

**INTEGRACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA EN LA  
METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE VARIABILIDAD EN  
LA ELABORACIÓN DE ESTIBAS. EMPRESA INDUCARGO.**

**RICHARD ANTONIO MOYA ARGÜELLO  
AUTOR**

**TRABAJO PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
NORTE DE SANTANDER  
2022**

**INTEGRACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA EN LA  
METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE VARIABILIDAD EN  
LA ELABORACIÓN DE ESTIBAS. EMPRESA INDUCARGO.**

**RICHARD ANTONIO MOYA ARGÜELLO  
AUTOR**

**TRABAJO PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SANDRA MILENA CASTRO ESCOBAR  
DIRECTOR**

**NIXON ALBEIRO ZAMBRANO  
CO DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
NORTE DE SANTANDER**

**2022**

## RESUMEN

El interés de las organizaciones en mejorar la calidad de los productos propende a la adopción de metodologías que contribuyan al fortalecimiento de sus procesos, al buen uso de sus recursos y a la satisfacción de la demanda. La metodología Seis Sigma ofrece la posibilidad de encontrar ese nivel de calidad en los productos y servicios deseados a través de sus fases de mejora DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar).

En el trabajo que se desarrollará a continuación se propone la aplicación de la metodología Seis Sigma para el proceso de producción de una empresa dedicada a la fabricación de estibas de madera. Inicialmente se realizó un diagnóstico de las condiciones en que se encuentra la empresa Inducargo y del proceso en mención. Posterior a esto se realizó un estudio de tiempos para identificar el problema raíz de donde se están generando las unidades defectuosas que están generando problemáticas en la organización, identificadas como las variables de estudio para el proyecto.

Según la información obtenida se aplicó la metodología Seis sigma para identificar el nivel de dispersión dentro de las variables analizadas y se estableció la mejora necesaria para la adecuación del sistema productivo de la organización. Una vez establecida la metodología se evaluó el beneficio de la misma dentro de la organización. De esta manera la presente investigación pretende desarrollar un modelo de integración entre el método de Regresión Logística y la metodología Seis Sigma para detectar la probabilidad de ocurrencia de un estado dicotómico (con defecto o sin defecto) a causa de unas variables relacionadas en el proceso de fabricación de estibas, la cual genera variabilidad en el proceso y que de alguna manera conlleva a la insatisfacción de los clientes.

**Palabras claves:** Seis sigma, Regresión logística binaria, DMAIC, cartas de control, mejora

## **ABSTRACT**

The interest of organizations in improving the quality of products tends to adopt methodologies that contribute to the strengthening of their processes, the good use of their resources and the satisfaction of demand. The Six Sigma methodology offers the possibility of finding that level of quality in the desired products and services through its DMAIC improvement phases (Define, Measure, Analyze, Implement and Control).

In the work that will be developed below, the application of the six sigma methodology is proposed for the production process of a company dedicated to the manufacture of wooden pallets. Initially, a diagnosis was made of the conditions in which the Inducargo company is found and of the process in question. After this, a time study was carried out to identify the root problem of where the defective units that are generating problems in the organization are being generated, identified as the study variables for the project.

According to the information obtained, the six sigma methodology was applied to identify the level of dispersion within the analyzed variables and the necessary improvement was established for the adaptation of the organization's productive system. Once the methodology was established, its benefit within the organization was evaluated. In this way, this research aims to develop an integration model between the Logistic Regression method and the Six Sigma methodology to detect the probability of occurrence of a dichotomous state (with defect or without defect) due to related variables in the process of manufacture of pallets, which generates variability in the process and that in some way leads to customer dissatisfaction.

Keywords: Six sigma, Binary Logistic Regression, DMAIC, control charts, improvement

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	9
<b>1. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>12</b>
1.1. Seis Sigma.....	13
1.2. Metodología DMAIC.....	14
1.2.1. Definir .....	15
1.2.2. Medir.....	16
1.2.3. Analizar .....	17
1.2.4. Mejorar .....	17
1.2.5. Controlar .....	18
1.3. Métricas Seis Sigma .....	18
1.4. Modelo de Regresión Logística.....	20
1.5. Incidencias de capacidad de proceso.....	22
1.6. Cartas de Control para atributos .....	22
<b>2. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>22</b>
2.1. ANTECEDENTES.....	22
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>33</b>
3.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	36
<b>4. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>39</b>
OBJETIVO GENERAL .....	39
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	39
<b>6. MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>40</b>
6.1. DELIMITACIONES.....	40
6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
6.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
6.5. VARIABLES DE ESTUDIO .....	42
<b>7. FASES METODOLOGICAS .....</b>	<b>43</b>
7.1. FASE 1. DIAGNOSTICO.....	43
7.2. FASE 2. CATEGORIZACIÓN .....	43
7.3. FASE 3. DESARROLLO .....	44
7.4. FASE 4. COMPROBACIÓN .....	44

<b>8. RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
8.1. FASE 1 DIAGNOSTICO.....	46
8.1.1 ENTREVISTA.....	46
8.1.2 OPERACIONALIZACION .....	47
- Generalidades.....	49
- Personal.....	50
- Materia Prima.....	51
- Maquinaria .....	52
- Producto.....	52
- Proceso.....	54
8.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO .....	54
- Diagrama de proceso de operación .....	55
8.1.4 DIAGRAMA CAUSA EFECTO.....	57
8.2 FASE 2 CATEGORIZACIÓN .....	59
8.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	59
8.2.2 DEFINIR.....	64
8.2.2.1 SIPOC .....	65
8.2.2.2 VOZ DEL CLIENTE .....	68
8.2.2.3 CRITICAS PARA LA CALIDAD (CTQ).....	70
8.2.3 MEDIR.....	75
8.2.3.1 RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATA.....	78
8.2.3.2. VARIABILIDAD.....	88
8.2.3.3. CALCULO DEL DPU, DPO Y DPMO.....	90
8.2.3.4. NIVEL SIGMA.....	92
8.3. FASE 3 DESARROLLO DEL MODELO.....	94
8.3.1. MODELO DE REGRESIÓN LOGISTICA .....	94
8.3.2. ANALIZAR .....	97
8.3.2.1. CAPACIDAD.....	102
8.3.3. MEJORAR .....	106
8.4. FASE 4 COMPROBACIÓN.....	110
8.4.1. VALIDACIÓN.....	110
8.4.2. CONTROLAR.....	112
8.4.3. CARTAS DE CONTROL.....	115

<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>125</b>

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Descripciones métricas de Seis Sigma.....	19
Tabla 2. Cronograma.....	45
Tabla 3. Operacionalización de variables. ....	48
Tabla 4. Diagrama de proceso.....	56
Tabla 5. Operacionalización de Variables – Modelo de Regresión Logística .....	63
Tabla 6. Marco del Proyecto.....	65
Tabla 7. Demanda de estibas .....	74
Tabla 8. Proceso elaboración de estibas.....	76
Tabla 9. Variables: Operario - Experiencia - Estatura .....	79
Tabla 10. Tamaño de la muestra (N) .....	80
Tabla 11. Toma de Tiempos .....	82
Tabla 12. Valoración de desempeño.....	84
Tabla 13. Variable: Tiempo de producción .....	85
Tabla 14. Variable: Plazo de entrega.....	87
Tabla 15. Variable: Altura de la mesa .....	88
Tabla 16. Variabilidad en estibas.....	89
Tabla 17. Unidades defectuosas .....	89
Tabla 18.DPU – DPO – DPMO del proceso de elaboración de estibas.....	91
Tabla 19.Rendimiento – Nivel Sigma.....	93
Tabla 20. Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo .....	95
Tabla 21. Tabla de Clasificación.....	96
Tabla 22. Variables en la ecuación.....	96
Tabla 23. Total de Variabilidad.....	99
Tabla 24. Seis Sigma.....	101
Tabla 25. Valoración de la Capacidad de Proceso (Cp).....	103
Tabla 26. Control del Proceso.....	104
Tabla 27. Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo .....	111
Tabla 28. Tabla de clasificación .....	111
Tabla 29. Variables en la ecuación.....	112
Tabla 30. Tabla de Control Sigma .....	114

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Competencia	37
Figura 2. Proceso cuantitativo	40
Figura 3. Organigrama INDUCARGO	50
Figura 4. Distribución de Planta	51
Figura 5. Mesa Armadora y de Clavado	107

## LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Árbol de Problemas.	36
Gráfico 2. Diagrama de Flujo de Procesos	55
Gráfico 3. Diagrama Causa – Efecto	58
Gráfico 4. SIPOC Inducargo	67
Gráfico 5. Diagrama Crítico de Calidad. CTQ	71
Gráfico 6. Diagrama de Pareto	73
Gráfico 7. Demanda anual de estibas	74
Gráfico 8. Demanda de productos alternos	74
Gráfico 9. Tiempo estándar del proceso de producción	86
Gráfico 10. Nivel sigma	93
Gráfico 11. Producción de estibas	99
Gráfico 12. Histograma - DPMO	101
Gráfico 13. Control del Proceso	105
Gráfico 14. Carta de Control del Proceso	115
Gráfico 15. Porcentaje de Defectos	116
Gráfico 16. Capacidad del Proceso	117

## LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Entrevista Semi estructurada	125
Anexo 2. Voz del Cliente	126
Anexo 3. Formato Toma de Tiempos	128
Anexo 4. Tabla de Suplementos	129
Anexo 5. Procedo Nivel Sigma	130
Anexo 6. Propuesta Maquinaria	131

## **Dedicatoria**

A mi esposa e hijos, que fueron motor, motivación y empuje.

A mi padre que fue precursor de todo lo que soy hasta ahora y me acompaña desde el cielo.

A mi estimado Saury Thomas, quien fue un gran tutor, guía y ejemplo en mi carrera, y lo sigue siendo desde el cielo.

## **Agradecimientos**

A Dios por todas las bendiciones e iluminación dada

A mi tutor por el acompañamiento y dedicación para la culminación de este proceso.

A mis docentes de la maestría pues con sus conocimientos compartidos se logró afianzar las habilidades de los maestrantes.

A los directores de la Maestría, quienes facilitaron todo el proceso académico-administrativo.

A los directivos de la empresa INDUCARGO quienes con su amabilidad y disposición permitieron aplicar esta metodología.

A mi prima Leidy por sus aportes en este proyecto.

## INTRODUCCIÓN

Considerando que en la actualidad las empresas se encuentran en constante renovación dada la necesidad de su crecimiento organizacional y la búsqueda del posicionamiento competitivo en el mercado, se ha visto la necesidad de enfocar los sistemas productivos hacia una mejora continua, en donde se identifiquen las falencias de los mismos y se implementen actividades de mejora.

No resulta beneficioso para las organizaciones establecer una política de alta tasa de productividad si no se está considerando la calidad con que se está entregando el producto a los clientes, por lo que se está perdiendo el enfoque de satisfacción, lo que implicaría pérdidas para las organizaciones tanto en el factor económico como en el reconocimiento de la misma.

Además, lo que se desea bajo los criterios de la ingeniería es establecer metodologías que conlleven a la mejora de los procesos de producción, ya sea de bienes y servicios, mejorando las actividades, reduciendo los puntos críticos a su mínima variabilidad y aumentando los niveles de producción bajo el enfoque de calidad de producto para la satisfacción del cliente.

Como parte de las estrategias que se pueden encontrar a nivel científico la aplicación de modelos estadísticos permite el análisis de variables que pueden influir en los resultados de un proceso que al final se representa en productos con ciertas variabilidades. Los modelos de regresión logística permiten por ende verificar las variables categóricas que influyen en resultados dicotómicos, en este caso, encontrar defectos en las estibas permitiendo al mismo tiempo hallar la probabilidad de encontrar una variable como causa relevante de las unidades defectuosas.

Es por esto que se ha identificado la metodología Seis Sigma como un procedimiento que contribuye a medir las modalidades de trabajo, buscando reducir la variabilidad que se presenta en el desarrollo de los diferentes procesos

en pro de ajustar cada uno de los engranajes que conforman los ciclos productivos para lograr la mejora de los mismos bajo estándares de calidad.

Apoyados en el método DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve y Control), orientado a Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar, como herramienta dentro de la metodología Seis Sigma, se dará paso a la identificación de problemas en procesos y establecer la manera en que deben ser resueltos para mejorar el rendimiento de las organizaciones.

Para el presente trabajo se recolectó toda la información posible de la empresa Inducargo en relación al proceso de fabricación de estibas de madera, identificando las diversas variables que se están presentando en el desarrollo de las actividades. Se plantea el desarrollo de un modelo de integración entre el método de Regresión Logística y la metodología Seis Sigma para detectar la variabilidad que existe en el proceso de elaboración de estibas y como se está viendo reflejado en el resultado de la cantidad de estibas defectuosas, que están llevando a la insatisfacción de los clientes.

Se pretende diseñar un modelo que bajo dicha metodología permita el aumento de los niveles de productividad la reducción de la cantidad de productos defectuosos con el fin de evitar que se incremente los niveles de devolución y aumente la satisfacción del cliente.

## 1. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

La forma en que las industrias han venido consolidándose en sus mercados muestra cambios de métodos, filosofías, costumbres, cada vez están más arraigadas al uso de herramientas de gestión administrativa y de ingeniería. A través de la historia han dado ejemplo lo que son hoy en día las grandes corporaciones, metodologías que son la base fundamental de la mejora que permiten el logro de los objetivos financieros trazados en sus proyecciones.

Los constantes retos en las que se encontraron las organizaciones en la lucha por sobrevivir en una economía creciente, comportamiento dado entre los siglos XVIII y XIX marcado por la primera Revolución Industrial aparece la necesidad del desarrollo de metodologías o filosofías permitiendo ser referentes para otras organizaciones, como por ejemplo la filosofía Toyota, donde se plantea la mejora continua.

J. C. Herrera-Vega, G. Herrera-Vidal y C. González-Polo (2017) <sup>1</sup> consideran la importancia del uso de herramientas de la ingeniería industrial para la mejora de los procesos propiciando un mejor uso de los recursos empresariales, lograron estandarizar los procesos mediante estudio de tiempos junto a otras metodologías como 5'S, al mismo tiempo que evaluó una metodología para calcular rendimientos de la madera y se desarrolló una propuesta para implementar un Programa de Producción más Limpia, mejorando las prácticas operativas. Lograron concluir que sin la adecuada medición de procesos es imposible su estandarización. Este proyecto sirvió como guía para el desarrollo metodológico en el análisis estadístico de las variables claves para la mejora de la productividad.

Sayid Mia MA (2017) <sup>2</sup> analiza la aplicabilidad del Seis Sigma en una fábrica de zapatos en Bangladesh donde establecen que es un tipo de industria de mayor fuerza en el mundo, utilizan diferentes herramientas y técnicas de Seis Sigma,

---

<sup>1</sup> J. C. Herrera-Vega, G. Herrera-Vidal y C. González-Polo, "Mejora del proceso de fabricación de estibas de madera. Un caso de estudio", *Ingeniería Solidaria*, vol. 13, n.º 23, pp. 40-55, Sept. 2017

<sup>2</sup> Sayid Mia MA, Nur-E-Alam M, Ahmad F, Kamal Uddin M (2017) Footwear Industry in Bangladesh: Implementation of Six Sigma Methodology. *Ind Eng Manage* 6: 211.

consideran que es importante aplicar la herramienta en la situación correcta para lograr resultados satisfactorios.

### **1.1. Seis Sigma**

El Seis Sigma parte de la necesidad de una estrategia de negocio que permitiera la mejora de los procesos de una manera constante y controlable, Motorola en 1988 ve la importancia de establecer unas métricas que puedan mostrar la realidad de sus procesos, Bill Smith junto a Mikel Harry (2016)<sup>3</sup> fueron quienes dieron las bases de un conjunto de técnicas estadísticas que cumpliera con las expectativas de las empresas, finalmente es General Electric quien hace sus ajustes y perfecciona este método.

Se define como una metodología que permite la mejora de los procesos de cualquier organización cuya filosofía se orienta a la disminución de los tiempos de ciclo, reducción de defectos y el cumplimiento de niveles de calidad de productos y servicios para la satisfacción de los requerimientos de los clientes. Actualmente existen diversas definiciones de expertos que la conciben como una técnica perfeccionista, técnica mediante el uso de herramientas estadísticas para alcanzar los objetivos de calidad de los productos y procesos.<sup>4</sup>

Al hablar de evolución el Seis sigma paso a ser una herramienta desatendida donde se utilizaba solo donde se necesitaba a convertirse en una estrategia para la alcanzar los objetivos organizacionales, cumplir con las metas de producción eficiente logrando de esta manera enfocarse en incluir elemento de calidad que al final los clientes los perciben, esto gracias a la filosofía de disminuir las causas de los errores o defectos de los procesos. El logro de esta tarea tan compleja requiere

---

<sup>3</sup> Escalante Vázquez, E. J. (2016). Seis- Sigma: Metodología y Técnicas (2a edición ed.). México: Limusa

<sup>4</sup> Barba, Boix y Cuatrecasas. Seis Sigma, Una iniciativa de Calidad Total.

de la implementación eficaz de principios estadísticos y diversas herramientas para diagnosticar los problemas de calidad y facilitar las mejoras<sup>5</sup>.

Como ejemplo de la aplicabilidad, Sayid Mia (2017)<sup>6</sup>, analizan la aplicabilidad del Seis Sigma en una fábrica de zapatos en Bangladesh donde establecen que es un tipo de industria de mayor fuerza en el mundo, utilizan diferentes herramientas y técnicas de Seis Sigma, consideran que es importante aplicar la herramienta en la situación correcta para lograr resultados satisfactorios.

La aplicación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal determinó que se pudo lograr una mejora debido a la implementación de un mantenimiento adecuado para la maquina monoblock, pasando de un 47% a un 80% en la eficiencia general de los equipos de la línea<sup>7</sup>.

Seis Sigma como herramienta de mejoramiento continuo: caso de estudio. La herramienta utilizada facilitó la identificación de aquellas fallas que tiene la organización, las cuales carecen de controles permitiendo plantear estrategias de mejoramiento que, en el caso de ser implementadas en la empresa de aseguramiento de talento humano, contribuirán a la generación de un factor diferenciador que se verá reflejado en el aumento de la satisfacción de los clientes<sup>8</sup>.

## **1.2. Metodología DMAIC**

La metodología Seis Sigma se ha consolidado como una herramienta de mejora en las organizaciones, esta es una metodología compuesta por cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Albert, Soler, & Molina (2017)<sup>9</sup>, mejora y estandariza los procesos de tal manera que estos generen los mínimos defectos

---

<sup>5</sup> Evans, J., Lindsay, W., (2015) Administración y control de la calidad, 9ª edición.

<sup>6</sup> Sayid Mia MA, Nur-E-Alam M, Ahmad F, Kamal Uddin M (2017) Footwear Industry in Bangladesh: Implementation of Six Sigma Methodology. Ind Eng Manage

<sup>7</sup> Pérez, E., & García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Revista Tecnología En Marcha, 27(3), pág. 88–106. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i3.207>

<sup>8</sup> <https://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370909.html>

<sup>9</sup> Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina, A. I. (2017). Metodología e Implementación de Six Sigma. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, 8.

por millón de unidades producidas. Considera que estos defectos deben ser indetectables por el cliente. Seis Sigma ha permitido que miles de organizaciones logren alcanzar las metas propuestas desde el punto de vista financiero pues establece las condiciones necesarias para atender las necesidades del mercado, medir su demanda y definir requerimientos de producción.

Las organizaciones como sistema requieren conocer de cerca la capacidad de su producción o servicio ofrecido en la medida que la demanda lo exige, este hecho plantea la necesidad de establecer métodos estadísticos que logren minimizar los defectos y desperdicios a nivel productivo, desde la perspectiva económica la maximización de sus utilidades.

La viabilidad que brinda la aplicación del DMAIC es que, al ser una metodología estructurada para la solución de problemas, permite a las PyMES obtener resultados más rápidos y más visibles en comparación de las empresas a gran escala.<sup>10</sup>

Así mismo, la metodología permite integrar otras que permiten generar un valor agregado a los sistemas productivos, además de la disminución de defectos, donde comúnmente solo el Six Sigma aplicaría, este logra integrarse con las técnicas Lean, lo que orienta a las empresas no solo a la mejora de los procesos sino a la reducción de desperdicios<sup>11</sup>, en este caso se llamaría Lean Six Sigma.

Para la mejor comprensión de esta metodología, Pande (2002)<sup>12</sup> identifica Los alcances de cada fase del ciclo:

**1.2.1. Definir:** Aquí se identifica el problema que se desea resolver mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma, esta etapa es clave para el desarrollo coherente de las técnicas y herramientas que permitirán el alcance de las metas establecidas dentro del proyecto. De esta manera mediante una visión clara del

---

<sup>10</sup> Hung, Hsiang-Chin and Sung, Ming-Hsien. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. Quality and Reliability Engineering International, 2015

<sup>11</sup> Kostic, Nikoli S. and Nikolic, I. Lean Six Sigma in Food Industry. Serbia: International Journal of Basic & Applied Sciences , 2013, Vol. 13. 2227-5053.

<sup>12</sup> Pande, P. S. (2002). The Six Sigma Way Team Fieldbook An Implementation Guide for Project Improvement Teams. . United States of America. : McGraw-Hill Companies

problema se logran definir las variables críticas de calidad planteándose las metas y el alcance del proyecto, se proyectan los beneficios que se tendrán en la aplicación de la metodología y el impacto de los resultados en la percepción de los clientes. Este paso difiere de la selección del proyecto y es donde se describe el problema términos operativos facilitando la medición y posterior análisis.

En el enunciado del problema se identifican los clientes y los Críticos para la Calidad (CTQ ó CPC) que pueden tener incidencia en los resultados del proceso que al final se reflejan en el estado del producto o del servicio. Esta característica que mide el nivel de aceptación por parte de los clientes radica en el desempeño de los procesos y la naturaleza de los errores la voz del cliente puede ser una técnica eficaz en esta fase.

**1.2.2. Medir:** Se determina la capacidad del proceso, se miden los CPC del producto y/o servicio (Variable de salida Ys) y se comprueba que puedan medirse en forma clara, se diagnostica la situación actual mediante mediciones y cálculos de algunas métricas identificándose el desempeño del proceso, de esta manera se establecen los objetivos para los Críticos de Calidad. Estas mediciones están orientadas a evaluar los procesos que se desarrollan internamente, para ello se busca la comprensión de lo que sucede a través de la recopilación de información, relacionar los requerimientos de los clientes con los hallazgos encontrados en el producto.

En Institute Juran basado en The Tools of Quality Part V: Check Sheets<sup>13</sup>, se establecen 10 aspectos importante para la recopilación de información:

- Establecer las preguntas apropiadas para la recopilación de información necesaria
- Utilizar las herramientas de análisis de datos apropiadas y tener la certeza de que se recopilan los datos necesarios.

---

<sup>13</sup> The Tools of Quality Part V: Check Sheets , Quality Progress 23, num. 10 (octubre de 1990), 53. <https://asq.org/quality-resources/seven-basic-quality-tools>

- Establecer pautas para la recopilación de datos para no afectar el proceso
- Seleccionar una persona para la recopilación de la información que no tenga prejuicios en la toma al igual que fácil accesibilidad.
- Recopiladores con experiencia
- Sencillez en las herramientas para la toma de datos
- Crear bitácoras y cronogramas para la toma de datos
- Instrucciones claras en la forma de recopilar la información
- Capacitación de aspectos generales de la información que se recopilará y la importancia de tomar datos lo más exacto posible
- Revisión y validación de los datos para verificar la exactitud

**1.2.3. Analizar:** Se identifican las causas raíz de los problemas para la comprensión de cómo las variables afectan los procesos, de esta manera se confirma la causa de los datos que generaron las incidencias.

La etapa de análisis de la metodología DMAIC se enfoca en responder por qué ocurren los defectos, errores o la variación. En esta etapa se aplican herramientas de análisis de los datos que fueron recolectados en la etapa anterior, que corresponde al medir, de esta manera se establece un marco para las posibles mejoras que serán aplicados en la etapa de mejorar, se calculan métricas mediante el uso de la estadística para la determinación de factores críticos del desempeño del proceso.

