a cabo el proyecto. Elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

Como se observa en el detalla en la tabla anterior el total necesario para llevar a cabo la investigación es de Q 10,000.00, el investigador aportara el 41 % que es equivalente a Q 4,100.00 y el centro se hará cargo del otro 51 % que equivale a Q 5,900.00.

14. REFERENCIAS

Aparicio, J. M. (2013). *Gestión logística y comercial*. Madrid, España: Mc Graw Hill.

Fuentes S. (2012). *Satisfacción laboral y su influencia en la productividad (estudio realizado en la delegación de recursos humanos del organismo judicial en la ciudad de Quetzaltenango)*. Universidad Rafael Landivar. Guatemala.

González, F. J. (2017). *Reducción de desperdicios de envase en formato 360ml del proceso de llenado línea 7, en una empresa de bebidas carbonatadas implementando herramientas de manufactura esbelta (tesis de maestría)*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Herrera, C. R. (2018). *Desarrollo de la metodología 5'S para el área de colonias como pilar del manejo productivo total (TPM) y mejora de la productividad en una empresa cosmética (tesis de maestría)* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Laza, C. A. (2022). *Gestión de proveedores*. España: Tutor formación.

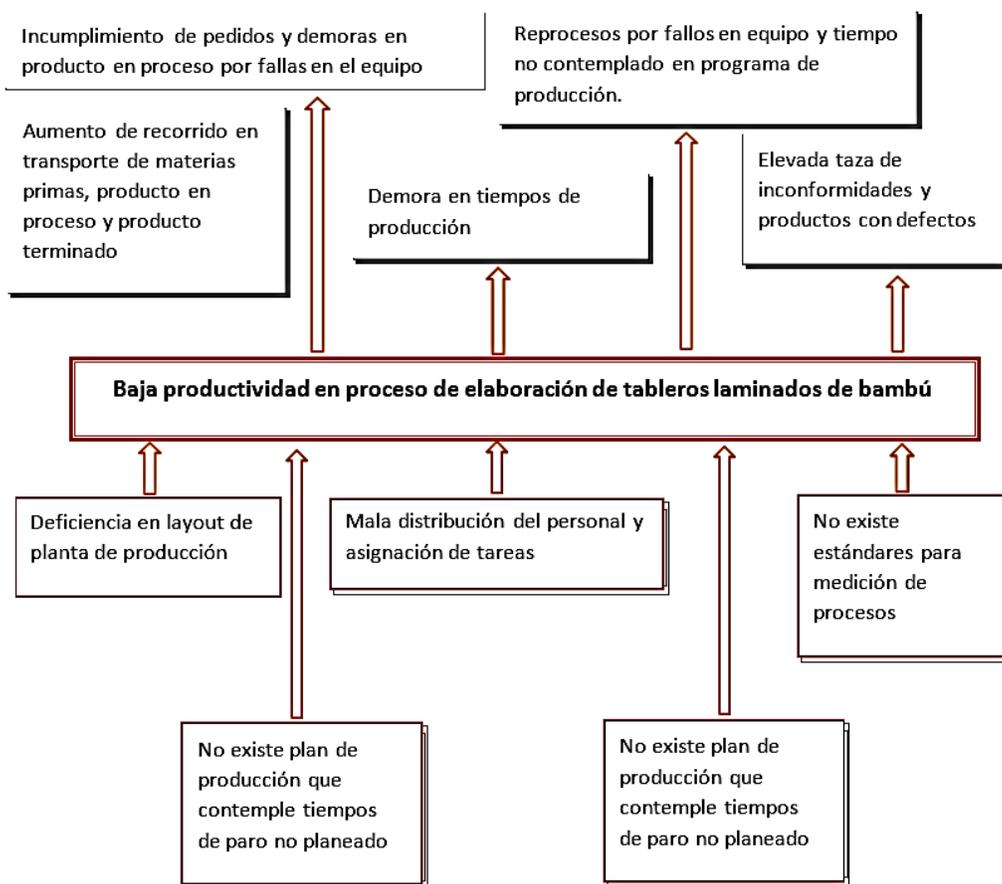
Martínez, C. I. (2014). *La metodología Lean Seis Sigma, sus herramientas y ventajas*. México.