**1.2.4. Mejorar:** Se responde la pregunta, ¿de qué manera se disminuye la variabilidad excesiva del proceso?, para ello se proponen e implementan soluciones que atacan directamente las causas del problema. La comprensión del problema es clave en esta fase pues las ideas que surgen para mejorar el proceso deben tener coherencia con los datos obtenidos junto a las necesidades Críticos para la calidad analizados. La mejora parte de la creatividad y la capacidad del

implementador de generar soluciones concretas que muchas veces no son evidentes.

En esta etapa se aplican herramientas que aportan ideas para la solución de problemas, la aplicación como por ejemplo la lluvia de ideas<sup>14</sup> con el fin de realizar un listado de verificación de ideas para que estas sean evaluadas, seleccionadas (la o las más apropiadas) y finalmente aplicadas. Los resultados en esta fase deben ser positivas en relación a los anteriores resultados del análisis de las variables lo que propende que el proceso mejore sus indicadores al igual que el CPC (Críticos de Calidad).

**1.2.5. Controlar:** Fase de mantener lo que se ha logrado mejorar a través de técnicas, herramientas, metodologías que garanticen unas variables dentro de los rangos corregidos, los puntos analizados en la primera etapa, antes de la mejora deben encontrarse en este punto dentro de los rangos máximos y que estos permanezcan así a largo plazo, en esta fase la verificación es importante para dar cierre al proyecto<sup>15</sup>. La bibliografía y experiencia de los Master Black Belt sugieren controles sencillos, donde permita la identificación y verificación del estado de las variables fácilmente, esto asegura que los procedimientos se realicen de manera adecuada, para ello es necesario el empleo de diagramas de control con los procesos estadísticos.

**1.3. Métricas Seis Sigma:** La medición de los procesos debe ser objetiva en términos de calidad, por ello se miden a través de índices de capacidad, técnicas que evalúan los proceso midiendo los defectos, se tiene dentro de esta metodología: Los DPU (Defectos por Unidad), DPO (Defectos por Oportunidad), Defectos por Millón de Oportunidad (DMPO), niveles sigma y el rendimiento del proceso (YIELD), en la tabla 1 se observa la descripción de cada métrica.

---

<sup>14</sup> Osborn, A. F. Applied imagination, principles and procedures of creative thinking. (1953).

<sup>15</sup> Pande, P. (2002.). The Six Sigma Way Team Fieldbook An Implementation Guide for Project Improvement Teams. . United States of America. : McGraw-Hill Companies

**Tabla 1. Descripciones métricas de Seis Sigma**

<b>MÉTRICA</b>	<b>ECUACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Defectos por Unidad (DPU)</b>	$DPU = \frac{D}{N}$	Toma el número de defectos que se observaron en las unidades producidas e inspeccionadas, permite saber cuál es el promedio de defectos por unidad de producción.
<b>Defectos por Oportunidad (DPO)</b>	$DPO = \frac{D}{N * O}$	Toma el número de defectos que se obtienen del proceso, sobre las oportunidades que son propensas de fallar durante este.
<b>Defectos por Millón de Oportunidad (DPMO)</b>	$DPMO = \frac{D}{N * O} * 10^6$	Métrica complemento del DPO Y DPU en el caso de la unidad tenga una sola oportunidad. Se obtiene al multiplicar las anteriores por un millón.
<b>Defectos por Millón de Unidades</b>	$DPMU = \frac{D}{N} * 10^6$	Se obtiene al multiplicar a DPU por un millón. Se utiliza cuando un producto solamente tiene una característica de calidad.

Fuente: Correa (2003)<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Correa, N. (2003). 6 Sigma Nuevo paradigma para medir la calidad. Mundo Mitutoyo, 5-8.

## 1.4. Modelo de Regresión Logística

La regresión logística (RL) es la variante de la regresión que corresponde al caso en que se valora la contribución de diferentes factores en la ocurrencia de un evento simple.

La finalidad de este modelo está en determinar la relación existente entre una variable dependiente y otras variables independientes a modo de establecer cuál de estas presenta mayor significancia para la generación del efecto.

Salman y Salem (2012)<sup>17</sup> menciona que, según el nivel y las características de la variable dependiente, la regresión logística puede examinarse en tres grupos: regresión logística binaria, regresión logística multinomial y regresión logística ordinal.

También Visauta (1998)<sup>18</sup> opina que la regresión logística es un modelo que, a partir de los coeficientes estimados para cada una de las variables independientes y fruto de la probabilidad de los individuos en la dependiente, va a permitir asignar los mismos a una u otra categoría y opción de respuesta.

El problema que resuelve la regresión logística es expresar la probabilidad de cierto desenlace ( $Y=1$ ) en función de  $r$  variables  $X_1, X_2, X_r$  las cuales pueden ser de cualquier naturaleza (continuas, discretas, dicotómicas, ordinales o nominales).

Concretamente, el resultado fundamental del programa consiste en hallar los coeficientes  $\beta_0, \beta_1, \beta_r$ , que mejor se ajustan a la siguiente representación funcional:

$$p_i = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_r x_r}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_r x_r}}$$
$$(1 - p_i) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_r x_r}}$$

---

<sup>17</sup> Baris Salman and Ossama Salem, (2012) Modeling failure of wastewater collection lines using various section-level regression models. Journal of infrastructure systems, 2012.18:146-154.

<sup>18</sup> Visauta, B. (1998). Análisis estadístico con SPSS para Windows. Madrid: McGraw-Hill.

Una alternativa para la estimación de los parámetros consiste en utilizar el procedimiento de estimación por máxima verosimilitud (EMV). Este método proporciona valores  $(\widehat{\beta}_1, \text{ y } \widehat{\beta}_2)$  para los parámetros desconocidos  $(\beta_1, \text{ y } \beta_2)$ .

Inicialmente se establece la función de verosimilitud (L) que expresa la probabilidad de los datos observados como una función de parámetros desconocidos. Los valores que maximizan la función (L) serán los estimadores máximos verosímiles de dichos parámetros.

Una vez ajustado el modelo y obtenidos los estimadores máximos verosímiles  $\widehat{\beta}_1$ , y  $\widehat{\beta}_2$ , la estimación de la probabilidad  $\hat{p}$  es inmediata:

$$\hat{p}_i = \frac{e^{\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_i}}{1 + e^{\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_i}}$$
$$(1 - \hat{p}_i) = \frac{1}{1 + e^{\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_i}}$$

Hair, Anderson, Tatham y Black (1999)<sup>19</sup> afirman que la regresión logística se estima de forma muy parecida a la regresión múltiple lineal en la que se estima primero un modelo base para suministrar una referencia para la comparación, de igual forma Sánchez Vizcaíno (2000)<sup>20</sup> menciona que el modelo de regresión logística es un procedimiento por medio del cual se intenta analizar las relaciones de asociación entre una variable dependiente dicotómica (binaria o dummy) Y y una o varias variables independientes (regresores o predictores)  $X_n$  cuantitativas o categóricas, todo ello a fin de lograr los siguientes objetivos: determinar la existencia o ausencia de relación entre una o más variables independientes y la variable dependiente; medir la magnitud de dicha relación y estimar o predecir la

---

<sup>19</sup> Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. y Black, W. C. (1999). Análisis multivariante. Madrid: Prentice Hall.

<sup>20</sup> Sánchez Vizcaíno, Gonzalo. (2000). Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados. Capítulo 10\_ Regresión Logística

probabilidad de que se produzca (o no) el suceso definido por la variable dependiente en función de los valores que adopten las variables independientes.

### **1.5. Índices de capacidad de proceso**

Las variaciones de los productos permiten mediciones específicas que son medibles a partir de la relación de cada uno de los límites de especificación y la variación inherente del proceso. Kocherlakota (1992)<sup>21</sup> expresa que estos índices relacionan la tolerancia natural del proceso y a las especificaciones de ingeniería. En gran parte de los análisis de control de calidad, la tolerancia natural se establece en términos 6 sigma, mientras que las especificaciones de ingeniería se fijan independientemente de los parámetros de la distribución.

### **1.6. Cartas de Control para atributos**

Son gráficos utilizados en el proceso de análisis de los datos donde se observa la existencia de algún tipo de defecto en productos o servicios, para el caso en especial de las cartas de control para atributos se realiza un conteo de las no conformidades en las unidades antes durante o en el resultado del proceso. Para este tipo de datos los gráficos  $p$  y  $np$ , se basan en la distribución binomial.<sup>22</sup>

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. ANTECEDENTES**

Serrano Torres, 2018, trabajo de grado realizado en el Colegio de posgrados, titulado Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de lácteos: Caso de estudio en la fabricación de quesos frescos, queso mozzarella

---

<sup>21</sup> Kocherlakota, S. & Kocherlakota, K. (1997), Bivariate discrete distributions, 'Encyclopedia of Statistical Sciences-Update', Vol. 2, Wiley, New York, p. 68-83.

<sup>22</sup> Besterfiel, Dale H. (2009). Control de calidad. México. México: Editorial Pearson.

y mantequilla, dentro del objeto de la investigación se encuentra el de mejorar la calidad y productividad en los procesos de elaboración de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla en la empresa Productos Alimenticios “San Salvador”, mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, para optimizar los recursos y generar mayor valor agregado a los productos.

Dentro del desarrollo definido por el autor propone aplicar la metodología DMAIC y herramientas del Lean Six Sigma para la mejora de los procesos de elaboración de queso fresco, queso mozzarella y mantequilla, teniendo en cuenta la percepción de los clientes. El proyecto se dividió en varias fases el cual se hizo uso de herramientas como Pareto, el mapeo de los procesos, un estudio de Repetitividad y reproducibilidad. En la siguiente fase de análisis, muestra la aplicación de un diagrama de causa – efecto, matriz de interrelación, encontrándose desperdicio, uso de herramientas que no le permitían cumplir las especificaciones. Finalmente, en la fase de mejora aplicó una metodología Kaizen para reducir los desperdicios, como transportes, movimientos, esperas, aplicación de diseño experimental con el fin de mejorar el rendimiento de la mantequilla. El mecanismo Poka-yoke para reducir la variabilidad. Las mejoras fueron analizadas mediante prueba de hipótesis con el fin de aumentar el rendimiento del queso; también se utilizó un diseño experimental con 2 réplicas para mejorar el rendimiento de la mantequilla.

Los autores lograron la estabilización de los procesos representado un ahorro económico de S/\$580,52 semanales (Alrededor de \$570.000 pesos colombianos) para la empresa y así mismo la satisfacción de los clientes. El presente estudio pudo mejorar el rendimiento de la materia prima en 2,9% para queso fresco y 3,7% para mantequilla; además se redujo la alta variabilidad en el peso de los productos terminados en  $700+11$  gramos para queso fresco,  $1000+12$  kilogramos para queso mozzarella y  $50+0,5$  kilogramos para mantequilla.

El aporte realizado por este trabajo se basó en el desarrollo de la metodología Lean Six Sigma, donde se busca optimizar los procesos para reducir los defectos en las unidades producidas.

Amar Loaiza, Osc, 2015, Trabajo realizado en la Universidad de los Andes, titulado como Metodología de gestión y control de calidad con base a Normativas ISO implementando Seis Sigma para proyectos de diseño del sector inmobiliario el cual tenía como objetivo formular y proponer una metodología de gestión y de control de calidad que implemente adecuadamente las filosofía Seis Sigma haciendo uso de su metodología DMAIC y los estándares de calidad ISO con el fin de obtener procesos eficientes en el diseño de proyectos inmobiliarios.

El autor identifica la importancia de la implementación de los sistemas de gestión según la norma ISO para el proceso de diseño dentro de las organizaciones pertenecientes al gremio inmobiliario.

Inicialmente se identifica el impacto de la filosofía Seis Sigma dentro del proceso y los aspectos donde se encuentra la mayor cantidad de errores y posterior a esto se realiza un análisis de las características de la filosofía y su influencia para obtener procesos altamente eficientes en donde se logre acoplar con el proceso de diseño de una empresa de Construcción.

El autor logró definir que el Proceso de Diseño en un proyecto de Construcción es clave para su culminación exitosa, así mismo, establece la importancia de un Procedimiento de Calidad basado en estándares de gestión de calidad como las normas ISO que ayuden a tener estructura documental y a seguir a la hora de definir el procedimiento que asegurará la calidad dentro del Proceso de Diseño.

El estudio realizado por este autor se consideró relevante para el desarrollo del presente proyecto dado la importancia del enfoque del sistema de gestión de calidad para cada uno de los procesos dentro de las organizaciones, de los cuales se tomó como base la estandarización de los mismos en busca de la mejora continua y la calidad constante.

Narvárez Romo, Giancarlo, 2019 realizo su trabajo de pasantía en la Universidad Autónoma de Occidente titulado como Aplicación de un modelo de mejoramiento de la productividad basado en Lean Six Sigma a la empresa D'MAX SPORT S.A.S fabricante de calzado el cual tenía por objetivo aplicar la metodología basado en herramientas Lean Six Sigma para una empresa fabricante de calzado masculino en la ciudad de Cali.

El desarrollo del estudio en cuestión se centraba en determinar las medidas necesarias para reducir los niveles de desperdicio que estaban generando el bajo rendimiento del proceso de producción, por lo que el autor ejecuto su estudio en 4 fases: Inicialmente el autor estableció el estado inicial en que se encontraba la empresa, en la segunda fase determino las diversas variables que se están presentando y que están alternado la productividad para la organización haciendo uso de la herramienta Values Stream Mapping. Para la tercera fase realizo el análisis de los resultados e identifico la correlación que existe dentro de las variables y para finalizar estableció la propuesta de mejora que buscaba reducir los cuellos de botella y estandarizar los procesos.

El resultado encontrado por el autor es que el área de producción tiene una eficiencia de los procesos del 46%, lo que implica que durante las operaciones se están realizando actividades que no agregan valor al producto terminado alterando así la productividad representada en 90 unidades por turno, equivalente a un Takt Time de 5,5 minutos por unidad.

Con la propuesta de mejora proyectada logro identificar que se podrá aumentar la productividad en cada uno de los turnos hasta alcanzar las 103 unidades equivalentes a un Tack Time de 4,08 minutos por unidad.

El aporte significativo del autor se basó en la metodología de las herramientas empleadas en las diferentes etapas de estudio, así como el desarrollo de las diferentes fases del DMAIC y la metodología para la determinación de niveles de unidades defectuosas. (Entrevista, SIPOC, DMAIC, diagramas de Pareto, diagrama causa-efecto)

Casadiago Sarmiento, Raf. 2015, desarrolló su trabajo en la Universidad de Pamplona titulado como Control de Calidad Industrial Seis Sigma (En la Industria Cerámica) en el cual planteó como objetivo definir los parámetros de control de procesos estadísticos mediante el enfoque seis-sigma en la manufactura cerámica de producción de bloques.

El autor estableció la metodología Seis Sigma bajo el desarrollo de las fases del DMAIC para determinar los controles estadísticos necesarios dentro de la industria cerámica en la producción de bloques; para esto realizó un estudio de tiempos identificando la variabilidad en la secuencia de producción de bloques en pro de buscar la optimización del sistema bajo parámetros estadísticos. Su estudio se centró en determinar la incidencia en los tiempos de procesamiento y estipular medidas de control para mejorar la productividad.

Se logró concluir que es fundamental en las organizaciones implementar la metodología Seis Sigma bajo parámetros estadísticos de control ya que ayuda a agilizar sus operaciones, reducir los residuos y aumentar el valor productivo de las mismas.

Se tomó a consideración el trabajo del mencionado autor teniendo en cuenta el desarrollo del estudio de tiempos realizado del proceso, además de considerar la propuesta de automatización para el sistema productivo.

Reyes Mejía, Raiza 2013, trabajo de grado realizado en la Universidad de la Costa y titulado como “reducción en los tiempos de operación en el proceso de armado de la fábrica Reyes Mejía & cía. Ltda. en la ciudad de Barranquilla mediante la metodología de Lean Seis Sigma tenía como objetivo lograr una reducción sustancial en los tiempos de procesamiento para aumentar la capacidad del proceso a través de un Instructivo que minimizará el tiempo de la operación en el área de armado con base en la metodología LEAN SEIS SIGMA.

Su metodología fue desarrollada bajo el enfoque del DMAIC, donde se pretendía reducir los tiempos de procesamiento de la madera para la elaboración de estibas principalmente en la actividad de armado, para aumentar su capacidad de producción y lograr cumplir con los requerimientos de los clientes.

Estableció el desarrollo del proyecto mediante las diversas fases del DMAIC; inicialmente definió todo el ámbito contextual de la organización y los parámetros sobre los cuales se pretendía trabajar que consistían en el reconocimiento de la situación problema y los directamente implicados en el proceso. Posterior a esto identifico los parámetros medibles realizando un estudio de tiempo. Para la fase del analizar realizó el cálculo de la capacidad y se apoyó en los gráficos descriptivos para una mejor comprensión de los mismos. En la fase del mejorar se estableció e implemento el procedimiento para la tarea de armado, la cual se encontró como la causa raíz del problema de unidades defectuosas y para la fase del control se implementó una base de datos sobre la cual se pudiera ejercer inspección del tiempo de producción de estibas y de las características de las estibas antes de dársele el aval de

producto terminado, esto con el fin de evitar la producción de unidades con cierta cualidad de defecto.

La autora logró identificar que lo primordial era centrar la mayor atención en la tarea de armado, la cual requería el mayor tiempo para la elaboración total de las estibas, por lo que estableció el instructivo para desarrollo de la misma con lo que pretendía mejorar el desarrollo de la actividad en busca de aumentar la capacidad de producción la cual estaba determinada en un 0,95.

El trabajo mencionado por la anterior autora fue tomado como referencia dado que presenta gran similitud en su contexto con el presente trabajo en desarrollo. La metodología desarrollada presenta el enfoque sobre el cual se desea trabajar definiendo cada una de las fases que lleven al logro del objetivo propuesto. Una vez analizado el estudio antes mencionado se determinó que de igual forma que la autora el trabajo se debía enfocar en reducir los tiempos de elaboración de la estiba sin desmeritar la calidad de las mismas, buscando además aumentar la capacidad de producción para dar cumplimiento a los requerimientos de los clientes.

Gómez Galvis, Cristian desarrolló su estudio en la Universidad Autónoma de Occidente, el cual consistía en la Aplicación de un modelo Lean Six Sigma orientado a la mejora de la productividad en una empresa del sector de cuero de Cali, denominado MimoLeanss, el cual tenía como objetivo principal el diseñar una metodología para la implementación de un modelo de mejoramiento de la productividad con el uso de herramientas y practicas Lean Six Sigma, ajustada a las necesidades y realidades del contexto MiPyme en la empresas de la cadena productiva del cuero y la marroquinería.

El estudio se desarrolló bajo las actividades establecidas por el DMAIC donde caracterizó cada una de las tareas a desarrollar con el fin de determinar el

estado actual de la empresa, la capacidad que tenía ante los requerimientos de los clientes y las mejoras necesarias en el sistema productivo.

Definió el estado actual de la empresa para identificar las falencias que se presentaban en el proceso de elaboración de calzado. Posterior a esto realizó medición de los tiempos de elaboración e inspecciono los tipos de defectos que podrían presentarse en los zapatos producidos para identificar si existía relación entre el tiempo empelado y las unidades defectuosas. Analizó los resultados obtenidos mediante gráficos estadísticas determinado que las tareas de soldadura y corte son los puntos críticos en el proceso de producción. Propuso para la etapa de mejora una metodología referente a las 5S' donde se pretendía adecuar el entorno y puesto de trabajo para que el desarrollo de las actividades se realizará de manera más eficiente.

El autor demostró que adecuando los puestos de trabajo mediante el orden y la limpieza y estandarizando el proceso de soldadura se reducía el cuello de botella en un 11% aumentando la productividad a 26 pares de zapatos semanales. Además, contribuyó a que los trabajadores trabajaran bajo la cultura de orden y limpieza adecuando las herramientas de uso prioritario y las de uso secundario, lo que reducía los desperdicios y el desgaste de las herramientas.

El estudio ejecutado por el autor antes mencionado se tomó como referencia dado el enfoque sobre del mismo; la metodología se desarrolló de igual forma bajo los parámetros del DMAIC, se identificó que el aspecto propuesto para la mejora (metodología 5S') podría ser igualmente beneficiosa para el caso del presente estudio, ya que contribuye de igual forma a que se mejora el puesto de trabajo, se reduzcan los desperdicios y se aumente la productividad.

Sauza Rodríguez, Lady Johanna, 2020, Proyecto de grado realizado en la Universidad de los Andes, titulado como Determinación del estado de redes locales de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a

renovación/rehabilitación teniendo en cuenta CCTV en un número limitado de tuberías. Caso de estudio zona 1 de la EAAB – ESP el cual tiene como objetivo desarrollar una metodología para la estimación del estado estructural de las redes locales de alcantarillado sanitario, a partir de CCTV en un número limitado de tuberías, con fundamento en un caso de estudio desarrollado para la Zona 1 de la EAAB ESP.

La autora fijó su objetivo en desarrollar un estudio sobre las redes locales de alcantarillado sanitario y hacer uso de un modelo de regresión logística binaria para predecir el estado estructural de los tramos que en la actualidad no cuentan con registro. Para esto desarrollo 17 modelos, 13 de regresión logística binaria y 4 de regresión logística multinomial.

Para realizar el modelo de regresión logística la autora estableció como variable dependiente del proceso el estado de deterioro físico de la tubería, y entre las variables independientes se definieron con relación a la tubería: Diámetro (mts), Longitud (mts), Pendiente (cm/mts), Profundidad (mts), Edad (años), Material como variable binaria ( $M=1$  cuando =Gres,  $M=0$  cuando  $\neq$ Gres), Material como variable ficticia (Si Gres –  $M1=1$  y  $M2=0$ ) (Si Concreto –  $M1=0$  y  $M2=1$ ) (Si PVC –  $M1=0$  y  $M2=0$ )

Con el estudio realizado la autora logró deducir que si bien, el objetivo general de esta investigación era estimar el estado estructural, consideró que con las predicciones obtenidas no es posible afirmar con un grado de incertidumbre aceptable que los estados estructurales estimados estén acordes a la realidad y se pueda con estos, emprender procesos de contratación para la renovación y/o rehabilitación del alcantarillado sanitario de la Zona 1, sino que, los resultados pueden ser útiles, en una etapa de pre factibilidad, como un insumo o una fuente de información, que permita estructurar programas de priorización de inspecciones y de esta manera poder tomar la decisión de acometer

Proyectos de Inversión para la renovación o rehabilitación de las redes locales del alcantarillado.

De igual forma estableció que las probabilidades obtenidas con el modelo de regresión logística pueden asumirse como una tasa de prevalencia, la cual se encuentra afectada por las variables predictoras tenidas en cuenta en el modelo desarrollado.

Rodríguez Sabiote, Clemente y Gutiérrez Pérez, José; 2011, Artículo realizado en la Universidad de Granada titulado como Empleo de modelos de Regresión Logística Binomial para el estudio de variables determinantes en la inserción laboral de egresados universitarios, el cual tenía como objetivo principal delimitar la influencia que un conjunto de variables tienen para disfrutar, o bien no poseer un trabajo, en el mayor o menor tiempo en conseguir el primer empleo, así como en la remuneración del actual empleo entre un conjunto de egresados correspondientes a cuatro diferentes titulaciones de la Universidad de Granada.

Para el desarrollo del Modelo de Regresión Logística los autores recolectaron la información mediante un procedimiento mixto de encuesta telefónica y postal enmarcando el estudio dentro de un marco metodológico descriptivo/selectivo. Para el estudio en cuestión consideraron diversos aspectos con relación al ámbito laboral del medio y establecieron como variables dependientes e independientes las siguientes:

Variable dependiente: Trabajo actual, Trabajado desde que se graduó, Tiempo en conseguir su primer, Remuneración de su ocupación actual

Variable independiente: Titulación, Género, Hábitat/Lugar de residencia, Formación complementaria

Una vez desarrollado el proyecto con el modelo de regresión logística los autores lograron concluir que es la variable titulación universitaria la única que

realmente puede considerarse como determinante en el proceso de inserción laboral con relación a egresados de la Universidad de Granada. De igual forma no se encontró relevante la influencia que otras variables como género, lugar de residencia y formación complementaria de los egresados, jueguen en dicho proceso.

Además, se identificó que son las titulaciones de Ciencias Físicas e Ingeniería Electrónica frente a las Licenciaturas de Pedagogía y Filosofía Inglesa las que han alcanzado una mayor probabilidad (estadísticamente significativa) en la consecución de empleo tras la graduación.

Llaugel Felipe A. y Fernández Ana I. (2011) Artículo desarrollado para el Instituto Tecnológico de Santo Domingo en República Dominicana, titulado Evaluación del uso de Modelos de Regresión Logística para el diagnóstico de instituciones financieras el cual tenía como finalidad hacer uso de métodos de regresión logística para diagnosticar la situación financiera de los Bancos Múltiples del sector financiero dominicano.

Los autores lograron desarrollar su estudio y generar una propuesta realizando aplicabilidad del modelo de regresión logística haciendo uso de las cifras de los indicadores de estructura mensuales de los bancos comerciales desde noviembre del 2002 a diciembre del 2004, con esto se permitió generar determinaciones que permitan estimar el comportamiento futuro de la entidad de intermediación financiera, basándose en las informaciones contables que diariamente son reportadas a la Superintendencia de Bancos

El modelo de regresión logístico fue desarrollado con relación a la información financiera correspondiente a 14 bancos y los autores determinaron como variables dependientes los Bancos Viables y Bancos Inviabiles, y para las variables independientes consideraron los indicadores (Cartera de Créditos

Vigentes, Inversiones, Activos, Disponibilidades, Inversiones en Depósitos y Valores, Total Activos, Activos Productivos, Total Pasivos)

Con el resultado obtenido luego de desarrollar el Modelo de Regresión Logística los autores lograron deducir que: Los bancos Bancredito y Mercantil no reflejaban adecuadamente sus informaciones contables, reportando estados financieros alterados a las autoridades durante el año 2002 y que el sistema de supervisión fue mejorado notablemente a partir de la crisis del 2003, implementándose nuevos mecanismos para el reporte de información y realizando auditorias de sistemas e inspecciones asistidas

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa INDUCARGO fundada el 10 de marzo de 1989 en la ciudad de Cúcuta, certificada por el ministerio del medio Ambiente I.C.A según la norma NIMF, ofrece productos relacionados con la fabricación y comercialización de tableros, formaletas, molduras, machimbres y ángulos. Uno de los procesos clave de la organización es la elaboración de estibas donde tiene la mayor representación en el mercado y es el objeto de estudio de esta investigación.

Las líneas de producción de INDUCARGO están conformados por el área de afilado, desbaste, corte, tronzado, rodeado, ensamble, tratamiento y almacenamiento. En promedio el total de pedido que solicitan los clientes son de 180 estibas en 1 solo día, por ello, cumplir con las especificaciones por parte del cliente referente a los atributos requeridos en las estibas, implica aumentar los esfuerzos en tiempos de elaboración del proceso que al final se ve reflejado en la calidad del producto pues se cuenta con 6 operarios, 3 para el proceso de ensamblado con capacidad para fabricar cada uno 45 estibas en el día.

El proceso productivo inicia con la recepción y alistamiento de los bancos de madera, con el fin de minimizar pérdidas de material, se deben adquirir bancos completos con dimensiones ideales de 0.3m\*0.3m\*3m (Ancho, Alto, Largo), sin

embargo, muchos de ellos no llegan con las dimensiones exactas encontrándose medidas de 0.2m\*0.2m\*3m (Ancho, Alto, Largo), 0.2m\*0.1m\*0.1m (Ancho, Alto, Largo), 0.1m\*0.1m\*3m (Ancho, Alto, Largo), 0.25m\*0.25m\*3m (Ancho, Alto, Largo), o con menos longitud.

El proceso se resume en cuatro etapas, el primero es pasar los bancos de madera por el canteador, posteriormente se pasa por la máquina sinfín, la tercera por el corte en la máquina circular, en este proceso se fabrica la tabla y el listón (si la estiba es de 1 x 1,20 m se cortan las tablas de 1,20 y los listones de 1 metro) para proceder a medir la tabla que va en el proceso final de ensamble donde se deben realizar los ajustes necesarios para cumplir con las especificaciones del producto terminado.

En relación con el proceso, cuando se realizan los cortes, las máquinas reducen aproximadamente un centímetro, el operario al pasar el banco de madera por la máquina circular adiciona 1 centímetro para que el listón o la tabla salgan con la medida exacta; sin embargo, esto es una acción que realiza manualmente el operario y que al final no repercute en las especificaciones técnicas de la elaboración de la estiba, se menciona dado que puede ser una opción para un nuevo trabajo de investigación. Por otra parte en el ensamblado de las estibas las mediciones no las realiza la misma persona, no existe un método, protocolo, herramienta de seguimiento o calibración que les permita armar la estiba con especificaciones exactas lo que propende a variaciones en la fabricación.

Por otra parte, un aspecto importante a tener en cuenta es el material utilizado ya que los clientes de INDUCARGO piden que las estibas se trabajen con maderas ordinarias, puesto que estas sufren afectaciones en las actividades operativas por lo tanto luego de su vida útil no se les dará ningún otro uso. La fabricación se realiza con madera de Pino ya que, comparado con otros materiales, es más fácil de manejar, no requiere de tantos permisos para su uso, es más económico, fácil de conseguir y en ese sentido no se justifica la elaboración con otro tipo de madera.

Cuando se va a realizar el corte y el ensamblado se encuentra que la tabla posee

atributos que no son medibles como grietas, manchas, conchas y color oscuro, entendiéndose que dichas características no tendrán lugar en esta investigación. Sin embargo, los operarios sacan aparte las tiras con mejores características y se proceden a cortar; aquellas que no cumplen con los requerimientos en el estado físico de la madera se utilizan para otros tipos de productos menos exigentes.

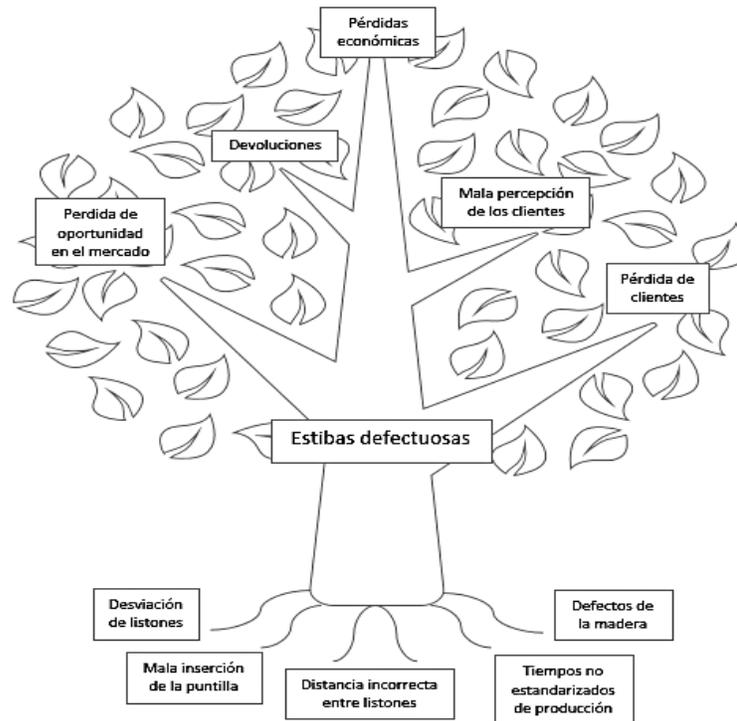
Algunas de las causas que inciden en la decisión de los clientes para realizar las devoluciones son tablas que no han sido bien aseguradas, desviación en los listones, mala inserción de la puntilla y distancia incorrecta entre algunos listones por lo que repercuten en estibas defectuosas. Por otro lado, no se realizan de manera detallada las revisiones permanentes en productos terminados, además que el reproceso sesga los tiempos de producción, esto conlleva a que se presenten altos niveles de inconformidad en los clientes y grandes unidades de devolución.

En el gráfico 1 y apoyados en el árbol de problemas se presentan el caso de estudio en cuestión considerando que este es útil para ordenar las ideas y con su definición se pretende localizar el problema central o focal que se quiere solucionar con el proyecto.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Sánchez, N. El marco lógico. Metodología para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos [Internet]. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca>

**Gráfico 1 Árbol de Problemas.**



Fuente: Autor (2020)

Por tal motivo es necesario aplicar un modelo de regresión logística integrado con la metodología Seis Sigma que incorpore variables como los puestos de ensamblado, mano de obra, los tiempos de fabricación y recursos utilizados que pueden influir en los resultados del proceso de fabricación haciendo especial énfasis en aquellas variables significativas que pueden hacer inferencia en elaborar una estiba de buena calidad a una estiba susceptible de ser rechazada.

Por ello es necesario intervenir el proceso de ensamblado mediante un análisis de variables categóricas que definirán estibas con y sin defecto, con el fin de mejorar la calidad en el desarrollo del proceso.

### **3.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera los modelos de regresión logística integrados a la metodología Seis Sigma lograrán reducir la variabilidad en el ensamble en el proceso de fabricación de estibas?

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Inducargo es una empresa que ha trabajado por más de 30 años en el mercado de las estibas, ubicada sobre el anillo vial en el municipio de Villa del Rosario, Norte de Santander, con clientes exigentes a nivel de Cerámica Italia que es considerada una de las mejores empresas en el departamento, entre otras, hoy busca consolidarse aún más en el mercado, reinventándose, intentando crecer como referente de otras empresas, aprendiendo de los obstáculos que el mercado exige superar y luchando para ser mejor que la competencia.

Actualmente el mercado de estibas en Cúcuta tiene fuerza a saber que se encuentran 8 empresas registradas dedicadas a la elaboración de productos a base de madera, de los cuales 4 de ellos poseen reconocimiento en el área de elaboración de estibas, figura 1.

**Figura 1. Competencia**



Fuente: Autor

De esta manera, para Inducargo, mejorar continuamente implica una evaluación constante de sus operaciones para la satisfacción de sus clientes cumpliendo con los requerimientos, estándares y demás aspectos de manera exigente, comprendiendo que al final ese esfuerzo se ve reflejado en la calidad de sus

productos. La aplicación de la metodología Seis Sigma en conjunto con el diseño del modelo de regresión logística les permite a las organizaciones la identificación de variables que definen el alcance de sus objetivos de calidad, medirlas, analizarlas, mejorarlas y finalmente controlarlas, por lo que para Inducargo no será la excepción, pues la mejora de la calidad de las estibas se refleja, como en toda organización, en la reducción de defectos lo que genera mayor aceptación por parte de los clientes.

A nivel organizacional se hace necesaria la aplicación de esta metodología y modelo de regresión para que la empresa controle el proceso de fabricación de estibas, analice sus operaciones, establezca estrategias de mejora oportunamente alcanzando así las metas dentro de los tiempos programados de producción, con las características del producto necesarios. Dado el tipo de proyecto es necesaria la cualificación del producto, categorización de variables y la observación de atributos, teniendo en cuenta que no deja de ser una investigación cuantitativa pues se requiere del cálculo de las métricas de Seis Sigma además de la proyección según el modelo estadístico para lograr comparar el “antes y el después las mediciones”, esto con el fin de conocer el estado actual del proceso luego de aplicada la metodología.

A nivel institucional se convierte en referente para el desarrollo de nuevas investigaciones, la continuación de nuevos trabajos aportará a estudiantes y docentes nuevos conocimientos así mismo este será una base metodológica y guía para la implementación del Seis Sigmas en otras empresas.

Desde el punto de vista del personal que labora en la empresa verán una manera de “hacer mejor las cosas”, además de alcanzar los objetivos a un corto plazo con la posibilidad de aprender un proceso a manera más técnica y por ende eficaz.

## **5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar la integración del modelo de regresión logística binaria en la Metodología Seis Sigma para la reducción de variabilidad en la elaboración de Estibas de la empresa Inducargo en la ciudad de Cúcuta.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diagnosticar el estado actual del proceso de fabricación de estibas para el levantamiento de la información operacional
- Categorizar las variables dentro del proceso de elaboración de estibas bajo el desarrollo de la metodología DMAIC.
- Desarrollar el modelo de Regresión Logística Binaria integrado a la metodología Seis Sigma teniendo en cuenta las variables del proceso.
- Comprobar la predicción del modelo de Regresión Logística Binaria en un lote aleatorio de producción.

## 6. MARCO METODOLOGICO

### 6.1. DELIMITACIONES

La investigación desarrollada busca el diseño de un modelo de regresión logística bajo la implementación de la metodología Seis Sigma tomando como caso de estudio el proceso de fabricación de estibas en la empresa INDUCARGO en pro de reducir la variabilidad, así mismo mediante el estudio de satisfacción de sus clientes permitirá establecer las propuestas de optimización con el fin de reducir el nivel de devoluciones.

### 6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada para esta investigación es descriptiva de tipo cuantitativo dando desarrollo al esquema presentado en la Figura 2. Se basará en la metodología DMAIC de Seis Sigma y la aplicación del Modelo de Regresión Logística Binaria las cuales permitirán la mejora de los procesos de fabricación de las estibas en la empresa INDUCARGO.

**Figura 2. Proceso cuantitativo**



Fuente: Metodología de la Investigación. Hernández, Fernández y Baptista (2014).

### **6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población según Tamayo (2012)<sup>24</sup> se define como el total de elementos o unidades que hacen parte en el análisis de un estudio parte de un fenómeno, que se cuantifica y asocia a ciertas características. La siguiente investigación tendrá como población la cantidad de productos ofrecidos por la empresa Inducargo que constan de tableros, formaletas, molduras, machimbres y ángulos.

Por otra parte, de acuerdo a Palella y Martins (2008)<sup>25</sup>, la muestra la definen como: "...una parte o el subconjunto de la población dentro de la cual deben poseer características reproducen de la manera más exacta posible". En el actual proyecto la muestra está determinada por los lotes de producción de estibas de 1 x 1,20 m.

### **6.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

De acuerdo a Martínez, (2002)<sup>26</sup> "el cuestionario solamente es un instrumento, una herramienta para recolectar datos con la finalidad de utilizarlos en una investigación". Primero se debe tener claro qué tipo de investigación se quiere realizar, para entonces poder determinar si puede resultar útil aplicar un cuestionario. Por este motivo es necesario realizar una entrevista con preguntas estructuradas que permitan un acercamiento a aspectos críticos del proceso, así como la percepción de los clientes frente al producto y servicio prestado por INDUCARGO.

A nivel general se tendrán en cuenta los siguientes aspectos y herramientas a aplicar:

- Método Gemba para la recolección de la información y el reconocimiento del proceso permitiendo contacto permanente con el personal de la empresa

---

<sup>24</sup> Tamayo, M. (2012). El Proceso de la Investigación Científica. México, editorial Limusa.

<sup>25</sup> Palella, S. y Martins, F. (2008). Metodología de la Investigación Cuantitativa (2ª Edición). Caracas: FEDUPEL.

<sup>26</sup> Martínez, F. (2002) El cuestionario. Un instrumento para la investigación en las ciencias sociales. Barcelona: Laertes Psicopedagogía.

- Recolección de información histórica documentada respecto aspectos financieros y demanda de sus productos.
- La entrevista con los propietarios de la empresa, gerentes, subgerentes para recolectar información detallada sobre el proceso conociendo de cerca las necesidades de mejora.
- La entrevista con los clientes para conocer los requerimientos o condiciones que exigen a sus proveedores, por otro lado, conocer la percepción de los clientes hacia la empresa INDUCARGO.

## 6.5. VARIABLES DE ESTUDIO

Arias (2006)<sup>27</sup> señala que una variable es una característica o cualidad, magnitud o cantidad susceptible de sufrir cambios y es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación.

Para el método de regresión logística se definieron las variables dicotómicas y categóricas con el fin de predecir aquellos factores que inciden en el resultado de calidad de las estibas, definiéndose para este estudio como sigue:

Variable dependiente:

Y= Defectos

X<sub>4</sub>= Estatura corporal de cada operador

Variables independientes:

X<sub>1</sub>= Operario

X<sub>2</sub>= Tiempo de ensamblado

X<sub>3</sub>= Años de experiencia de cada operador

X<sub>5</sub>= Plazo de entrega por lote en días (periodo transcurrido desde el pedido del consumidor hasta la entrega de un producto)

X<sub>6</sub>= Altura de la mesa

---

<sup>27</sup> Arias, F. (2006). El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. (5° edición). Caracas: Espíteme

## 7. FASES METODOLÓGICAS

Se determina la forma en que se llevará a cabo el desarrollo del proyecto con la aplicación de la metodología Seis Sigma además del desarrollo del Modelo de Regresión Logística, sus métricas y herramientas de análisis necesarias.

El desarrollo del proyecto se establecerá mediante 4 fases, en donde cada una de ellas está directamente relacionada con el desarrollo de las actividades que conlleven al logro de los objetivos específicos planteados para el caso de estudio.

### 7.1 FASE 1. DIAGNÓSTICO

La finalidad de esta primera fase está orientada a establecer el contexto en el cual se encuentra la organización en un estado inicial, por esto se busca dar cumplimiento al primer objetivo planteado en donde se hará uso de herramientas con las que se podrán identificar las generalidades de la organización, las diversas operaciones que conforman el proceso de elaboración de estibas e identificar las diversas falencias que presentan los factores en el ciclo productivo que están llevando a producir unidades defectuosas.

Fase 1			
Entrevista	Operacionalización	Diagrama de Proceso	Diagrama causa - efecto

### 7.2 FASE 2. CATEGORIZACIÓN

Una vez conocido el contexto organizacional se da paso a la ejecución de la siguiente fase que se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de actividades para el logro del segundo objetivo específico, donde se dará inicio a la aplicación de la metodología Seis Sigma, estableciendo las variables requeridas por el Modelo de Regresión Logística Binario.

Fase 2		
Identificación de variables	Definir	Medir

### 7.3 FASE 3. DESARROLLO

Con el fin de determinar la variable que influye significativamente sobre las estibas para que sean catalogadas como defectuosas, se desarrolla el modelo de regresión logística binaria para ser integrada en la metodología DMAIC, y así posteriormente se logre dar tratamiento a la misma buscando la mejora continua del proceso.

Fase 3		
Modelo Regresión logística Binaria	Analizar	Mejorar

### 7.4 FASE 4. COMPROBACIÓN

En esta cuarta fase y en busca del desarrollo del cuarto objetivo se realiza la comprobación del modelo de regresión logística dentro del proceso para identificar la correlación de variables en la fabricación de lotes de diferente magnitud y de esta manera buscar el control dentro del proceso.

Fase 4		
Evaluación del modelo	Analisis comparativo	Controlar

Tabla 2. Cronograma

OBJETIVO	Nombre de tarea	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
Diagnosticar el estado actual del proceso de fabricación de estibas para el levantamiento de la información operacional	Visitar la empresa	■						
	Entrevistar al gerente	■						
	Diagramar el proceso		■					
	Identificar las causas y efectos		■					
Categorizar las variables dentro del proceso de elaboración de estibas bajo el desarrollo de la metodología DMAIC.	<b>DEFINIR</b>							
	Establecer el marco del proyecto		■					
	Trazar del proceso		■					
	Aplicar el voz del cliente		■	■				
Desarrollar el modelo de Regresión Logística Binaria integrado a la metodología Seis Sigma teniendo en cuenta las variables del proceso.	<b>MEDIR</b>							
	Realizar el estudio de tiempos		■	■				
	Identificar y cuantificar lo defectos de las estibas		■	■	■			
	Cálculo de las métricas			■	■			
	<b>ANALIZAR</b>							
	Calcular la capacidad del proceso NP				■	■		
	Analizar los resultados				■	■		
	<b>MEJORAR</b>							
	Visitar a la empresa					■	■	
	Simular la tecnificación					■	■	
Comprobar la predicción del modelo de Regresión Logística Binaria en un lote aleatorio de producción.	<b>CONTROLAR</b>							
	Analizar resultados, comparativo A-D						■	
	Establecer estrategias de control						■	
	Organización y tabulación de la data							■
	Analizar el modelo estadístico en software							■
	Aplicar el modelo en un lote escogido aleatoriamente							■
Analisis y comparación de los resultados							■	

Fuente: Autor

## **8. RESULTADOS**

### **8.1 FASE 1 DIAGNOSTICO**

- Objetivo 1. Diagnosticar el estado actual del proceso de fabricación de estibas para el levantamiento de la información operacional

En esta primera fase según Mandahawi, Fouad, & Obeidat (2012)<sup>28</sup>, se realiza una investigación a lo largo de la línea de producción para identificar el problema actual que se requiere mejorar, estableciéndose los objetivos y métricas del proyecto alineados a la estrategia corporativa.

Con el fin de preparar las condiciones apropiadas que permitan el diseño y la posterior ejecución de la metodología Seis Sigma fue necesario realizar un análisis de los procesos, de los métodos, tiempo de producción, disponibilidad de recursos para de esta manera tener claridad de las necesidades de la mejora mediante el uso de esta metodología.

#### **8.1.1 ENTREVISTA**

Considerando la importancia de la conversación como parte metodológico para recolectar la información y como lo define Denzin y Lincoln (2005, p. 643, tomado de Vargas, 2012) donde consideran a la conversación como “el arte de hacer preguntas y escuchar respuestas” fue necesario realizar un cuestionario basado en una entrevista semi estructurada (Anexo 1) con el fin de lograr la toma de la información necesaria. Dankhe (1986) citado en el libro Metodología de la Investigación (2002:115) cuyos autores son Sambieri, R ; Fernández, C y Baptista, p, define 4 tipos de investigación de las cuales este proyecto se desarrolla en la investigación cualitativa.

Según Sambieri, y Cols, (2003) La metodología cualitativa se plantea para realizar

---

<sup>28</sup> Mandahawi, N., Fouad, R. H., & Obeidat, S. (2012). An Application of Customized Lean Six Sigma to Enhance. 6(1), 103–109.

descubrimientos, establecer cuestionamientos para que estos puedan representar una realidad como lo observan los sujetos de un sistema social definido.

A partir de lo mencionado se aplicó la entrevista semi estructurada a los directivos de la empresa que permitió la recolección de información de manera más detallada y adicionalmente se realizaron preguntas generales a los operarios y ensambladores.

Los resultados arrojados de la entrevista se ven reflejados en el cuadro de operacionalización (Ver Tabla 3), donde se realizó énfasis sobre los diversos criterios establecidos.

### **8.1.2 OPERACIONALIZACION**

Carrasco, S. (2009)<sup>29</sup> menciona que la operacionalización de variables se entiende como “un proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, partiendo desde lo más general a lo más específico; es decir que estas variables se dividen (si son complejas) en dimensiones, áreas, aspectos, indicadores, índices, subíndices, ítems; mientras si son concretas solamente en indicadores, índices e ítems.

En la tabla 3 se presenta la operacionalización de variables para el caso en mención:

---

<sup>29</sup> Carrasco, S. (2009). Metodología de investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Lima: Editorial San Marcos, p. 226.