Pulido, H. G. (2009). *Control estadístico de la calidad y seis Sigma*. México: Mc Graw Hill.

APÉNDICES

Apéndice 1:

Árbol de problemas



Nota: Árbol de problemas definidos para esta investigación, elaboración propia, realizado con Microsoft Word

Apéndice 2:

Matriz de coherencia

Diseño de una propuesta para minimizar los siete desperdicios y aumentar la productividad en la elaboración de tableros laminados con bambú a través de la metodología DMAIC en el centro de transformación e investigación de bambú en Guatemala				
Preguntas de investigación	Objetivos de la investigación	VARIABLES de la investigación	Método de solución propuesto	Resultados esperados
¿Cómo se pueden erradicar los desperdicios y aumentar la producción en el proceso de elaboración de tableros laminados de bambú?	Diseñar una propuesta para erradicar los desperdicios y aumentar los recursos en el proceso de producción con la metodología DMAIC en la elaboración de tablero laminados de bambú	Utilización de la metodología Seis Sigma	Utilizar la metodología Seis Sigma a través de distintos formatos en observación directa, hojas de verificación y hojas de control por el ciclo DMAIC	Incrementar la productividad en la bodega de despacho de la empresa de análisis, reduciendo costos, tiempos de operación y control de inventarios
¿Cómo se lleva a cabo el desarrollo de tableros laminados de bambú y cuáles son los desperdicios identificados?	Definir la situación en la que se encuentra actualmente el proceso de transformación de varillas de bambú a tableros laminados para identificar los desperdicios más recurrentes en el proceso, y así localizar el punto de partida	Descripción de procesos actuales en la elaboración de tableros laminados de bambú	Análisis situacional a través de observación directa, cuestionarios y entrevistas	Describir las deficiencias que han sido determinadas en los procesos principales en la elaboración de tableros laminados de bambú.
¿Qué parámetros críticos de calidad se utilizan para evaluar el producto terminado?	Establecer los CTQ's para evaluar la calidad/expectativa requerida por el cliente final.	Establecimiento de indicadores para el incremento de la productividad	Establecer indicadores a través de observación directa, hojas de verificación y hojas de control para formar adecuadamente los	Determinación de indicadores claves para incrementar la productividad en la procedo de elaboración de tableros laminados de bambú.
¿Cuáles son los beneficios que se obtendrán al utilizar el diseño propuesto?	Determinar los beneficios que se obtendrán en el centro de transformación de bambú al utilizar el diseño propuesto	Determinación de beneficios en la productividad al implementar la metodología	Analizar los cambios haciendo comparación de los resultados en la fase de análisis situacional y los encontrados en la utilización de la metodología	Determinar los beneficios en la reducción de desperdicios y aumento de productividad que surgieron por la implementación de metodología en el centro.

Nota: Matroz de coherencia para la elaboración de la propuesta diseñada, elaboración propia, realizado con Microsoft Excel

Apéndice 3:

Modelo de entrevista para recolección de datos sobre el proceso de elaboración de tableros laminados de bambú.

Encuesta de siete desperdicios en el proceso de producción (cliente interno)



Fecha: _____ Nombre: _____

Califique en la escala de 1 a 7, en donde 7 es el nivel máximo de desperdicios observados, sin repetir el valor.

1. Tiempo de espera:
2. Nivel de inventario de producto en proceso al finalizar turno:
3. Distancia entre cada estación:
4. Nivel de no conformidades:
5. Sobreproducción:
6. Procesamiento incorrecto:
7. Transporte innecesario:

En las siguientes líneas le invitamos a que realice comentarios que considere que aportarían a mejorar el proceso de producción:

Firma: _____

Nota: Modelo de entrevista para la recolección de datos, elaboración propia, con Microsoft Word