**Tabla 3. Operacionalización de variables.**

<b>Objetivo general:</b> Diseñar un modelo de Implementación de la Metodología Seis Sigma para la reducción de variabilidad en la elaboración de Estibas de la empresa Inducargo en la ciudad de Cúcuta.							
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>		
Diagnosticar el estado actual del proceso de fabricación de estibas para el levantamiento de la información operacional	Herramientas 6 sigma Proceso de ensamble	Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose en aquellos aspectos que son críticos para el cliente. Gutiérrez, H. de la Vara, R.(2013). Control estadístico de calidad y Seis Sigma, 3ª Edición	DEFINIR	Cantidad por tipo de estibas	1, 2,3,4		
				Demanda	5,6,7		
				Nivel de disponibilidad de material	8		
				Disponibilidad de maquinaria	9, 10		
Desarrollar el modelo de Regresión Logística Binaria.			Herramientas 6 sigma Proceso de ensamble	Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose en aquellos aspectos que son críticos para el cliente. Gutiérrez, H. de la Vara, R.(2013). Control estadístico de calidad y Seis Sigma, 3ª Edición	MEDIR	Cantidad de defectos	11
						Cantidad de Métodos y herramientas de mejora utilizados	12, 13, 14
					ANALIZAR	Tiempo de fabricación	15, 16, 17
						Cantidad de devoluciones	18
Desarrollar el modelo de Regresión Logística Binaria integrado a la metodología Seis Sigma teniendo en cuenta las variables del proceso y su comprobación.	Herramientas 6 sigma Conformidad de Productos.	Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose en aquellos aspectos que son críticos para el cliente. Gutiérrez, H. de la Vara, R.(2013). Control estadístico de calidad y Seis Sigma, 3ª Edición			MEJORAR	Percepción del cliente	23
					CONTROLAR		
					Control y seguimiento	24, 25	

Fuente: Autor (2021)

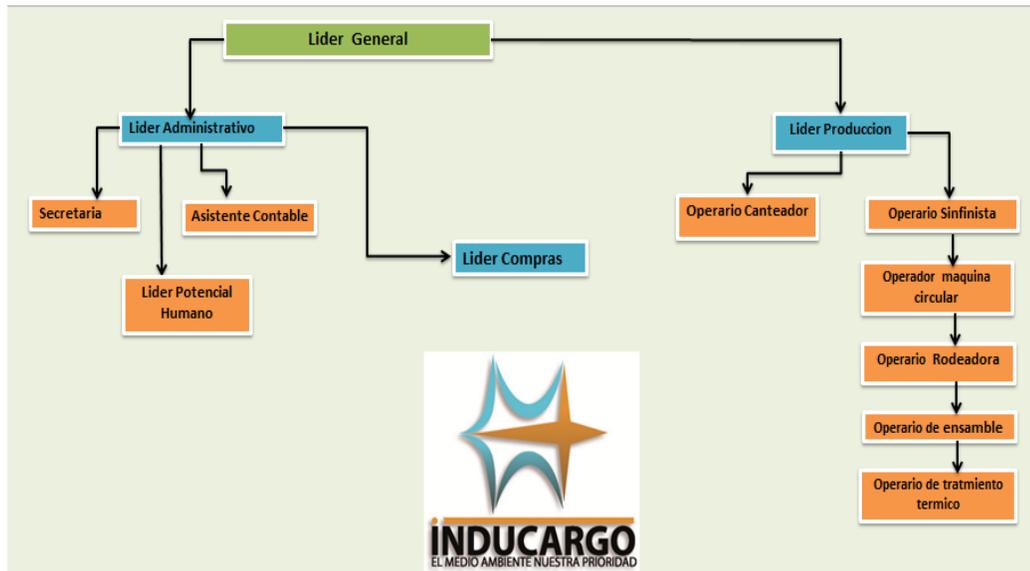
Como se logra identificar los ítems de la entrevista realizada fueron la base para definir los indicadores que debe considerar la organización para su mejoramiento de procesos. Estos indicadores están enfocados a cada una de las etapas del DMAIC, que para el caso en cuestión están directamente relacionados con los objetivos planteados por el estudio.

Adicional a esto se realizó reconocimiento de los diversos aspectos relevantes de la empresa Inducargo como lo son:

- **Generalidades**

La empresa INDUCARGO fue Creada el 10 de marzo de 1989 la cual se encuentra ubicada con asiento principal sobre el Anillo Vial barrio Navarro Wolf municipio de Villa del Rosario Norte de Santander Colombia, con un área total de 500 mt<sup>2</sup> y actualmente con un área construido de 200 m<sup>2</sup> de esta. Actualmente la estructura administrativa está conformada por un líder general, un líder administrativo, un líder de producción y un líder de supervisión y con 6 operarios vinculados directamente con la empresa. Inducargo cuenta con más de 48 años de experiencia en el mercado, ofreciéndoles a sus clientes diferentes especies maderables, para que estos tengan la libertad de escoger el tipo de madera y así satisfacer sus gustos. (Ver Figura 3).

**Figura 3. Organigrama INDUCARGO**



Fuente: Autor (2020)

#### - Personal

Actualmente la empresa cuenta con 6 operarios quienes participan, con un trabajo rotativo directamente en el proceso de fabricación de las estibas dividida en 7 zonas de trabajo:

1. zona de recepción de materia prima (líder)
2. zona de conteo
3. zona de sin-fin
4. zona de corte
5. zona de rodeado
6. zona de ensamble
7. zona de almacenamiento de producto terminado

Esto permitió conocer de cerca el proceso de fabricación que conllevó a identificar las causas y sus efectos, información que dio la base para aplicar la metodología Seis Sigma.



## - **Maquinaria**

La maquinaria empleada en el proceso de fabricación de estibas está conformada por:

- Canteador: empleado para desbastar la madera.
- Sin-fin: encargada de tronzar la madera para dar la forma los listones
- Sierra circular: utilizada para realizar el corte
- Sin-fin rodeadora: empelada para devastar el extremo de los listones.

## - **Producto**

La empresa Inducargo elabora diferentes productos correspondientes a:

- Línea de productos para construcción: Artículos como Tablas, listones y madera rolliza.
- Línea de productos de cerramiento: Horcones, varas, estacas y Tablillas.
- Línea de productos de acondicionamiento de techos y paredes: Machimbre, vigas y correas.
- Línea de productos de carga: Estibas y tableros.

El producto base y el cual representa mayor rentabilidad a la empresa son las estibas, como requerimiento a la demanda de los clientes, las cuales son utilizadas para el transporte y manipulación de cargas.

**NOMBRE:** ESTIBA EN MADERA (1000 mm X 1200 mm X 130 mm)

**GENERALIDADES:** plataforma horizontal de cuatro entradas en especies maderables duras, con una altura máxima de 130 mm. Compatible con medios de transporte con elevación, montacargas, estibadores y demás equipos para su respectivo almacenamiento y manejo de cargas de materiales.

## VISTA SUPERIOR



Fuente: Empresa Inducargo (2020)

NUMERO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tabla 1.200 mm x 90 mm x 20 mm	8

## VISTA INFERIOR



Fuente: Empresa Inducargo (2020)

NUMERO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
2	Listón 1.000 mm x 90 mm x 400 mm	4
3	Tabla 1.200 mm x 90 mm x 20 mm	4

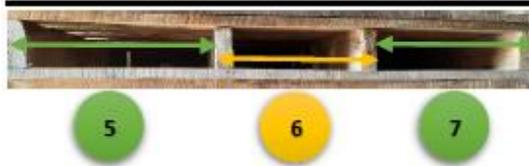
## VISTA LONGITUDINAL



Fuente: Empresa Inducargo (2020)

NUMERO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
4	Tolerancia de luz entre tabla y tabla, equivale a 40 mm	

## VISTA TRANSVERSAL



Fuente: Empresa Inducargo (2020)

NUMERO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
5	Tolerancia de luz (1 cara 1 listón + 1 cara 2 listón) equivale a 410 mm	
6	Tolerancia de luz (1 cara 2 listón + 2 cara 3 listón) equivale a 380 mm	
7	Tolerancia de luz (1 cara 1 listón + 1 cara 2 listón) equivale a 410 mm	

### - Proceso

El proceso de fabricación de estibas se estructura en 7 operaciones, 7 inspecciones, 6 procesos de transporte, 1 demora y 2 almacenamientos. A través del diagrama de flujo de proceso, se identificaron las secuencias de las rutinas simples, las unidades involucradas y los responsables de la ejecución, resulta ser una representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo. (Manene, 2011).

### 8.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

El diagrama de flujo fue presentado por el ingeniero Frank Glibret como "diagrama de flujo de procesos" en la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME – American Society of Mechanical Engineers), implementado como herramienta de la Ingeniería hasta la actualidad, parte de la necesidad de mostrar de manera gráfica un proceso manufacturero y de negocios con el fin que se obtenga con mayor claridad el paso a paso de los procesos<sup>31</sup>.

La simbología del diagrama de flujo se presenta en el Gráfico 2.

<sup>31</sup> Tomado de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo-de-procesos>

**Gráfico 2. Diagrama de Flujo de Procesos**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN		ALMACÉN
	INSPECCIÓN		COMBINACIÓN OPERACIÓN TRANSPORTE
	DEMORA		COMBINACIÓN INSPECCIÓN TRANSPORTE
	TRANSPORTE		

Fuente: Autor (2020)

#### - Diagrama de proceso de operación

Tomando como base la definición dada por R. Chang y M. y Niedwiecki (1999)<sup>32</sup> en donde exponen que “el diagrama de flujo es una herramienta de planificación y análisis utilizada para definir y analizar procesos de manufactura, ensamblado o servicios y que construye una imagen del proceso etapa por etapa para su análisis, discusión o con propósitos de comunicación”, se realiza una identificación de las diversas actividades que se desarrollan durante el proceso de fabricación de estibas y se diseña el diagrama de flujo de proceso para la empresa Inducargo (Ver Tabla 4); así, bajo el uso de esta herramienta se definirá el inicio y final del proceso con el fin de establecer el alcance del proyecto, según Gibson & Gebken (2003)<sup>33</sup>, esta es la base para la planeación, evitando incrementos en los tiempos establecidos y en los costos.

<sup>32</sup> R. Chang y M. y Niedwiecki, Las herramientas para la mejora continua de la calidad, Granica, Volumen 2, 1999.

<sup>33</sup> Gibson, George & Gebken, Richard. (2003). Design quality in pre-project planning: Applications of the Project Definition Rating Index. Building Research and Information - BUILDING RES INFORM. 31. 346-356. 10.1080/0961321032000087990.

**Tabla 4. Diagrama de proceso**

VERSIÓN	1	ELABORADO POR				FECHA	.-/-/2021
		APROBADO POR					
PROCESO/REFERENCIA	Estiba 0,8 X 1,2	UBICACIÓN	Área de producción	ESTADO	Actual		
		TOTALES	DISTANCIA		TIEMPOS		
	OPERACIÓN	6					
	INSPECCIÓN	7					
	TRANSPORTE	6					
	DEMORA	1					
	ALMACENAMIENTO	2					
DESCRIPCIÓN							OBSERVACIONES
Almacenamiento de materiales							
Inspección de Materia prima							
Traslado de materia prima a zona de desbaste							
Inspección de bloque de madera desbastado							
Traslado de bloque de madera a zona de corte							
Corte de listones							
Inspección de corte de listones							
Corte de tablas							
Inspección de corte de tablas							
Traslado de listones a zona de rodeado							
Inspección de listones rodeados							
Trasladar listones y tablas a mesa de trabajo							
Armar esqueleto de Estiba							
Ensamblar Estiba							
Resanar Estiba							
Inspeccion de estiba							
Trasladar estiba a zona de tratamiento							
Esperar hasta que el tratamiento llegue a una temperatura máxima de 56°							
Inspección de que el tratamiento fue optimo							
Demarraje de lote y numero de tratamiento de la estiba							
Traslado de estiba a zona de producto terminado							
Almacenamiento de producto terminado							

Fuente: Autor (2020)

Establecido el diagrama de flujo para la empresa Inducargo relacionado al proceso de elaboración de estibas se identificaron 6 operaciones, 7 inspecciones, 6 transportes, 1 demora y dos 2 almacenamientos.

Para finalizar esta primera fase y luego de haber conocido toda la información relevante de la organización y en específico de su proceso de producción de línea de estibas, se identifican los problemas existentes dentro del sistema de producción que están generando la existencia de productos defectuosos.

#### **8.1.4 DIAGRAMA CAUSA EFECTO**

Para realizar la identificación de los problemas encontrados en Inducargo se utilizaron hojas de Registro y Verificación y el diagrama causa efecto el cual “Es una herramienta que indica las relaciones existentes entre las Causas (Factores) y los Efectos (Características de Calidad) según Ishikawa, Dr. Kaoru 1962 y se consolida como la información de donde partirá el proyecto.

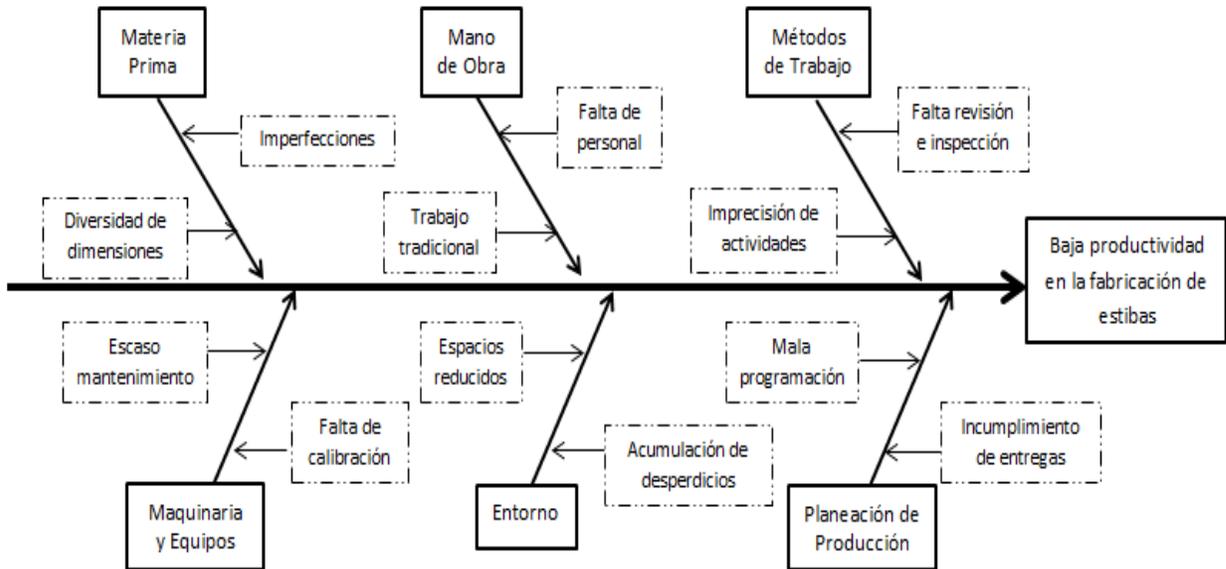
Según Zapata y Villegas, (2006)<sup>34</sup> el diagrama causa-efecto bien organizado sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido.

En el gráfico 3, se relaciona el Diagrama Causa Efecto, determinando cada uno de los factores que se lograron identificar en la empresa Inducargo:

---

<sup>34</sup> Zapata Carlos Mario y Sandra Milena Villegas. Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de un método, Medellín-Colombia, Universidad EAFIT, 2006, pp. 40-59.

**Gráfico 3. Diagrama Causa – Efecto**



Fuente: Autor (2020)

En el gráfico 3 se logra identificar que el sistema productivo con relación a la fabricación de estibas, se está viendo afectada por diversos factores que se están generando en el desarrollo de los procesos, dando como resultado la variabilidad en la producción y el bajo rendimiento de la misma. La imperfección de la materia prima y las dimensiones no uniformes de la madera causa que el producto sea difícil de manejar pues al realizar un corte en las máquinas para crear los listones estos sufren constantemente des calibración lo que le exige un mantenimiento ipso facto por parte de los operarios para corregir el corte, esto retrasa las actividades críticas.

Los espacios reducidos por el material que se distribuye en la planta reducen la movilidad de los operarios en las áreas de trabajo, las dimensiones de las mesas y las disponibles, por ejemplo en el ensamblado no permiten una precisión adecuada en la elaboración de la estiba a pesar de las habilidades de los operarios.

Por otro lado la planeación de producción se complica al querer cumplir a proveedores que no planean sus pedidos generando descontrol en el proceso de producción en relación a la capacidad de producción de INDUCARGO incluyendo la cantidad de operarios disponibles para el proceso.

## **8.2 FASE 2 CATEGORIZACIÓN**

- Objetivo 2. Categorizar las variables dentro del proceso de elaboración de estibas bajo el desarrollo de la metodología DMAIC.

Según Pande, Peter y Holpp, Larry (2002)<sup>35</sup> el Seis Sigma es una técnica que utiliza herramientas de gestión de calidad y estadística para reducir la variación en los procesos y productos, y busca aumentar la satisfacción de las necesidades de los clientes y disminuir los costos de operación. La misma se apoya en una metodología denominada DMAIC (Define o Definir, Measure o Medir, Analyze o Analizar, Improve o Mejorar, Control o Control), con un enfoque de resolución de problemas basado en datos que ayuda a realizar mejoras y optimizaciones incrementales en los productos, diseños y procesos comerciales.

Lo que se pretende con la aplicación de la metodología Seis Sigma integrada al Modelo de Regresión Logística es lograr aumentar la capacidad de los procesos mitigando las variables que representan problema para el proceso, de tal forma que se reduzca al mínimo los defectos por millón en las unidades producidas.

### **8.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

El desarrollo del estudio en cuestión se ejecuta inicialmente con la identificación de las variables a medir para ser analizadas mediante el Modelo de Regresión Logística, teniendo en cuenta la modalidad y el tipo de proceso que implica la elaboración de estibas.

---

<sup>35</sup> Pande, Peter y Holpp, Larry (2002). ¿Qué es Seis Sigma?. 1ª ed. Aravaca (Madrid): Mc Graw Hill. 81 p.

Según Monroy y Rivera (2009)<sup>36</sup> este modelo tiene como finalidad principal explicar el comportamiento (en términos de variabilidad) de las variables que, de acuerdo con el marco conceptual asumido por el investigador, están ligadas a un fenómeno mediante otras variables asociadas al mismo fenómeno, de igual forma Hosmer y Lemeshow (2000)<sup>37</sup>, manifiestan que este modelo de regresión se ha convertido en un componente integral de cualquier análisis de datos que involucre la descripción de la relación entre una variable de respuesta y una o más variables explicativas.

Es por esto que para el estudio en cuestión se establecieron las variables dependiente e independiente que como lo menciona Pino (2010)<sup>38</sup> la variable independiente es aquella que el experimentador modifica a voluntad para averiguar si sus modificaciones provocan o no cambios en las otras variables, y la variable dependiente es la que toma valores diferentes en función de las modificaciones que sufre la variable independiente.

Las variables consideradas para el estudio del proceso son:

- Variable dependiente:

Y= Defectos

Establecida como la consecuencia final de las variables presentadas en el proceso de fabricación de estibas. Los defectos suelen considerarse una vez se tiene respuesta de los clientes y su percepción ante el producto dando claridad que son inconformidades del mismo que conllevan al desprestigio de la empresa.

El análisis de los defectos se muestra en el desarrollo del segundo objetivo a partir

---

<sup>36</sup> Díaz Monroy L., Morales Rivera M., (2009) Análisis Estadístico de datos categóricos, Universidad Nacional de Colombia.

<sup>37</sup> Hosmer, D., Lemeshow, S., (1980), "A goodness of fit test for the multiple logistic regression model". Communications in Statistics, A10, 1043-1069.

<sup>38</sup> Pino, Raúl. (2010). Metodología de la Investigación. Lima: Editorial San Marco, p. 134.

de la tabla N° 16.

- Variables independientes:

$X_1$ = Operario

Se considera la variable operario como parte fundamental del estudio dado que es el autor principal en el proceso de elaboración de estibas. Una vez analizado el proceso se determinaron los operarios que hacían rotación en una misma operación, ya que para el desarrollo de las demás operaciones el operario era fijo.

$X_2$ = Tiempo de ensamblado

Establecidas cada una de las operaciones que conforman el proceso de elaboración de estibas, se determina el tiempo de ensamblado como una de las posibles causantes de la generación de estibas defectuosas. Al ser una variable tan significativa, se establece desarrollar un estudio de tiempos para la determinación de los datos de la misma.

$X_3$ = Años de experiencia de cada operador

Una vez hecho el análisis sobre los operarios, como se mencionó anteriormente, de igual forma se da a considerar el tiempo de experiencia con que cuentan los mismos dentro de la empresa y en el desarrollo de sus funciones para la elaboración de estibas.

$X_4$ = Estatura corporal de cada operador

Establecido el proceso de elaboración de estibas, se determinó que el operario debía desarrollar las operaciones de pie, y que su tamaño podría influir en la calidad de las mismas en correlación con otras variables, por lo que se identifica la estatura corporal de los operarios como variable.

$X_5$ = Plazo de entrega por lote en días (periodo transcurrido desde el pedido del consumidor hasta la entrega de un producto)

Considerando que un pedido puede ser fabricado de uno a dos días, y que continuamente la empresa recibe pedidos de gran magnitud, se establece la variable plazos de entrega, que concierne al periodo que cuenta la misma para dar cumplimiento a los pedidos realizados a fin de satisfacer las necesidades del cliente con estándares de calidad. Se determina la misma con el fin de predecir si influye en que la presión de cumplir con las entregas genere mayores niveles de defectos.

$X_6$ = Altura de la mesa

Se define la altura de la mesa como otra de las variables estudio, dado que el proceso se desarrolla en diferente ubicación y con diferente dimensión. La altura de la mesa se considera como una magnitud característica del puesto de trabajo que podría influir en el proceso de fabricación de estibas.

En la tabla 5, se observa la Operacionalización de las variables que fueron objeto de estudio en el modelo de regresión logística binaria, para que estas logaran ser interpretadas dentro del análisis en correspondencia al definir y medir en la metodología DMAIC.

**Tabla 5. Operacionalización de Variables – Modelo de Regresión Logística**

TIPO	DESCRIPCIÓN	VARIABLE	Categorización/Base info
Dependiente	Variable dependiente es el resultado medido que el investigador usa para determinar si los cambios en la variable independiente tuvieron un efecto (Kerlinger y Lee, 2002, p. 43)	Defecto	Con defecto = 1 Sin defecto = 0
Independientes o determinísticas	Según Pino (2010) variable independiente es aquella que el experimentador modifica a voluntad para averiguar si sus modificaciones provocan o no cambios en las otras variables	X <sub>1</sub> = Operario	Operario 1 = 1 Operario 2 = 2 Operario 3 = 3
		X <sub>2</sub> = Tiempo de ensamblado	Estudio de tiempos
		X <sub>3</sub> = Años de experiencia de cada operador	Operario 1 = 1 Operario 2 = 2 Operario 3 = 3
		X <sub>4</sub> = Estatura corporal de cada operador	Operario 1 = 1 Operario 2 = 2 Operario 3 = 3
		X <sub>5</sub> = Plazo de entrega por lote en días (periodo transcurrido desde el pedido del consumidor hasta la entrega de un producto)	Históricos Registros
		X <sub>6</sub> = Altura de la mesa	Medida 1 = Mesa 1 Medida 2 = Mesa 2 Medida 3 = Mesa 3

Fuente: Autor

Una vez se han establecido las variables a analizar dentro del Modelo de Regresión Logística, se da paso a la aplicación del DMAIC como metodología propuesta por el Seis Sigma, en la cual se da desarrollo de cada una de sus fases, en la ejecución de los objetivos 3 y 4.

### **8.2.2 DEFINIR**

Harry M. (1998)<sup>39</sup>, manifiesta que el “Seis Sigma, es un proceso empresarial que permite a las compañías mejorar drásticamente lo esencial en ellas diseñando y monitorizando las actividades diarias de manera que se minimiza el despilfarro y los recursos necesarios mientras se incrementa la satisfacción del cliente”, según esto se define el enfoque del proyecto en la evaluación de las actividades que conlleven al logro de los objetivos organizacionales.

Por otra parte, Navas y Marbelís (2009)<sup>40</sup> señalan que una empresa debe implantar medidas que le permitan ser más competitivas y eficientes económica y financieramente, de tal forma que haga superior uso de sus recursos para mejorar la productividad y obtener mejores resultados con menores costos de producción.

Con esto se identifica la primera fase: definir, que consiste en establecer la causa de un problema y acordar sus límites. Esta fase sirve de ayuda para imaginar el proceso en el tiempo y otorga una perspectiva sobre donde deben estar concentrados los esfuerzos hacia la mejora.

Por lo anterior y como paso inicial se establece el marco del proyecto para identificar cada uno de los factores influyentes dentro del caso de estudio (Tabla 6). Aquí se determinan las directrices a seguir para el estudio realizado en la empresa Inducargo con relación al proceso de fabricación de estibas:

---

<sup>39</sup> Harry M. “Six Sigma: A breakthrough Strategy for Profitability”, Quality Progress. (1998)

<sup>40</sup> R. Navas y A. Marbelís, “Análisis Financiero: una herramienta clave para unagestión financiera eficiente”, Revista Venezolana de Gerencia, vol. 14, n.º 48, pp. 606-28, 2009

**Tabla 6. Marco del Proyecto**

Marco del proyecto de Seis Sigma INDUCARGO	
Título/propósito	Diseño de implementación de la metodología Seis Sigma para empresas productoras de estibas. Caso de estudio INDUCARGO/Mejora de los tiempos de producción, reducción de defectos y desperdicios
Necesidades del negocio	Mejora de los tiempos de producción y reducción desperdicios
Problema	Retrasos en tiempos de entrega con requerimientos inmediatos, devolución por defectos, inventario congelado
Objetivo	Definir un modelo Seis Sigma para la mejora del proceso de fabricación de estibas tomando como caso de aplicación la empresa INDUCARGO.
Alcance	El proyecto iniciará con la revisión bibliográfica y el diagnóstico del estado actual del proceso de ensamble de las estibas, finalmente se realizará la mejora y su respectiva validación en la reducción de los tiempos de fabricación, reducción de defecto y minimización de los desperdicios.
Roles y responsabilidades	Para el desarrollo del proyecto intervienen el gerente general y subgerentes. En el análisis la intervención se dará de manera directa entre el investigador y los operarios.
Propietarios	La intervención tendrá un impacto positivo a nivel financiero y al área de producción
Patrocinador o champion	Subgerente, investigador
Equipo	Subgerentes, Investigador
Recursos	Financieros, toma de tiempos, proyecciones de demanda.
Métricas	Disminución de defectos y Optimización del tiempo
Fecha de Inicio del Proyecto	15 de Noviembre del 2019
Fecha Planeada para finalizar el proyecto	09 de Octubre del 2021
Entregable del Proyecto	25 de octubre del 2021

Fuente: Autor

### 8.2.2.1 SIPOC

Una vez establecido el marco del proyecto y cada uno de los factores que intervienen dentro del proceso de elaboración de estibas en la empresa INDUCARGO, se da paso a la elaboración del SIPOC.

Simon, (2008)<sup>41</sup> manifiesta que el SIPOC es una herramienta para la optimización de procesos en función de la identificación de las interrelaciones y delimitaciones de los procesos internos y externos, el diagrama estudia la relación existente entre los insumos, productos, el proceso y los clientes; así pues, de sus iniciales se tiene:

- Proveedor: Cualquier entidad o persona que proporcione un recurso.
- Insumos: los materiales necesarios para la realización del proceso.
- Proceso: conjunto de actividades realizadas en un orden determinado para la obtención de un producto o servicio establecido
- Salidas: resultado del proceso
- Cliente: Persona o proceso beneficiario de la salida del proceso.

Por medio del Diagrama SIPOC se pretende responder ¿Cómo el proceso de elaboración de estibas se ajusta a los requerimientos de los clientes?, además ¿cuáles son esas interrelaciones necesarias en el proceso que permite aportar en el alcance de los objetivos?

Según Kumar, Dhirendra (2009)<sup>42</sup> el trazado de un proceso es aplicable tanto a las organizaciones de bienes como a las de servicio. Este permite la fácil visualización de todo el proceso y el análisis del proceso total.

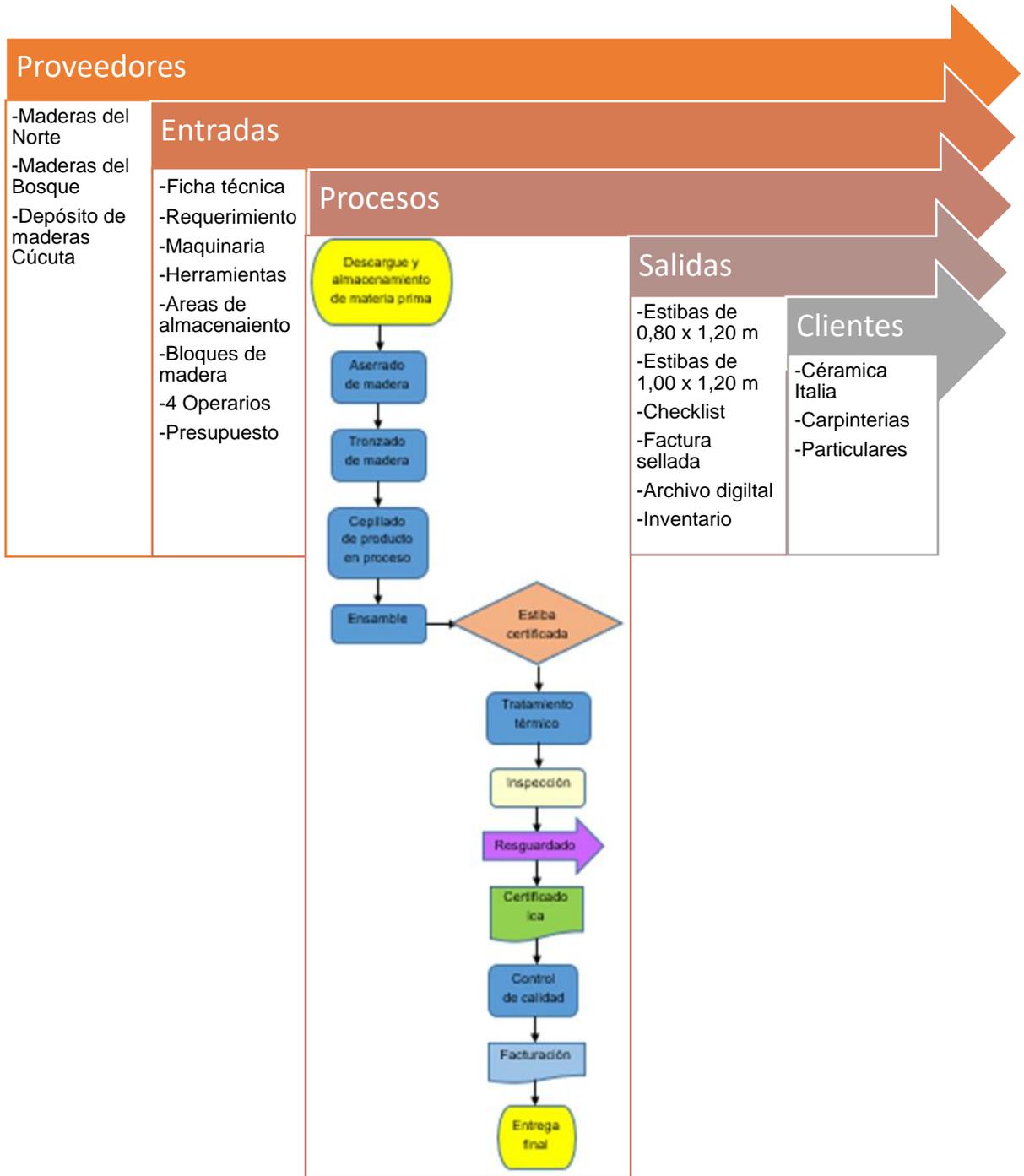
En el gráfico 4, se presenta el diagrama SIPOC para la empresa INDUCARGO.

---

<sup>41</sup> Simon, k. (s.f.). Diagrama SIPOC. Obtenido de [http://www.isixsigma.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1013:sipocdiagram&Itemid=155](http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1013:sipocdiagram&Itemid=155)

<sup>42</sup> Kumar, Dhirendra, 2009, Six Sigmas: las mejores prácticas, una guía de la excelencia en el proceso de los negocios/ 3R Editores 21 ed.

**Gráfico 4. SIPOC INDUCARGO**



Fuente: Autor

Lo que se pretende demostrar con la identificación del SIPOC es la interrelación que se tiene de cada uno de los factores que se presentan en la organización y de cómo su enfoque está direccionado a la satisfacción de los clientes pertenecientes a la misma.

De esta forma y establecido el SIPOC para la empresa INDUCARGO, se identificó que los clientes potenciales con que cuenta la organización son las Carpinterías, los Particulares y la empresa Cerámica Italia.

#### **8.2.2.2 VOZ DEL CLIENTE**

Teniendo en cuenta que la fase inicial del DMAIC está orientada por el definir y que la finalidad es conocer la percepción que tienen los clientes referentes a lo que esperan y obtienen de la empresa, se determinó aplicar la metodología "Voz del Cliente" para conocer los diferentes aspectos a considerar para el caso de estudio.

El término "Voz del cliente" es un término acuñado por Abbie Griffin y John R. Hauser en un artículo de MIT Marketing Science de 1993, y se refiere a una técnica de marketing que implica entrevistar o encuestar a los clientes sobre sus experiencias, deseos, expectativas, entendimientos y necesidades en relación con un determinado producto, servicio o industria.

Según Borsetti (2009)<sup>43</sup> la Voz del Cliente es una herramienta utilizada para la obtención de las perspectivas de la calidad del producto o servicio del cliente. Se la puede recolectar mediante entrevistas, grupos focales, de clientes específicos; es un proceso proactivo que recopila los requerimientos de calidad de los clientes durante el tiempo.

---

<sup>43</sup> Borsetti, C. (2009). Six Sigma y la Administración del Riesgo Empresarial ERM. Obtenido de [http://web.austral.edu.ar/descargas/australis/ago\\_02\\_09/mediossix-sigma-administracion-riesgo-empresarial.pdf](http://web.austral.edu.ar/descargas/australis/ago_02_09/mediossix-sigma-administracion-riesgo-empresarial.pdf)

Teniendo en cuenta los clientes establecidos en el SIPOC se determinó aplicar la metodología antes mencionada para conocer su percepción con relación a la empresa Inducargo, en donde se solicitó se diera respuesta a los siguientes interrogantes:

- ✓ ¿Qué aspectos tendrías en cuenta dentro de la evaluación de proveedores de estibas?
- ✓ ¿Qué características relevantes busca en una estiba para ser aceptada?
- ✓ ¿Qué mejoras le gustaría ver con relación a las estibas suministradas por los proveedores?
- ✓ ¿Qué defectos ha encontrado para realizar la devolución de una estiba?
- ✓ ¿Cuál es el fallo más recurrente que ha encontrado cuando realiza la revisión de las estibas?
- ✓ ¿Qué solución esperas de la empresa proveedora de estibas en caso de presentarse un defecto?
- ✓ ¿Cuál es la cantidad mínima y máxima de estibas que ha encontrado con fallos?
- ✓ ¿Qué defectos en las estibas son aceptables y no se consideran relevantes para devoluciones?
- ✓ ¿Qué recomendarías a las empresas proveedoras?

Con base a las respuestas obtenidas por el cliente (Anexo 2) se logró identificar que las unidades que se encuentran defectuosas y de las cuales se pretende realizar devolución, presentan características correspondientes al tipo de listones, como desvíos de los mismos, tamaño de las tablas, clavos salidos separación de las tablas y poca disponibilidad de los listones.

De igual forma se estableció que los clientes esperan recibir estibas de calidad, que posean características de resistencia y peso acorde al uso que se les dará, al igual que ser resistentes a la humedad, que no cambie su contextura y que cumpla con los requerimientos establecidos en cuanto a medidas.

Apoyados en la metodología de la Voz de Cliente, se establecieron de igual forma los parámetros críticos de calidad (CTQ) como base para identificar cuáles son las necesidades del cliente y de qué manera se debe enfocar el sistema productivo para mejorar a fin de dar cumplimiento a los requerimientos de los clientes.

### **8.2.2.3 CRITICAS PARA LA CALIDAD (CTQ)**

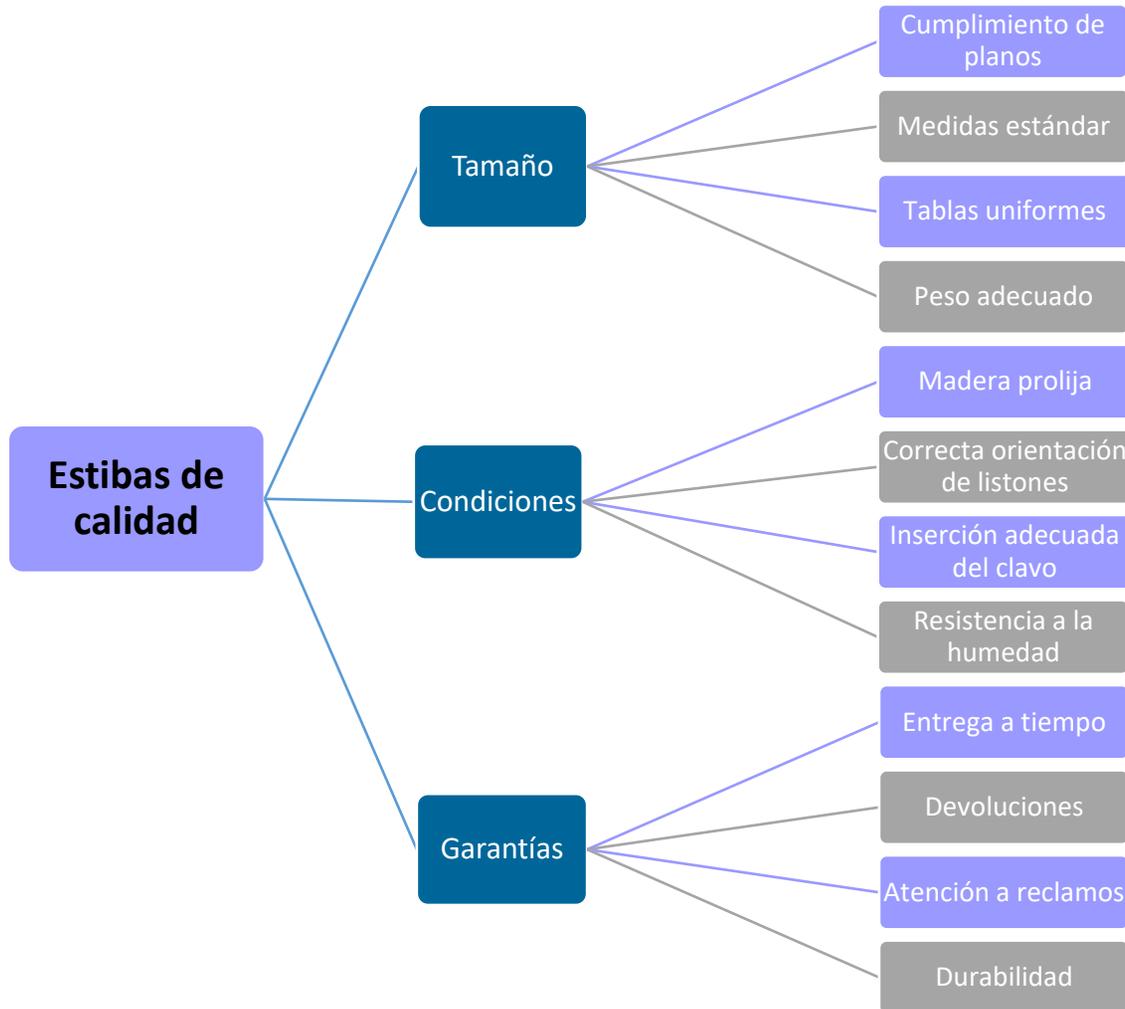
Una vez se ha conocido la opinión de los clientes con relación al producto entregado por la empresa INDUCARGO, es fundamental determinar los puntos críticos sobre los cuales se debe realizar énfasis en proponer mejoras para dar cumplimiento a los que esperan los mismos clientes.

Es así como se establecen los parámetros críticos de calidad (CTQ) que no son otra cosa que las características, requisitos y necesidades que satisfacen los requerimientos de los clientes y de las cuales se debe tener consideración para garantizar las futuras demandas.

Analizar estos CTQ les proporciona a las organizaciones una visión más clara y detallada de lo que debe incluir en su producto para cumplir con lo requerido por el cliente.

De esta manera y conociendo la opinión de los clientes para la empresa INDUCARGO, se establece el Árbol de CTQ (Ver Gráfico 5), que corresponde a un diagrama que muestra la necesidad del cliente, sus requerimientos y controladores de calidad.

**Gráfico 5. Diagrama Crítico de Calidad. CTQ**



Fuente: Autor (2020)

Una vez identificados los requerimientos sobre el producto se establecieron 4 de cada uno de ellos clasificados en tres líneas principales, correspondientes al Tamaño, las Condiciones y las Garantías, ejes sobre los cuales debe enfocarse la empresa para lograr la satisfacción de los clientes.

Según el resultado encontrado gracias a la aplicación de las metodologías antes mencionadas se tomaron como base los requerimientos y las inconformidades presentadas por los clientes para determinar los atributos a analizar en las unidades defectuosas en la segunda fase del estudio.

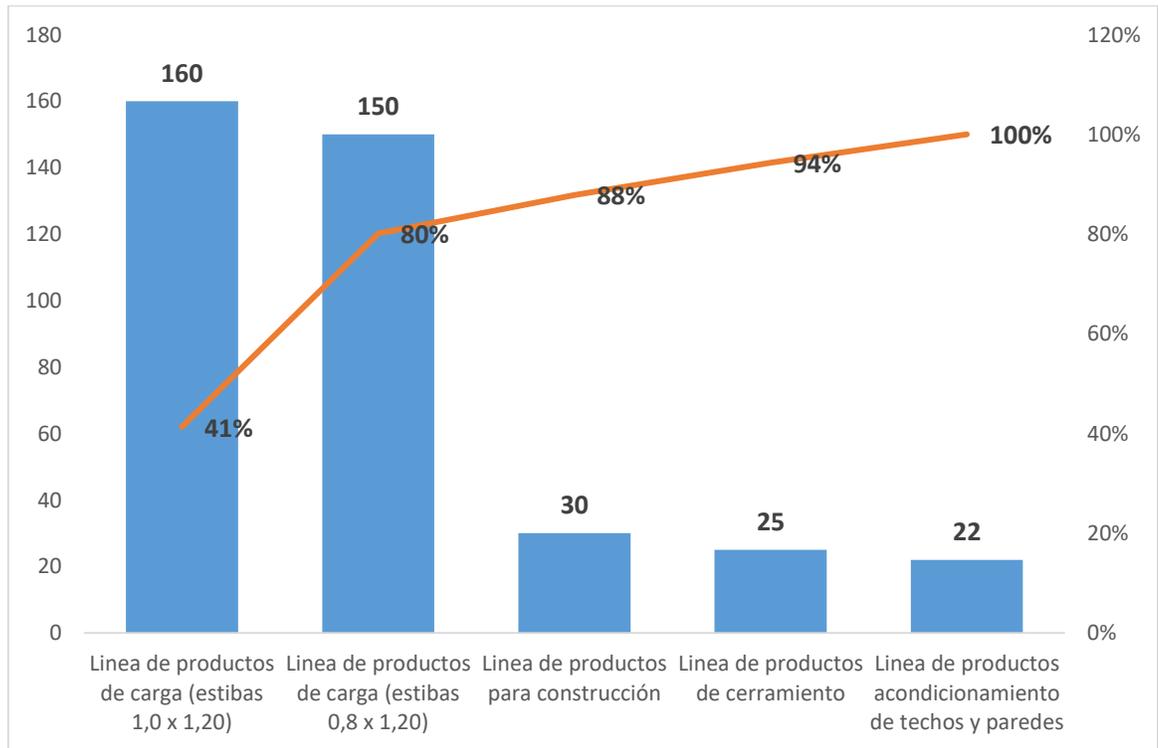
Ahora bien, es importante identificar inicialmente la demanda que presenta la empresa INDUCARGO con relación a las diferentes líneas de producción que se manejan, dependiendo de las especificaciones de los clientes.

Como se mencionó anteriormente, la empresa INDUCARGO maneja diversas líneas de producción, estibas estándar, estibas según requerimientos del cliente, tableros, machimbres, entre otros; por lo que para el mejor análisis de esta medida se estableció el Diagrama de Pareto para determinar la línea de producción sobre la cual se desea realizar mayor énfasis para la solución del problema (Ver Gráfico 6), considerando así lo dicho por Domenech (2011)<sup>44</sup> donde manifiesta que este diagrama es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que se deben tratar.

---

<sup>44</sup> J. Domenech. <Diagrama de Pareto>, 2011. [En línea]. Available: [http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama\\_de\\_Pareto.pdf](http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf)

**Gráfico 6. Diagrama de Pareto**



Fuente: Autor (2020)

Este diagrama refleja que el producto sobre el cual se realizará énfasis es la Línea de estibas de 1,0 x 1,20, teniendo en cuenta que lo relevante de esta línea es que es la de mayor pedido por estar bajo parámetros de estándares internacionales, utilizado así para el transporte de cargas.

Considerando que la mayor fuente de ventas que presenta la empresa INDUCARGO corresponde a la línea de estibas, en la Tabla 7 se presenta la demanda establecida por la empresa para los diferentes tipos de producto:

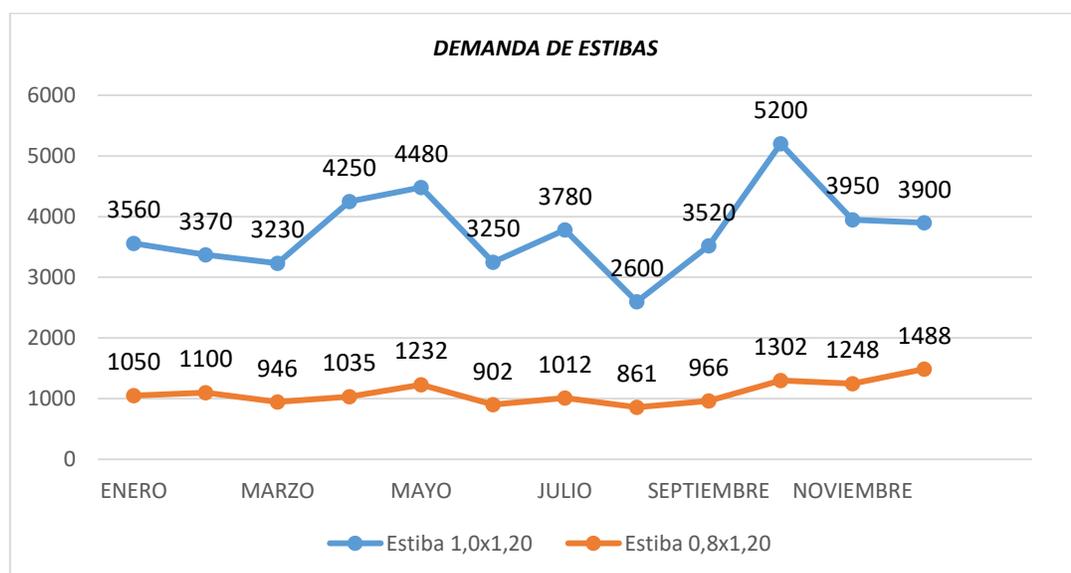
**Tabla 7. Demanda de estibas**

	Estiba 1,0x1,20	Estiba 0,8x1,20	otra 1	otra 2
<i>MESES</i>	<i>DEMANDA MENSUAL</i>	<i>DEMANDA MENSUAL</i>	<i>DEMANDA MENSUAL</i>	<i>DEMANDA MENSUAL</i>
ENERO	3560	1050	400	200
FEBRERO	3370	1100	286	154
MARZO	3230	946	330	132
ABRIL	4250	1035	230	138
MAYO	4480	1232	520	168
JUNIO	3250	902	264	154
JULIO	3780	1012	352	154
AGOSTO	2600	861	231	147
SEPTIEMBRE	3520	966	368	138
OCTUBRE	5200	1302	403	248
NOVIEMBRE	3950	1248	364	208
DICIEMBRE	3900	1488	434	248

**Fuente: Autor (2020)**

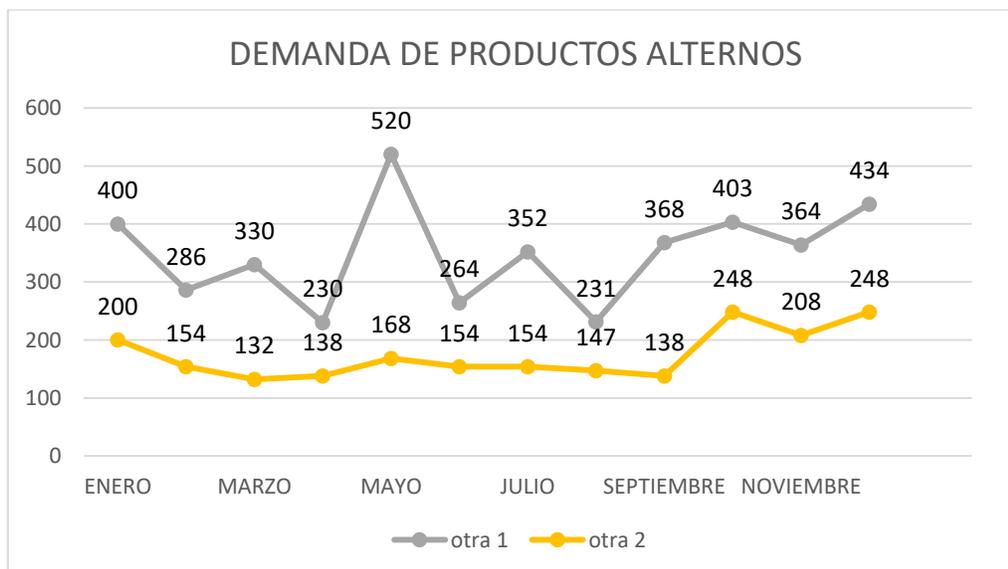
Para mayor visualización de la demanda de estibas, en los gráficos 7 y 8 se realiza la representación de los datos mensualmente.

**Gráfico 7. Demanda anual de estibas**



**Fuente: Autor (2020)**

**Gráfico 8. Demanda de productos alternos**



**Fuente: Autor (2020)**

Para la línea de estibas se identifica que aquellas de medidas 1,00 x 1,20 m presenta mayores picos de demanda en comparación con la de 0,80 1,20 m la cual la demanda es más lineal. De igual forma existe otro tipo de producto elaborado por la empresa que tiende a ser más representativo que otros los cuales presentan una demanda mínima.

### 8.2.3 MEDIR

En esta fase se toma en cuenta lo establecido por Nelson (2015)<sup>45</sup> donde menciona “Se recolectan los datos cualitativos y cuantitativos que permitan evaluar el desempeño actual de la organización y establecer la línea base de las métricas críticas del proceso”.

Para la identificación de aquellos aspectos críticos del proceso fue necesario realizar la inspección Gemba Walk con el fin de obtener de cerca los datos y la información necesaria que mediante observación se ha logrado. Para cumplir con los tres principios fundamentales del Gemba se observó durante 20 días el proceso

<sup>45</sup> Nelson, E. (2015). "Using Six Sigma and Lean in the Library." *College and Undergraduate Libraries* 22(3-4): 312-324

de recepción del material, almacenamiento, fabricación y almacenamiento del producto.

Socconini (2017)<sup>46</sup> sugiere que en esta fase se describa con un mayor nivel de detalle los distintos procesos que se desean mejorar para un mayor entendimiento de los puntos claves para la toma de decisiones.

Habiendo identificado la información referente al sistema productivo de la empresa Inducargo, para la fabricación de estibas, se procede a realizar una descripción del proceso (Ver Tabla 8) como paso inicial para identificar las variables sobre las que se realizará estudio según la segunda fase de la metodología DMAIC.

**Tabla 8. Proceso elaboración de estibas**

PROCESO DE ELABORACION DE ESTIBAS	
PROCESO	DESCRIPCIÓN
Desbaste	Dos operarios seleccionan el banco de madera según la medida y colocan el mismo sobre la maquina canteadora, pasándolo de lado a lado para que este sea desbastado, retirando así toda la corteza e impurezas que conlleva la madera.
Tronzado	El banco de madera es colocado horizontalmente y pasado por la maquina sierra sin fin para que sea tronzado o cortado según las medidas de espesor y ancho necesarias de las tablas y los listones.
Aserrado	El operario se ubica frente al disco circular y procede a cortar las tablas y listones verificando las dimensiones.

<sup>46</sup> Socconini. Lean Six Sigma, Green Belt Handbook. (2017)

PROCESO DE ELABORACION DE ESTIBAS	
PROCESO	DESCRIPCIÓN
Rodeado	Los listones son pasados por la maquina sin fin rodeadora para ser rodeados o moldeados en forma de medialuna en cada costado de las puntas.
Armado	Sobre una mesa se arma el esqueleto de la estiba conformado por tres listones rodeados y 4 tablas
Ensamble	Se hace uso de 10 tablas, martillo, metro y puntillas de 2" tipo helicoidal y se hace ensamble de las mismas por la cara contraria al esqueleto.
Resanar	Se realiza resane, cepillado y lijado para eliminar astillas, roturas y bordes ásperos
Demarcar	Se rotula bajo plantilla con código de asignación según el ICA con numeración de tratamiento, mes, lote y año.

Fuente: Autor (2020)

Analizado el proceso de elaboración de estibas de madera se considera que la problemática que presenta la empresa INDUCARGO está enfocada a la insatisfacción de los clientes por la cantidad de unidades que presentan defectos, identificando que esta variable está directamente relacionada a otras causales que afectan las unidades producidas.

Según Grau (2004)<sup>47</sup> "el concepto de variable siempre está asociado a las hipótesis de investigación. Una variable es una propiedad que puede adquirir diferentes valores en un conjunto determinado y cuya variación es susceptible de ser medida. Una investigación, cualitativa o cuantitativa, exige la operacionalización de sus conceptos centrales en variables, de esta definición operativa depende el nivel de medición y potencia de las pruebas realizadas."

Considerando de igual forma que para el estudio en cuestión se va a desarrollar el

<sup>47</sup> Grau, R. et al. (2004). Metodología de la investigación. Universidad de Ibagué. Coruniversitaria

Modelo de Regresión Logística y establecidas las variables ya mencionadas en el numeral 8.2.1 se da paso a la ejecución de la segunda etapa que corresponde a realizar las mediciones necesarias para ser adecuadas en el Modelo de Regresión Logística a fin de identificar el punto crítico por el cual se están presentando cierta cantidad de estibas defectuosas.

### **8.2.3.1 RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE LA DATA**

Identificadas las variables para el análisis del proceso se da paso a establecer cuantitativamente la variabilidad de las mismas teniendo en consideración la definición dada por Phatak y Robinson (2005)<sup>48</sup> quienes manifiestan que se usa la palabra variabilidad para describir una situación en la cual las observaciones o las medidas deberían ser las mismas, pero no lo son.

Para cada una de las variables se realizó la toma de datos durante el desarrollo del proceso de elaboración de estibas.

- **Operarios – Años de Experiencia - Estatura.**

La variable determinada como operario se estableció según las condiciones del proceso de elaboración de estibas, considerando que todas las operaciones eran desarrolladas por un trabajador fijo y solo la operación de ensamblado era ejecutada por varios de ellos, lo que generaba una rotación de los mismos y podría considerarse causal de productos defectuosos.

Para las variables adicionales correspondientes a características de los trabajadores de la operación de ensamblado, se solicitó colaboración a la empresa para tomar registro mediante la herramienta de entrevista de los datos de

---

<sup>48</sup> Phatak, A. y Robinson, G. (2005). Understanding and modelling variability: Practitioners' perspectives. Presentado en la International Statistical Institute, 55th Session, Sydney, Australia

experiencia y estatura, encontrando la información relacionada en la tabla 9.

**Tabla 9. Variables: Operario - Experiencia - Estatura**

<b>OPERARIO</b>	<b>AÑOS DE EXPERIENCIA</b>	<b>ESTATURA</b>
O <sub>1</sub>	2	1,57 cm
O <sub>2</sub>	2	1,60 cm
O <sub>3</sub>	3	1,80 cm

Fuente: Autor (2020)

La disposición de los trabajadores contribuyó al logro de la recolección de la información precisa.

- **Tiempo de ensamblado**

Para determinar los tiempos correspondientes al proceso de fabricación de estibas se estableció realizar un estudio de tiempos.

Niebel y Freivalds (2004)<sup>49</sup> mencionan que el estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para ejecutar una tarea definida y actualizada con base a una norma de rendimiento establecida.

Habiendo aprovechado la inspección Gemba Walk se dio paso a realizar la toma de tiempos de las diversas operaciones que constituyen el proceso de elaboración de estibas durante el desarrollo de una jornada normal de trabajo en la empresa Inducargo.

Determinada la secuencia de la cadena de producción se estableció realizar una muestra preliminar de 10 tomas; Tamayo y Tamayo (2006)<sup>50</sup> define la muestra como: “el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de

---

<sup>49</sup> Niebel, Benjamin; FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial métodos, Estándares y diseño del trabajo. 11 ed. México: Editorial Alfa omega, 2004, p 377-380.

<sup>50</sup> Tamayo y Tamayo, M. (2006). Técnicas de Investigación. (2° Edición). México: Editorial Mc Graw Hill.

determinados caracteres en totalidad de una población universo, o colectivo partiendo de la observación de una fracción de la población considerada.

Sin embargo, para asegurar un nivel de confianza del 95,45% en los resultados, se hizo uso de la fórmula que se presenta a continuación para calcular el total de muestras adicionales requeridas para cada operación las cuales se presentan en la Tabla 10.

$$N = \left( \frac{40 \sqrt{(n \cdot \sum x^2) - ((\sum x)^2)}}{\sum x} \right)^2$$

Dónde:

n: muestra preliminar (10)

x: valor de observaciones

40: constante

Así, como se muestra en la tabla 10 se tiene la cantidad de muestras a tomar para cada tarea:

**Tabla 10. Tamaño de la muestra (N)**

Operación	Tamaño muestra calculado	Tamaño muestra real
Desbastar la madera	10	20
Tronzar la madera	12	22
Aserrar la madera	10	20
Rodear listones	11	21
Armar esqueleto	11	21
Ensamblar estiba	10	20
Resanar estiba	10	20
Demarcar estiba	11	21

Autor (2020)

Posterior a esto y haciendo uso de un cronometro se procedió a realizar las tomas de tiempo de cada una de las operaciones que constituyen el proceso de elaboración de estibas, incluyendo hasta el más mínimo detalle que conforma la operación, ya que como lo expresa Palacios, L. (2004)<sup>51</sup> se debe considerar el tiempo que se demora un trabajador en condiciones normales, apto para el puesto, con los implementos necesarios.

En la tabla 11 se relacionan los tiempos tomados durante el proceso de fabricación de estibas en la empresa INDUCARGO haciendo uso del Anexo 3 formato de Toma de Tiempos:

---

<sup>51</sup> Palacios L. (2004). Ingeniería de Métodos; movimientos y tiempos. Colombia: Ecoe.

**Tabla 11. Toma de Tiempos**

PROCESO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22
Desbastar la madera	2,3	2,1	2,1	2,2	2,2	2,1	2,3	2,4	2,2	2,1	2,3	2,4	2,1	2,3	2,2	2,1	2,4	2,1	2,2	2,3		
Tronzar la madera	1	0,9	0,8	0,8	1	0,9	0,9	1	0,9	0,8	1	0,7	0,9	1,1	1	0,9	0,8	1	0,8	0,9	0,9	0,8
Aserrar la madera	2,1	2	1,9	2,1	2,2	2,1	2	2,1	1,9	2,2	2,1	2,1	2,1	2	1,9	2,1	2,2	1,9	2	2,1		
Rodear listones	1,9	2,2	2,1	2,3	2	2,3	2,2	1,8	2,2	1,9	2,3	2,2	2	2,1	1,9	2,1	2,3	2,2	2	2,1	2,2	
Armar esqueleto	2,3	2,1	2,5	2	2,1	2,4	2,6	2,1	2,3	2,4	2,1	2,3	2,2	2,5	2,1	2,4	2,1	2,3	2,2	2,2	2,1	
Ensamblar estiba	2,8	3,1	3,1	3,5	3,3	2,6	3,2	2,9	3	3,1	2,7	2,8	3,1	3	2,8	2,9	3,1	3,3	2,7	2,9		
Resanar estiba	1,1	1	1,2	1,1	1	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	1	1,2		
Demarcar estiba	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	0,9	

Fuente: Autor (2020)

Una vez se tomaron los tiempos correspondientes al proceso de producción de estibas se procedió a calcular el tiempo estándar del mismo, que como lo expresan Escalante, A y González, J. (2015) <sup>52</sup> corresponde al tiempo requerido por un trabajador calificado y capacitado, que trabaja a una capacidad o ritmo normal para elaborar un producto o proporcionar un servicio en una estación de trabajo según condiciones determinadas por una norma de ejecución preestablecida.

Para realizar el cálculo de este tiempo estándar primero se debió identificar el tiempo normal, que según la definición de Kanawaty, G. (1996) <sup>53</sup> representa el tiempo de ejecución de una tarea, con el operario trabajando a un ritmo del 100% (ritmo tipo), no mayor ni menor.

La forma para calcular el tiempo normal es:

$$TN = To * \frac{FV}{100}$$

En donde:

To: corresponde al promedio de tiempos observados

FV: es el factor de valoración de desempeño.

Este factor de valoración es asignado por el observador, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la Tabla 12 que se muestra a continuación:

---

<sup>52</sup> Escalante, A y González, J. (2015), Ingeniería Industrial. Métodos y tiempos con manufactura ágil D.F. México: Alfaomega

<sup>53</sup> Kanawaty, G. (1996) Introducción al Estudio de Trabajo. Ginebra. Suiza. Organización Internacional del Trabajo.

**Tabla 12. Valoración de desempeño.**

Escala de Valoración	Descripción del desempeño
0	Actividad nula
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operario no demuestra interés en el trabajo.
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de operario desmotivado, pero bien dirigido y vigilado, parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.
100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos, actuación de "virtuoso" solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Fuente: Autor (2020)

Según Niebel, B y Freivalds, A (2008) <sup>54</sup> esta valoración o también denominada calificación del desempeño es importante, ya que es una herramienta con la que se va a medir el tiempo de una tarea específica, estando en las más óptimas condiciones, cuidando los niveles de productividad.

Calculado el tiempo normal se dio paso a establecer los diversos suplementos que se deben considerar en el desarrollo de las funciones laborales, que según García, R. (2005) <sup>55</sup> no son otra cosa que el tiempo que se da al operador para compensar demoras dentro de una tarea realizada. (Anexo 4)

Teniendo calculado el tiempo normal y los suplementos para cada una de las actividades se realizó el cálculo del tiempo estándar, haciendo uso de la fórmula:

$$TS = \frac{TN}{1 - \%SUPLEMENTOS}$$

<sup>54</sup> Niebel B. y Andris F. (2009). Ingeniería Industrial; Métodos, estándares y diseños de trabajo. D.F México: McGraw Hill

<sup>55</sup> García, R (2005). Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. D.F. México. Mc Graw Hill.

En la tabla 13 se identifica el tiempo estándar de cada una de las operaciones que conforman el proceso de producción de estibas:

**Tabla 13. Variable: Tiempo de producción**

	Tiempo observado	Valor de desempeño	Tiempo normal	Suplementos	Tiempo estándar
Desbastar la madera	2,22	100%	2,22	1,36	3,02
Tronzar la madera	0,90	100%	0,90	1,19	1,07
Aserrar la madera	2,06	100%	2,06	1,36	2,79
Rodear listones	2,11	110%	2,32	1,19	2,76
Armar esqueleto	2,25	100%	2,25	1,2	2,70
Ensamblar estiba	3,00	110%	3,29	1,2	3,95
Resanar estiba	1,15	110%	1,26	1,17	1,47
Demarcar estiba	0,80	100%	0,80	1,16	0,92
<b>TOTAL</b>	<b>14,47</b>		<b>15,10</b>		<b>18,70</b>

Fuente: Autor (2020)

De lo anterior se logró deducir que en la empresa INDUCARGO el tiempo estándar para la fabricación de una estiba de madera cumpliendo con los requerimientos de los clientes es de 18,70 minutos.

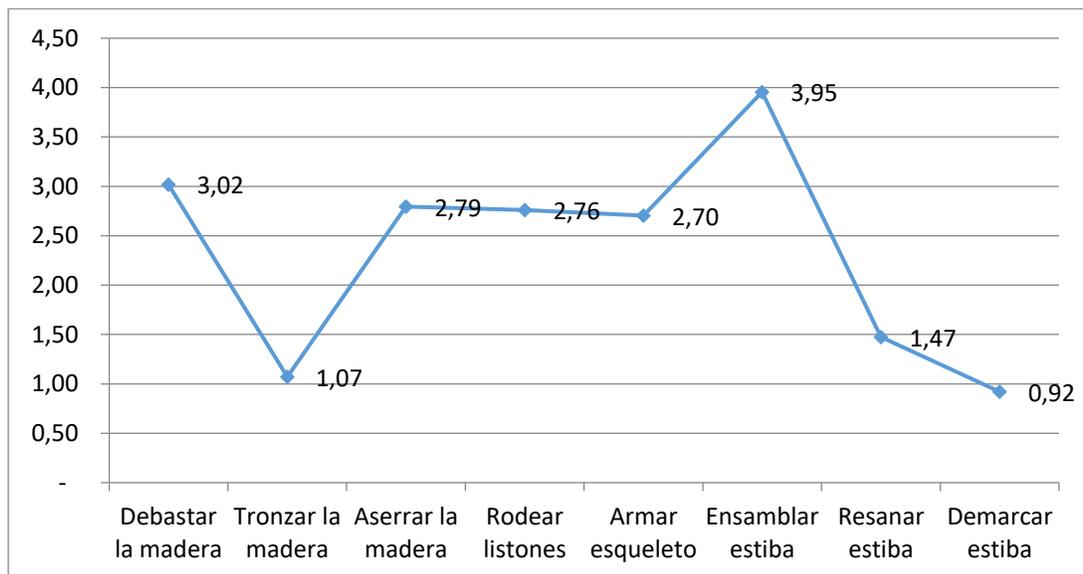
Se identifica además que en el proceso de producción existe un cuello de botella denominado por Richard B. Chase (2009)<sup>56</sup> como cualquier recurso cuya capacidad sea menor que su demanda, un cuello de botella es una restricción en el sistema que limita la producción; correspondiente a la tarea de ensamblado de la estiba con un tiempo de 3,95 minutos, más allá de su propósito es por la manera

<sup>56</sup> Richard B. Chase, F. R. (2009). *Administración de Operaciones - Producción y Cadena de Suministros*. Monterrey: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

en que se desarrolla la actividad, siendo de forma manual lo que a su vez está generando las características defectuosas sobre las estibas y por lo que se está presentando la inconformidad de los clientes, encontrando además directa relación con la variable Operario, considerando que los datos de los mismos corresponden a quienes desarrollan esta misma operación. Es en este punto crítico, donde se considera enfocar la mejora a proponer para la empresa.

En la gráfica 9 se identifican los tiempos estándar y su variabilidad con relación a la tarea desarrollada correspondiente al proceso de producción:

**Gráfico 9. Tiempo estándar del proceso de producción**



Fuente: Autor (2020)

Observando que el tiempo de las operaciones está ligado al tipo de tarea a desarrollar es de considerar que las operaciones más significativas dentro del proceso (Armado y Ensamblado) representan tiempos muy elevado durante el proceso, tal y como se percibe en la gráfica 9, por tanto, las mejoras se deben enfocar en estas dos operaciones.

- **Plazo de entrega por lote en días**

La empresa INDUCARGO posee una alta demanda diaria y organiza su proceso de producción acorde a los pedidos, con el fin de dar cumplimiento a cada uno de sus clientes bajo estándares de calidad. Considerando que la empresa cuenta con pedidos diarios se establecen periodos cortos para la entrega de los mismos.

La información correspondiente a esta variable fue suministrada por la empresa con relación a 5 lotes tomados aleatoriamente de la matriz de control de pedidos, los cuales se pueden percibir en la tabla 14.

**Tabla 14. Variable: Plazo de entrega**

<b>UNIDADES POR LOTE</b>	<b>PLAZO</b>
123	3
110	2
120	2
120	3
100	2

Fuente: Autor (2020)

De los datos suministrados por la empresa de acuerdo a los pedidos realizados se identificó que la empresa maneja plazos entre 2 y 3 días, considerando la prioridad y requerimiento de sus clientes, por lo que se debe ajustar el ciclo productivo a estos tiempos para dar cumplimiento a los mismos.

- **Altura de la mesa**

Establecida la operación de ensamblado como el punto de estudio, se dio lugar a analizar la altura de la mesa donde se desarrolla esta operación, identificando que existen en la empresa tres mesas para una misma operación.

Se tomó registro de la medición realizada de la altura de la mesa haciendo uso de

un metro, donde se calculó la magnitud desde el suelo hasta la base sobre la cual es colocada la estiba para su ensamble, tomando como datos los encontrados en la tabla 15.

**Tabla 15. Variable: Altura de la mesa**

<b>MESA DE ENSAMBLADO</b>	<b>ALTO</b>
M <sub>1</sub>	0,75 m
M <sub>2</sub>	0,82 m
M <sub>3</sub>	0,70 m

Fuente: Autor (2020)

Con las mediciones realizadas se analiza que la variación en la altura de las mesas es considerable si se involucra la directa relación con las demás variables establecidas.

### **8.2.3.2. VARIABILIDAD**

Como se mencionó anteriormente cada una de las variables analizadas están directamente relacionadas con la cantidad de unidades defectuosas, por lo que el enfoque del estudio es llevar a la empresa a mejorar el proceso en pro de trabajar bajo el principio de eficacia.

Fernández-Ríos, M. y Sánchez, J.,(1997)<sup>57</sup> definen la eficacia como la capacidad de una organización para lograr los objetivos, incluyendo la eficiencia y factores del entorno. Si se analiza la eficacia desde el punto de vista característico de los productos se deduce que es el grado en que las salidas actuales se corresponden con las salidas deseadas.<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup> Fernández-Ríos, M. y Sánchez, J., (1997) Eficacia Organizacional. Madrid.

<sup>58</sup> Revista Espacios. Efectividad, Eficacia y Eficiencia en equipos de Trabajo. Vol 39 (06) Año 2018. Pag 11. En línea: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p11.pdf>

Ahora bien, identificando que las devoluciones de los clientes se están presentando por la cantidad de unidades defectuosas se inspeccionó el tipo de inconformidades que se presentaban en las estibas y se identificaron los atributos relacionados en la Tabla 16.

**Tabla 16. Variabilidad en estibas**

<b>CÓDIGO</b>	<b>VARIABILIDAD</b>
A	Distancia entre los listones
B	Diagonalidad de lis listones
C	Inserción de la puntilla

Fuente: Autor (2020)

Una vez establecidas las características anteriores, para el estudio en cuestión se determinó analizar la producción definiendo el conteo de 25 lotes durante tres meses (Ver Tabla 17), para lograr identificar la cantidad de estibas defectuosas con relación a la producción diaria.

De los 25 lotes inspeccionados se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 17. Unidades defectuosas**

<i>DIA</i>	<i>CANTIDAD DE ESTIBAS</i>	<i>ESTIBAS CON VARIABILIDAD</i>	<i>CANTIDAD TOTAL DE VARIABILIDAD</i>
1	123	30	50
2	151	49	72
3	190	48	75
4	183	38	68
5	150	36	61
6	160	31	57
7	123	45	74
8	161	67	114
9	124	34	60
10	173	35	54
11	119	66	106
12	91	27	39
13	100	49	82
14	95	25	41

<i>DIA</i>	<i>CANTIDAD DE ESTIBAS</i>	<i>ESTIBAS CON VARIABILIDAD</i>	<i>CANTIDAD TOTAL DE VARIABILIDAD</i>
15	101	50	91
16	178	31	55
17	104	45	77
18	166	30	55
19	133	68	122
20	162	54	83
21	142	66	110
22	139	44	77
23	173	40	61
24	141	44	68
25	178	37	60

Fuente: Autor (2020)

Identificadas las unidades que presentaron variabilidad se dio paso a calcular las métricas estadísticas para la determinación del nivel sigma del proceso de elaboración de estibas.

### 8.2.3.3. CALCULO DEL DPU, DPO Y DPMO

Los Defectos por Unidad (DPU) toman el número de defectos que se observaron en las unidades producidas e inspeccionadas y permite saber cuál es el promedio de defectos por unidad de producción.

La fórmula para calcular el DPU está definida por:

$$DPU = \frac{\# \text{ Defectos observados}}{\text{Unidades producidas}}$$

De igual forma se realizó el cálculo de los Defectos por Oportunidad (DPO) que no es otra cosa que la cantidad de defectos encontrados sobre el número de posibilidades de error que se puedan presentar.

Está definido por la fórmula:

$$DPO = \frac{\# \text{ Defectos observados}}{\text{Unidades producidas} * \# \text{ Oportunidades de error}}$$

Posterior a esto se realizó el cálculo de los Defectos por Millón de Oportunidad (DPMO) que corresponde a la cantidad de defectos encontrados en un lote inspeccionado, dependiendo del número de oportunidades de defecto que se puedan encontrar, en un millón de unidades.

Es de considerar que para el estudio realizado de las unidades defectuosas con relación a la producción de estibas se encontraron tres tipos de atributos como se mencionó en la tabla 16.

La fórmula para determinar los DPMO está dada por:

$$DPMO = \frac{DPU * 1.000.000}{\# \text{ Oportunidades de error}}$$

Identificadas cada una de las métricas antes mencionadas se dio paso al cálculo de ellas para los 25 lotes establecidos como caso de estudio (Ver Tabla 18), donde se encontraron los siguientes resultados:

**Tabla 18.DPU, DPO, DPMO del proceso de elaboración de estibas**

<b>DEFECTOS POR UNIDAD</b>	<b>DEFECTOS POR OPORTUNIDAD</b>	<b>DEFECTOS POR MILLON DE OPORTUNIDAD</b>
0,41	0,14	135501
0,48	0,16	158940
0,39	0,13	131579
0,37	0,12	123862
0,41	0,14	135556
0,36	0,12	118750
0,60	0,20	200542
0,71	0,24	236025
0,48	0,16	161290
0,31	0,10	104046
0,89	0,30	296919

<b>DEFECTOS POR UNIDAD</b>	<b>DEFECTOS POR OPORTUNIDAD</b>	<b>DEFECTOS POR MILLON DE OPORTUNIDAD</b>
0,43	0,14	142857
0,82	0,27	273333
0,43	0,14	143860
0,90	0,30	300330
0,31	0,10	102996
0,74	0,25	246795
0,33	0,11	110442
0,92	0,31	305764
0,51	0,17	170782
0,77	0,26	258216
0,55	0,18	184652
0,35	0,12	117534
0,48	0,16	160757
0,34	0,11	112360

Fuente: Autor (2020)

#### 8.2.3.4. NIVEL SIGMA

La finalidad de las métricas antes mencionadas es determinar el rendimiento que presenta la empresa con relación a las unidades producidas en su totalidad y cuantas de estas se están generando defectuosas.

Para medir el desempeño del proceso se determina el indicador Yield, definido por la fórmula:

$$Yield = (1 - DPO) * 100$$

Este indicador brindará el valor porcentual de rendimiento del proceso y a su vez determinará el nivel sigma para el sistema productivo mediante la relación establecida por la tabla de conversión del proceso sigma. (Anexo 5)

Para el estudio en cuestión se determinó el rendimiento que presenta la empresa INDUCARGO con relación al proceso de elaboración de estibas, analizando los 25

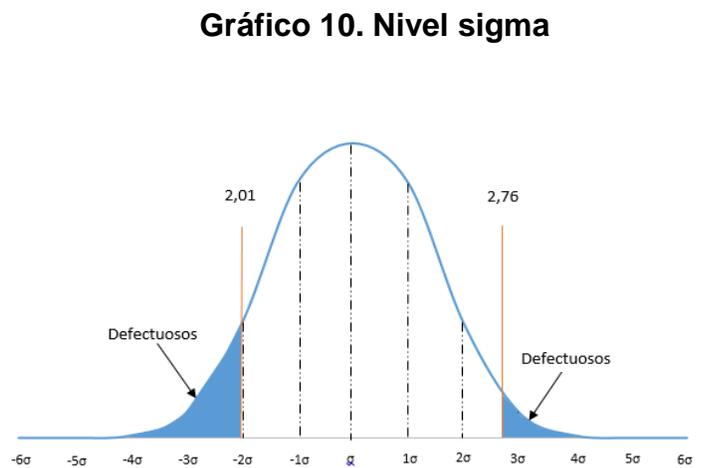
lotes estipulados para inspección y calculando el nivel sigma de los mismos, analizando la distribución y variabilidad del proceso con relación a la Campana de Gauss.

La relación de estos indicadores se ven reflejados en la Tabla 19 y gráfico 10.

**Tabla 19. Rendimiento – Nivel Sigma**

<i>YIELD</i>	<i>PROCESO SIGMA</i>
86,45	2,60
84,11	2,50
86,84	2,62
87,61	2,66
86,44	2,60
88,13	2,68
79,95	2,34
76,40	2,22
83,87	2,49
89,60	2,76
70,31	2,03
85,71	2,57
72,67	2,10
85,61	2,56
69,97	2,02
89,70	2,76
75,32	2,18
88,96	2,72
69,42	2,01
82,92	2,45
74,18	2,15
81,53	2,40
88,25	2,69
83,92	2,49
88,76	2,71

Fuente: Autor (2020)



Fuente: Elaboración propia – MS Excel

Según los datos calculados en la Tabla 19 correspondiente a la sigma de los 25 lotes se estableció el máximo y el mínimo de los niveles sobre los cuales se

encuentra el proceso y con la gráfica 10 se logró percibir la variación que presenta el proceso con relación a la cantidad de unidades defectuosas.

### **8.3 FASE 3 DESARROLLO DEL MODELO**

- Objetivo 3. Desarrollar el modelo de Regresión Logística Binaria integrado a la metodología Seis Sigma teniendo en cuenta las variables del proceso.

#### **8.3.1. MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA**

Como se mencionó, la finalidad del estudio es predecir la variable que presenta mayor relevancia o repercute de forma más significativa en el proceso de elaboración de estibas, y por tal motivo, se produzcan más unidades defectuosas. Es por esto que junto a la metodología Seis Sigma se integró el Modelo de Regresión Logístico, el cual, como lo menciona Kim (2018)<sup>59</sup> en estadística, se utiliza para predecir la probabilidad de ocurrencia de un evento ajustando los datos a una curva logística. Es un modelo lineal generalizado utilizado para la regresión binomial.

De igual forma Ferrán (2001)<sup>60</sup> afirma que la regresión logística consiste en obtener una función lineal de las variables independientes que permita clasificar a los individuos en uno de los dos niveles o grupos establecidos por los dos valores de la variable dependiente.

Con esto, una vez definidas las variables según la observación realizada al proceso de elaboración de estibas, se procedió a correr el Modelo de Regresión

---

<sup>59</sup> Kiyoon Kim, Joonyoung Kim, Tae-Young Kwak, Choong-Ki Chung, (2018) Logistic regression model for sinkhole susceptibility due to damaged sewer pipes. Nat Hazards 93:765-785.

<sup>60</sup> Ferrán, M. (2001). SPSS para Windows. Madrid: McGraw-Hill

Logística usando el software estadístico SPSS para su predicción, identificando inicialmente la Prueba Ómnibus del modelo.

En la tabla 20 se establece que, para la variable dependiente establecida como los defectos en las estibas, las variables definidas se ajustan al modelo y son predecibles toda vez que el valor de significancia del mismo es inferior a 0,050.

**Tabla 20. Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo**

		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Paso 1	Paso	46,195	5	,000
	Bloque	46,195	5	,000
	Modelo	46,195	5	,000

Fuente: SPSS (2020)

Asumiendo como Hipótesis Nula la no existencia de significancia de las variables que determinan la causa de defecto, y como Hipótesis Alternativa la conveniencia de las variables en el modelo se obtiene que la prueba Chi-cuadrado, que prueba la  $H_0: \beta_0 = \beta_n = 0$ , es rechazada, en vista de que el nivel de significancia del modelo es de  $0.000 < 0.05$ , por lo que se acepta la hipótesis alternativa dado que por lo menos existirá un  $\beta \neq 0$  que llevará a que una de las variables independientes pueda explicar el comportamiento de la dependiente.

En la tabla 21 se muestra la Tabla de Clasificación de Variables que permite visualizar las variables observadas vs las variables pronosticadas, esto con el fin de validar el porcentaje de asertividad del modelo.

**Tabla 21. Tabla de Clasificación.**

	Observado	Pronosticado			
		DEFECTOS		Porcentaje correcto	
		SIN DEFECTO	CON DEFECTO		
Paso 1	DEFECTOS	SIN DEFECTO	63	10	86,3
		CON DEFECTO	11	39	78,0
	Porcentaje global				82,9

Fuente: SPSS (2020)

Según los resultados de la tabla de clasificación, de un lote extraído de 123 estibas, el modelo acertó en un 82,9% de que 39 estibas se presentaron defectuosas.

Definidas las variables, y establecido que las mismas son significativas para el desarrollo del Modelo de Regresión Logística a fin de predecir cuál de ellas afecta de forma más relevante el proceso, se presenta en la tabla 22 el resultado del cálculo estadístico para cada variable.

**Tabla 22. Variables en la ecuación**

	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 <sup>a</sup> OPERARIO	1,071	,649	2,726	1	,099	2,919
TIEMPO_ENSAMBLADO (1)	1,347	,561	5,764	1	,016	3,844
AÑOS_EXPERIENCIA	-1,700	1,008	2,842	1	,092	,183
PLAZO_ENTREGA	-2,354	,454	26,888	1	,000	,095
ALTURA	-3,541	4,406	,646	1	,422	,029
Constante	8,125	3,882	4,381	1	,036	3377,907

Fuente: SPSS (2020)

Las variables fueron definidas teniendo en cuenta la observación realizada durante el proceso de elaboración de estibas, el Modelo de Regresión Logística demuestra

que el tiempo de ensamblado en correlación con la variable plazo de entrega se consideran como las variables predictivas y las causantes de que se generen unidades defectuosas, toda vez que su valor de significancia está por debajo de 0,050.

Además, el Modelo de Regresión Logística descarta la variable estatura como característica de los operarios y no se considera relevante dentro del proceso de elaboración de estibas.

### **8.3.2. ANALIZAR**

La etapa de analizar está directamente relacionada con los datos encontrados en la fase del medir y en el desarrollo del Modelo de Regresión Logística, pues la información antes mencionada será la base para identificar las falencias que se presentan en el proceso y como lo define Bogueis Ortiz, Alexandre (2015)<sup>61</sup> es el “momento de plantear hipótesis e identificar de manera científica el origen de los problemas u oportunidades”.

Para realizar el análisis del estudio en cuestión correspondiente al inconformismo que presentan los clientes de la empresa INDUCARGO con relación a las estibas defectuosas se desarrolló el Modelo de Regresión Logística con el fin de determinar la variabilidad dependiendo del tipo de atributo que podrían presentar.

Con esto se considera lo mencionado por Sandín (2003)<sup>62</sup> donde manifiesta que el análisis de la información, es un proceso cíclico de selección, categorización, comparación, validación e interpretación inserto en todas las fases de la

---

<sup>61</sup> Bohigues Ortiz, Alexandre. Desarrollo e implementación de un modelo Seis Sigma para la mejora de la calidad y de la productividad en Pymes industriales. Tesis de Maestría en Ingeniería de Organización y Logística. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2015. p. 1-89

<sup>62</sup> Sandín Esteban, M<sup>a</sup> Paz (2003) "Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones". Madrid. Mc Graw and Hill Interamericana de España (pp.258)

investigación que permite mejorar la comprensión de un fenómeno de singular interés.

Si se analiza el resultado del estudio de tiempos ejecutado en la etapa del Medir se logra identificar que durante el proceso de elaboración de estibas la operación 2 (Tronzado), la operación 6 (Ensamblado) y la operación 8 (Demarcado) ocupan tiempos más diversos en comparación con el resto de operaciones, sin embargo el punto crítico del proceso se presenta en la operación de ensamblado con el mayor tiempo de ejecución lo cual representa el cuello de botella para el proceso de producción representado en 3,95 minutos/pieza.

Desarrollado el Modelo de Regresión Logística se identificó que la variable Tiempo de Ensamblado en correlación con la variable Plazos de entrega son las más significativa sobre el proceso de elaboración de estibas y las causantes de que se presenten altos niveles de unidades defectuosas, referenciadas por el inconformismo de los clientes.

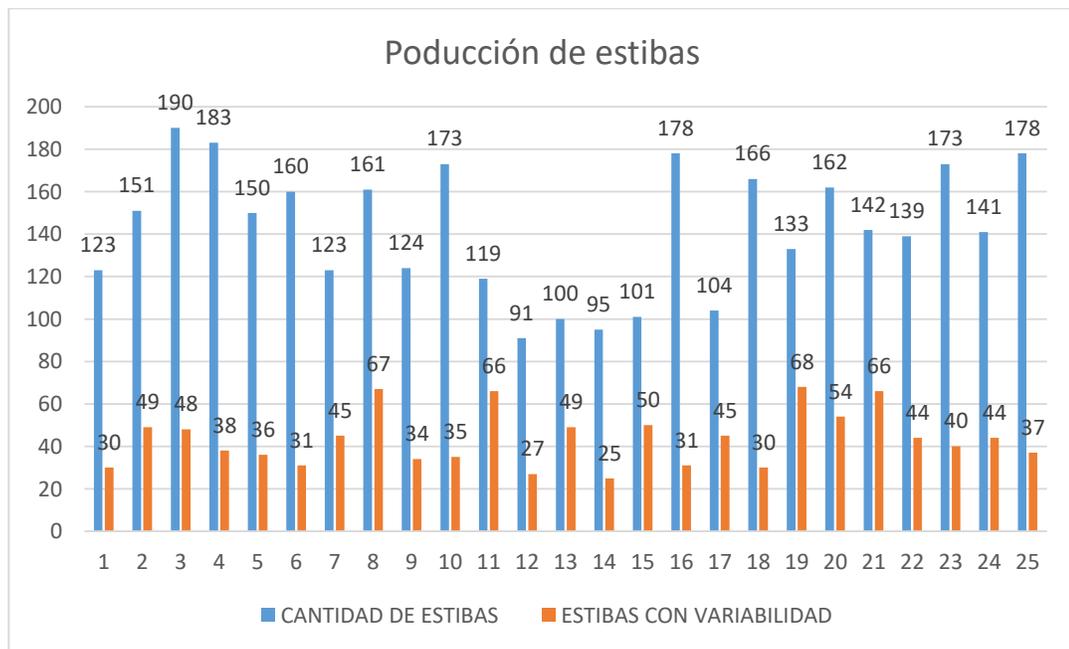
Habiendo definido en la etapa del Medir, realizar un estudio de tiempos del proceso de fabricación de estibas, y luego de ejecutado el mismo se estableció que el cuello de botella correspondía a la operación de ensamblado, toda vez que representaba los mayores tiempos durante el proceso, se determina la directa relación con el resultado del Modelo de Regresión Logística, concluyendo que es el tiempo de ensamblado la variable que representa punto crítico en el proceso y la causante de que se produzcan unidades defectuosas.

Para la variable Plazo de entrega se considera que su nivel de significancia es 0 en los resultados de la RLB y es relevante dentro del proceso de elaboración de estibas, es una variable sobre la cual no se pueden realizar modificaciones toda vez que suele provenir de fuentes externas como requerimiento explícito de los clientes, lo que sugeriría decisiones técnicas por parte de la empresa.

Es así, que se establece la directa relación entre la integración del Modelo de Regresión Logística con las herramientas empleadas por la metodología Seis Sigma.

Con relación a la inspección de los 25 lotes, se encontró la cantidad de unidades defectuosas (Ver Gráfico 11), considerando que mínimo se están generando 25 unidades con inconformidad en cada lote independientemente de la demanda diaria.

**Gráfico 11. Producción de estibas**



Fuente: Autor (2020)

Una vez calculado el número de estibas defectuosas y como se establece en la Tabla 16, se determinó el total de variabilidad que se presentaba con relación a los 25 lotes:

**Tabla 23. Total, de Variabilidad**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TOTAL
A	Distancia entre los listones	577
B	Diagonalidad de los listones	608
C	Inserción de la puntilla	627
<b>TOTAL</b>		<b>1812</b>

Fuente: Autor (2020)

De lo anterior se analiza que el total de defectos encontrados en los 25 lotes inspeccionados es de 1812 y que el mayor número de inconformidades presentadas por los clientes corresponden a la característica de inserción de la puntilla en las estibas.

Calculada la variable de tiempo de ensamblado de las estibas con la cantidad de unidades defectuosas e identificada la característica que se presenta con mayor frecuencia, se establece la directa relación de las variables establecidas en la etapa del medir, determinando que la operación de ensamblado si representa el cuello de botella en el sistema de producción, causa directa de que las estibas estén presentando su mayor no conformidad correspondiente a la inserción errónea de la puntilla, lo cual confirma lo establecido por Torre, W. F (2016)<sup>63</sup> que expresa que en ingeniería, un cuello de botella es un fenómeno en donde el rendimiento o capacidad de un sistema completo es severamente limitado por un único componente, un punto restrictivo.

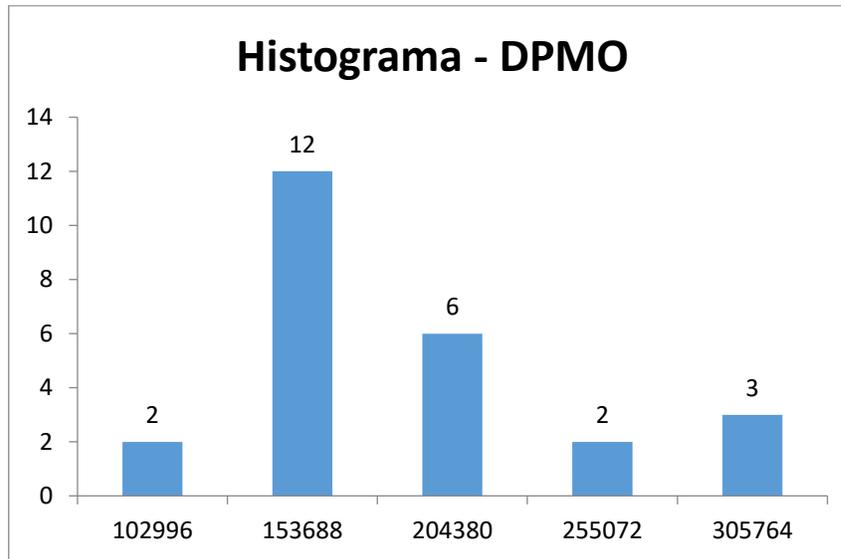
Ahora bien, una vez identificados los Defectos por Millón de Oportunidad para el proceso de elaboración de estibas con relación a los 25 lotes analizados se estableció que en promedio la empresa maneja 177.347 DPMO lo que representa un nivel sigma de 2,45 para el proceso de elaboración de estibas de la empresa INDUCARGO.

En la gráfica 12 se presenta la distribución de los DPMO correspondiente al proceso de fabricación de estibas, identificando 5 clases de acuerdo a las variaciones presentadas en la tabla 18.

---

<sup>63</sup> Torre, W. F. (29 de Mayo de 2016). Aprendizaje en Resolución de Conflictos. Recuperado el 07 de Febrero de 2018, de <http://www.wftorre.com/cuellos-botella-limitaciones-una-mirada-simple/>

**Gráfico 122. Histograma - DPMO**



Fuente: Autor (2020)

Como se mencionó anteriormente, Sigma es un concepto estadístico que representa cuanta variación hay en un proceso respecto a los requerimientos de los clientes, según esto se tiene a consideración lo relacionado en la tabla 24 de nivel sigma que se presenta a continuación:

**Tabla 24. Seis Sigma - Rendimiento**

Nivel Sigma	DPMO	% Rendimiento
6 $\sigma$	3,4	99,99966%
5 $\sigma$	233	99,98%
4 $\sigma$	6.210	99,4%
3 $\sigma$	66.807	93,3%
2 $\sigma$	308.538	69,1%
1 $\sigma$	691.462	30,9%

Fuente: Autor (2020)

De lo anterior se deduce que para los procesos:

- Entre 0 – 2 sigmas, se presenta dificultad para dar cumplimiento a los requerimientos.

- Entre 2 – 4,5 sigmas, se da cumplimiento a la mayoría de requerimientos.
- Entre 4,5 – 6 sigmas, se da total cumplimiento a los requerimientos.

Analizados estos parámetros e identificando que la sigma obtenido en el proceso de elaboración de estibas de la empresa INDUCARGO es de 2,45 se puede concluir que la empresa logra dar cumplimiento a los requerimientos de los clientes en una baja proporción, pues presenta un rendimiento intermedio entre 69,1% y 93,3% como se identifica en la tabla 24, considerando que existe un gran número de unidades que están saliendo defectuosas.

Con esto se identifica que la empresa está logrando cumplimiento a los requerimientos de los clientes, pero está lejos de tener un nivel Seis Sigma.

### **8.3.2.1. CAPACIDAD**

Una vez identificado el nivel sigma del proceso de elaboración de estibas de la empresa INDUCARGO, es importante determinar la capacidad de proceso (CP) para establecer en qué medida se está dando cumplimiento a lo requerido por los clientes, ya que como lo expresan Gryna, Chua, & Defeo, (2007)<sup>64</sup> la capacidad del proceso es la medición de la variación inherente del producto que es resultado de un proceso y donde se determina que este cumpla o no, con el requerimiento establecido.

Con base en esto es fundamental establecer si la empresa cuenta con la capacidad para la demanda requerida aun conociendo la variabilidad definida por el Modelo de Regresión Logística; buscando de igual forma reducir los índices de unidades defectuosas que se pueden presentar en el ciclo productivo considerando lo expuesto por Montgomery, (2004)<sup>65</sup> donde se compara la variabilidad inherente de un proceso con las especificaciones o requerimientos del producto.

---

<sup>64</sup> Gryna F., Chua R. & DeFeo J. (2007). Método Juran. Análisis y planeación de la calidad. México: McGraw-Hill Interamericana

<sup>65</sup> Montgomery, Douglas. (2004). Control Estadístico de la Calidad (Introduction to Statistical Quality Control). 3a Ed. Limusa-Wiley. México.

Para determinar el nivel de capacidad del proceso es fundamental considerar lo relacionado en la tabla 25, donde se establece la valoración según los parámetros del índice de capacidad:

**Tabla 25. Valoración de la Capacidad de Proceso (Cp)**

Valor de índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
Cp >= 2	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
Cp > 1.33	1	Adecuado
1 < Cp < 1.33	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto
0.67 < Cp < 1	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
Cp < 0.67	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fuente: Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Tercera Edición (2013)<sup>66</sup>

Para dar paso a la identificación de la capacidad se establece si el proceso está bajo control, lo que permite conocer el desempeño del proceso. Para esto se debe calcular inicialmente los límites superior e inferior a partir de las siguientes fórmulas:

$$Lim. Superior = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad Lim. Inferior = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$Lim Central = \bar{p} = \frac{x}{n} = \frac{Cantidad\ defetuosos}{Producción\ diaria}$$

Para el estudio en cuestión se realizó análisis de los 25 lotes (Ver Tabla 26), teniendo en consideración la producción diaria y la cantidad de unidades defectuosas producidas en cada lote (Tabla 17) y paso siguiente se determinaron los límites antes mencionados como se muestra a continuación:

<sup>66</sup> Gutiérrez Pulido, Humberto & De la Vara Salazar, Román (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill. Pag 99

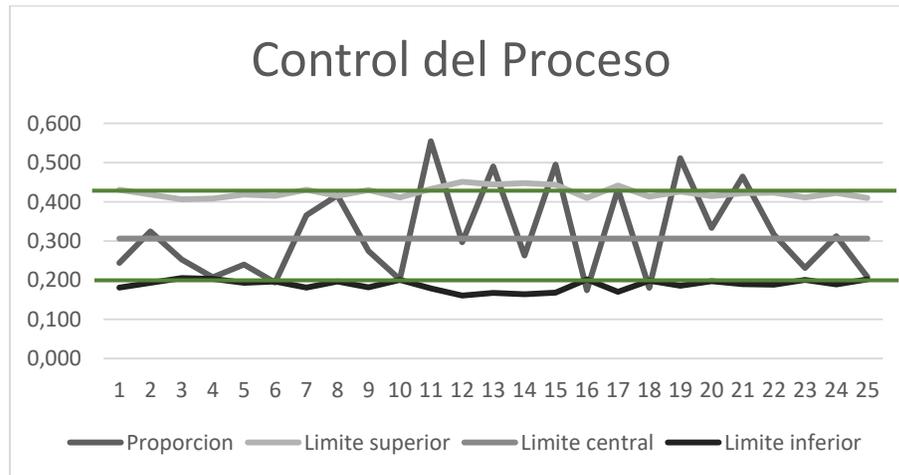
**Tabla 26. Control del Proceso**

Proporción	Límite superior	Limite central	Límite inferior
0,244	0,431	0,306	0,181
0,325	0,418	0,306	0,193
0,253	0,406	0,306	0,206
0,208	0,408	0,306	0,204
0,240	0,419	0,306	0,193
0,194	0,415	0,306	0,197
0,366	0,431	0,306	0,181
0,416	0,415	0,306	0,197
0,274	0,430	0,306	0,182
0,202	0,411	0,306	0,201
0,555	0,433	0,306	0,179
0,297	0,451	0,306	0,161
0,490	0,444	0,306	0,168
0,263	0,448	0,306	0,164
0,495	0,443	0,306	0,168
0,174	0,410	0,306	0,202
0,433	0,441	0,306	0,170
0,181	0,413	0,306	0,199
0,511	0,426	0,306	0,186
0,333	0,415	0,306	0,197
0,465	0,422	0,306	0,190
0,317	0,423	0,306	0,189
0,231	0,411	0,306	0,201
0,312	0,422	0,306	0,189
0,208	0,410	0,306	0,202

**Fuente: Autor (2020)**

Para mejor comprensión del estado del proceso y la determinación de su control se presenta la gráfica 13 con relación a la producción de estibas para la empresa INDUCARGO:

**Gráfico 133. Control del Proceso**



Fuente: Autor (2020) - MS Excel

De lo anterior se puede concluir que el proceso de elaboración de estibas no se encuentra controlado en su totalidad lo que deduciría que la capacidad del mismo no es acorde a los requerimientos que se presentan, dado que existen variaciones de gran magnitud que desestabilizan el rendimiento del proceso.

Habiendo identificado que el proceso no está bajo control y que como se calculó anteriormente el proceso de elaboración de estibas se encuentra en una sigma de 2,45, se puede dar paso al cálculo del índice de capacidad haciendo uso de la fórmula relacionada a continuación:

$$I. de Cap. de Proceso (Cp) = \frac{Nivel\ Sigma\ del\ Proceso}{3}$$

$$I. de Cap. de Proceso (Cp) = \frac{2,45}{3} = 0,82$$

El índice de capacidad del proceso de elaboración de estibas para la empresa INDUCARGO es de 0,82; apoyados en la información de la tabla 24 se puede concluir que el proceso cuenta con una capacidad de categoría 3 lo cual no es adecuada para el trabajo que se realiza por lo que es necesario realizar un análisis del proceso y establecer los puntos donde se deben hacer modificaciones serias

para mejorar el proceso a fin de garantizar la calidad del producto saliente y la satisfacción de los clientes.

### **8.3.3. MEJORAR**

Una vez se ha analizado el estado inicial en el que se encuentra la empresa INDUCARGO, se identifica la necesidad de proponer estrategias que contribuyan al mejoramiento del proceso para intensificar el rendimiento de la organización. Pallavi Sharma, Gupta, & P C Jha, (2017)<sup>67</sup> mencionan que se trata de buscar las alternativas de mejora utilizando la creatividad para obtener resultados rápidos y con bajo costo.

De acuerdo a lo analizado se identificó en cada etapa la problemática en el proceso de producción relacionando el tiempo de ensamblado en la elaboración de las estibas y a la cantidad de unidad defectuosas registradas, la propuesta de mejora debe estar directamente relacionada con las variables mencionadas, enfocada a determinar que la relación entre el tiempo medido en el proceso se va a reducir sin afectar la calidad de las estibas, por lo que es necesario adecuar una herramienta dentro del proceso de producción que conlleve a que el principio de Mayor Rapidez – Menor Calidad no aplique.

Como se mencionó en la etapa 8.3.2 correspondiente al Analizar, una vez establecido el proceso de elaboración de estibas, la operación de ensamblado representa el cuello de botella para el proceso de producción. Por lo tanto, se hace necesario diseñar la mejora enfocada a la causa base, ya que como lo menciona Gutiérrez (2010)<sup>68</sup> lo principal es proponer e implementar soluciones que atiendan la causa raíz y asegurar que se reduzca o corrija el problema.

---

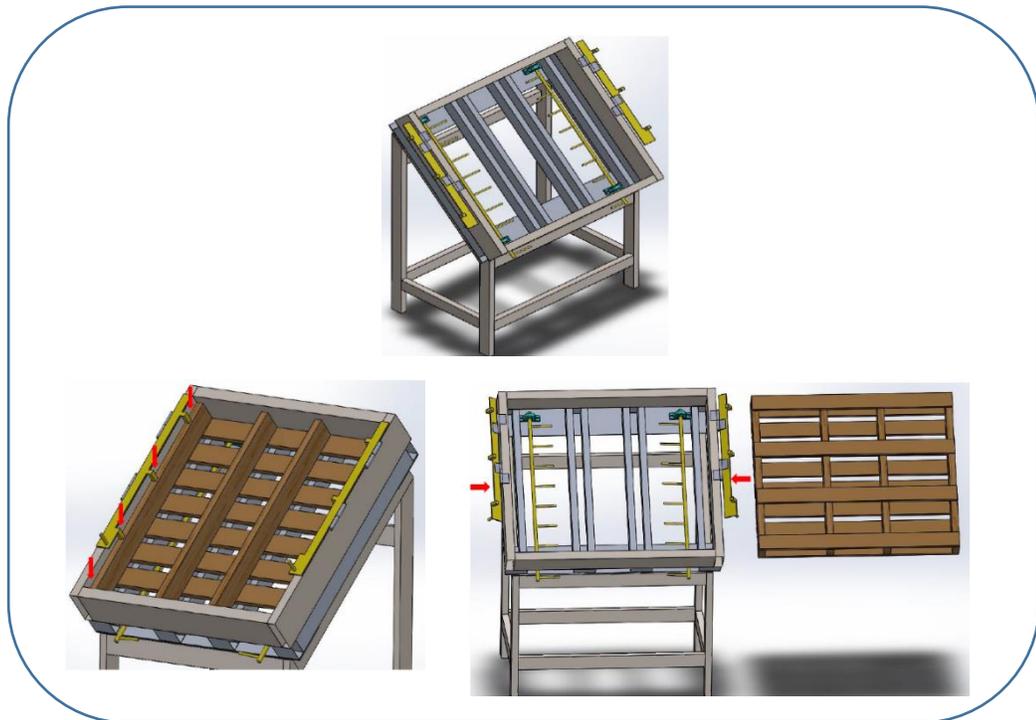
<sup>67</sup> Pallavi Sharma, S. C. M., Gupta, A., & P C Jha. (2017). International Journal of Quality & Reliability Management process Article information. About Emerald is a global publisher linking research and practice to the benefit of society . The company manages a portfolio of. Penerapan Pengendalian Mutu

<sup>68</sup> Gutiérrez, Humberto. Introducción a Seis Sigma. En: Calidad Total y Productividad. 3 ed. México D.F.: McGraw Hill, 2010. p. 363. ISBN 978-607-15-0315-2.

Analizado el proceso de producción se estableció que las operaciones de Armado y Ensamblado son secuenciales y es donde se presenta la problemática principal tanto del tiempo de elaboración como de la existencia de unidades defectuosas, por lo que para aplicar la mejora se propone a la empresa INDUCARGO adecuar una herramienta estructural que brinde facilidad para el armado, colocación de los listones y que contribuya a que la inserción de la puntilla se realice de forma más rápida y precisa.

El diseño de la máquina propuesta a la empresa INDUCARGO para suplir esta función se presenta en la figura 5.

**Figura 5. Mesa ensambladora**



Fuente: Autor (2020)

La elaboración de la estiba en la maquina propuesta se presenta como Anexo 6.

El diseño de la maquina está orientado a que el operario haga uso de la manivelas para que estos den la posición correcta y precisa de los listones, sin presentar

ocurrencias de que los mismos se desvíen, lo que garantiza que el armado y ensamblado de las estibas sea más exacto.

La máquina propuesta para adecuar al proceso se encuentra establecida en las grandes cadenas de elaboración de estibas como herramienta eficaz, capaz de acelerar el desarrollo de la tarea y de garantizar la efectividad de la misma, logrando así aumentar el rendimiento de toda la organización, constatando lo expuesto por Gardner (2001)<sup>69</sup> donde menciona que el mejoramiento de procesos es una forma efectiva para gestionar una organización en cualquier nivel y para el apoyo en el logro de sus objetivos generales.

Para sustentar que la alternativa dada a la empresa INDUCARGO es sólida se realizó una investigación de propuestas presentadas a continuación y las cuales están enfocadas a la adecuación de maquinaria automatizada dentro de diversos procesos que llevaron al mejoramiento de la calidad dentro de las organizaciones:

1. **TITULO:** Propuesta de diseño para la fabricación de máquina automatizada para optimizar la operación de cortes rectos en la manufactura de muebles en melanina  
**AUTORES:** Steve Alexander Palma Chauca - Rodolfo Christian Jesús Bravo  
**PROBLEMA:** Deficiencia en la operación de corte recto de madera melanina.  
**PROPUESTA:** diseño de una máquina automatizada que optimice los cortes de madera reduzca los tiempos de corte y aumente la productividad.  
**MEJORA:** Se redujo de 25 a 14 días hábiles el tiempo de entrega de un pedido de 300 unidades  
**LOGRO:** La empresa podría cumplir con el pedido dentro del periodo de tiempo solicitado.
2. **TITULO:** Propuesta de automatización de los procesos de verificación y despachos en una empresa panificadora.  
**AUTORES:** Diana María Romero Escovar  
**PROBLEMA:** El proceso de embalaje se realiza de forma manual lo que genera demoras y no se garantiza la exactitud de unidades por paquete.  
**PROPUESTA:** Se comparan 5 modalidades para determinar la más factible: sistema neumático de embalaje, una isla robotizada, un robot IRB 360 (para manipulación de elementos), adecuación de Automated Guided Vehicle (AGV) (transporte), un almacén automático

---

<sup>69</sup> Gardner, R. A. (2001). Resolving the process paradox. Quality Progress, 34, 51-59.

**MEJORA:** Implementación de la isla robotizada la cual representa menor tiempo de operación (4.9 mts) y mayor incremento de la productividad (84,68%)-

**LOGRO:** Garantiza la eliminación de las novedades que se presentan en el proceso de embalaje.

3. **TITULO:** Diseño y simulación de una maquina automatizada para el sellado de dos tipos de caja para la industria cosmética.

**AUTORES:** Marco Aurelio Pérez Vargas – Juan Pablo Salcedo Rodríguez

**PROBLEMA:** El sellado de cajas es muy demorado y se requiere simplificar las 4 líneas de sellado manual a 2 líneas de sellado automático.

**PROPUESTA:** Diseño de máquina de sellado de cajas de cartón con sistema de despliegue de pestañas y uso de adhesivo plástico termo fusible para el pegado de pestañas.

**MEJORA:** Por medio de sensores ópticos la maquina identifica el tipo de caja y se ajusta de acuerdo a sus características para lograr sellar dos tipos de cajas en una misma línea de producción

**LOGRO:** Se agiliza el proceso de sellado, manejando dos modalidades de caja en una misma línea.

4. **TITULO:** Estudio del costo beneficio con la implementación de máquinas automatizadas para incrementar la productividad en la fábrica produtexti S.A

**AUTORES:** Viviana Romero Jerez

**PROBLEMA:** Incrementar el rendimiento y la productividad, disminuyendo en lo posible los costos sin descuidar la calidad.

**PROPUESTA:** Sustituir algunas máquinas manuales por otras electrónicas que cuenten con sistemas neumáticos que permitan reducir tiempos improductivos y se mejore la calidad en las prendas.

**MEJORA:** La maquinas cuentan con la capacidad de memorizar las puntadas que se den realizar en las prenda y posterior a esto cortar automáticamente el hilo por medio de sistema neumático

**LOGRO:** Incremento considerable de la producción, disminución de tiempos muertos, mejor acabado de las prendas, mejora de la calidad de los productos.

Una vez se analizaron estos casos es factible considerar que la propuesta dada la empresa INDUCARGO dará buenos resultados a futuro, teniendo en cuenta que con lo planteado se pretende mejorar el rendimiento en el flujo del proceso y demostrar el beneficio en las operaciones de Armado y Ensamblado ya que hace que las mismas sean más eficaces pues se logra reducir el tiempo de elaboración de las estibas y se minimiza la existencia de defectos en el producto final.

## **8.4 FASE 4 COMPROBACIÓN**

- Objetivo 4: Comprobar la predicción del modelo de Regresión Logística Binaria en un lote aleatorio de producción.

### **8.4.1. VALIDACIÓN**

Como se definió en la fase 3 correspondiente al desarrollo del Modelo de Regresión Logística como herramienta integrada a la metodología Seis Sigma, las variables significativas dentro del proceso suelen ser las relacionadas al tiempo de ensamblado de la fabricación de estibas y el plazo de entrega de los pedidos. Ahora bien, para identificar que estas variables son reiterativas en el proceso, se realizó una validación de las mismas aplicando el Modelo de Regresión Lineal a un lote de 150 unidades.

Las variables establecidas fueron las mismas definidas en el numeral 8.2.1 y los datos fueron tomados bajo observación e información suministrada por los mismos operarios en colaboración con la empresa.

La finalidad en esta cuarta fase está orientada a validar que las variables predictivas inicialmente por el Modelo de Regresión Logística son repetitivas en lotes con características similares.

A partir de la tabla 27 se muestra el desarrollo del Modelo de Regresión Logística para un nuevo lote de 150 unidades.

**Tabla 27. Nuevas pruebas ómnibus de coeficientes de modelo**

		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Paso 1	Paso	35,641	6	,000
	Bloque	35,641	6	,000
	Modelo	35,641	6	,000

Fuente: SPSS (2020)

De igual forma se comprueba que las variables definidas son predecibles para la variable dependiente bajo el Modelo de Regresión Logística, toda vez que el nivel de significancia es inferior a 0,050, teniendo en cuenta que en comparación con los datos obtenidos en la tabla 20 se aumentó un grado de libertad aun cuando redujo el chi-cuadrado a 35, 641 considerando que entre mayor sea este, mayor es la relación entre las variables.

La clasificación de variable dependiente se presenta en la tabla 28, que para el estudio en cuestión sigue siendo la misma categorización entre defectuosas y no defectuosas.

**Tabla 28. Tabla de clasificación**

		Pronosticado			Porcentaje correcto
		DEFECTOS		Porcentaje correcto	
	Observado	SIN DEFECTO	CON DEFECTO		
Paso 1	DEFECTOS	SIN DEFECTO	70	19	78,7
		CON DEFECTO	22	39	63,9
Porcentaje global					72,7

Fuente: SPSS (2020)

En comparación con el lote inicial, el modelo de Regresión logística estimó un porcentaje de 72,7% de unidades defectuosas lo que considera una reducción de las mismas.

Como se mencionó anteriormente, los datos recolectados se realizaron con base a las mismas variables definidas y calculadas en los apartados 8.2.1 y 8.3.1 respectivamente, por consiguiente, los resultados de comprobación del Modelo de Regresión Logística para este nuevo se presentan en la tabla 29.

**Tabla 29. Variables en la ecuación (Validación)**

	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 <sup>a</sup> OPERARIO	3,978	6013,400	,000	1	,999	53,421
TIEMPO_ENSAMBLADO (1)	1,051	,473	4,935	1	,026	2,860
AÑOS_EXPERIENCIA	16,565	34075,933	,000	1	1,000	15636760,198
ESTATURA	-102,260	200446,667	,000	1	1,000	,000
PLAZO_ENTREGA	-1,706	,354	23,239	1	,000	,182
ALTURA_MESA	-1,997	3,781	,279	1	,597	,136
Constante	126,689	240536,001	,000	1	1,000	1,048E+55

Fuente: SPSS (2020)

Los resultados arrojados por el Modelo desarrollado muestran que las variables significativas dentro del proceso de elaboración de estibas y las cuales se consideran relevantes en el mismo para que las unidades se estén presentando defectuosas son el tiempo de ensamblado y el plazo de entrega de pedidos toda vez que su nivel de significancia es inferior a 0,050.

Con esto se valida y comprueba que nuevamente las variables están directamente relacionadas y son significativas ante la variable dependiente representada en unidades defectuosas, y que el Modelo de Regresión Logística es acertado al estudio en cuestión toda vez que fue predecible ante situaciones de características similares.

#### **8.4.2. CONTROLAR**

Aunque la empresa conoce la problemática existente y se definió una propuesta de mejora, a futuro se debe tomar control de las condiciones en que desarrolla el

proceso ya que estos controles de calidad tienen como objetivo principal conocer los parámetros que tiene el proceso para cumplir con la labor productiva de un determinado producto, pues mediante su conocimiento se podrá determinar si el proceso que se está analizando está en capacidad de cumplir con las capacidades que le son exigidas al producto.<sup>70</sup>

Una vez se propuso la mejora dentro del proceso de elaboración de estibas en la empresa Inducargo, es fundamental controlar que la misma sea constante y que refleje a diario el beneficio que se espera dentro del proceso, considerando lo expuesto por Roth & Franchetti (2010)<sup>71</sup> quienes expresan que en esta etapa se busca desarrollar un conjunto de sistemas de control y seguimiento que permitirán a la organización manejar las variaciones del proceso en el futuro.

Para realizar control de las acciones se pueden establecer herramientas o aplicaciones que permitan la inspección del producto terminado, en la que se identifiquen las variables expuestas en la Tabla 16. Con esto se determinará la variabilidad presentada en el proceso, buscando reducir las unidades defectuosas. Así mismo se logrará identificar el rendimiento que presenta el proceso de producción de acuerdo a cada lote y el nivel sigma alcanzado para los mismos.

Con esto se pretende que la empresa INDUCARGO controle que tanto aumenta su nivel sigma por lote de producción, en comparación con la sigma promedio calculado en la etapa del Medir, del proceso inicial el cual fue de 2,45.

En la tabla 30, se presenta la información requerida para el control de unidades defectuosas y estimación de la sigma para el proceso de elaboración de estibas de la empresa INDUCARGO.

---

<sup>70</sup> Arvelo Lopez, Á (1997). La Capacidad de los procesos industriales, métodos estadísticos de acuerdo con la norma ISO 9000, 1; 2-4.

<sup>71</sup>Roth, N., & Franchetti, M. (2010). Process improvement for printing operations through the DMAIC lean six sigma approach: A case study from northwest Ohio, USA. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 119–133.

**Tabla 30. Control Sigma**

INDUCARGO		CONTROL DE PRODUCCIÓN								
Lote	Producción	T. ensamble (min)	A	B	C	Variabilidad	Rendimiento %	SIGMA	Control	
1	123	3	10	19	7	36	90,24	2,80	ESTABLE	
2	151	2,9	24	14	16	54	88,08	2,68	ESTABLE	
3	190	3	9	17	19	45	92,11	2,91	ESTABLE	
4	183	2,8	18	16	24	58	89,44	2,75	ESTABLE	
5	150	3	6	11	7	24	94,67	3,11	BUENO	
6	160	3,1	14	8	12	34	92,92	2,97	ESTABLE	
7	123	3,4	24	24	25	73	80,22	2,35	BAJO	
8	161	3	10	11	10	31	93,58	3,02	BUENO	
9	124	2,8	25	7	24	56	84,95	2,53	ESTABLE	
10	173	2,9	16	18	23	57	89,02	2,73	ESTABLE	

Fuente: Autor (2020)

Como se muestra anteriormente la empresa INDUCARGO tendrá la facilidad de conocer la variabilidad del nivel sigma, considerando lo siguiente:

- Si el nivel sigma es menor a 2,45 (calculado) presenta alerta roja (bajo) por lo que se deberían entrar a revisar que está sucediendo en el proceso.
- Si el nivel sigma esta entre 2,45 y 3, se presenta alerta amarilla (estable) que representaría el buen rendimiento de las acciones tomadas
- Si el nivel sigma es mayor a 3, se presenta alerta verde (bueno) que significaría la buena aplicación de la mejora con relación al mejoramiento del proceso.

Para la organización la importancia de controlar el proceso antes de que el producto salga hacia el mercado es aumentar la rentabilidad, disminuir el despilfarro, reducir los gastos de calidad y mejorar la efectividad y eficiencia de todos los procesos que logran o sobrepasan las necesidades y expectativas del cliente.<sup>72</sup>

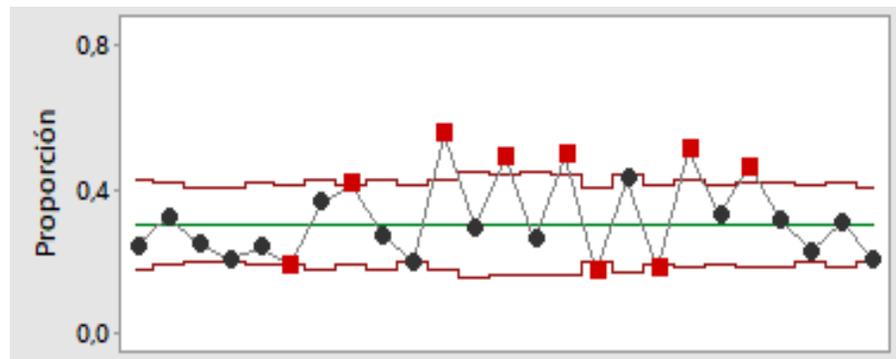
<sup>72</sup> Antony, J and Banuelas, R. (2003) "A strategy for Survival" Manufacturing Engineer

### 8.4.3. CARTAS DE CONTROL

Armand V. Feigenbaum (1994)<sup>73</sup> define las cartas de control como un método gráfico para evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico, es decir cuando sólo actúan causas comunes o aleatorias, inherentes a cualquier proceso.

Para el caso en estudio, este tipo de gráficos se elaboró bajo el software Minitab donde se pudo representar el comportamiento que tiene el proceso de elaboración de estibas con relación a las unidades defectuosas detectadas durante la inspección de los 25 lotes iniciales. Como se puede observar en la gráfica 14 al igual que se representó en la etapa del analizar, el proceso presenta puntos críticos que conllevan a falta de capacidad del ciclo productivo para cumplir con los requerimientos de los clientes, ya que se están presentando altos niveles de unidades defectuosas con relación a la demanda que se genera en pedido por lote.

**Gráfico 144. Carta de Control del Proceso**



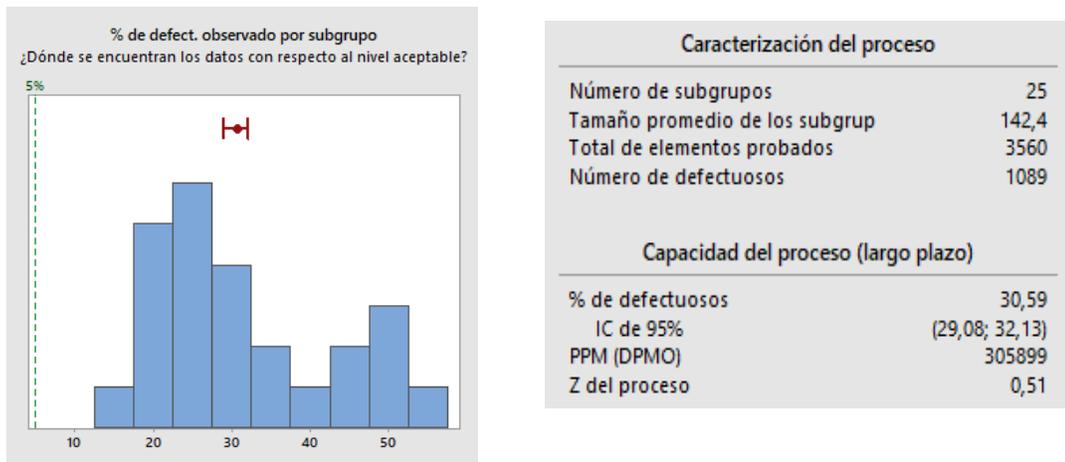
Fuente: Minitab (2020)

La finalidad de las acciones a tomar para mejorar el proceso es reducir los puntos representados en color rojo y minimizar la variación de los puntos negros para lograr que el proceso sea más continuo y acorde a las necesidades de la demanda y se mejore el rendimiento del proceso.

<sup>73</sup> Feigenbaum Armand V., 1994-Control de calidad total.3ra Edición-CESCA.

Como se conoce, el proceso no se encuentra bajo control, se muestra mediante histograma la desviación que presentan los datos y que tanta variabilidad poseen con relación al 5% de proporción defectuosa que se acepta para el proceso. Lo antes mencionado se presenta en la gráfica 15, además de conocerse el índice de capacidad a largo plazo considerando su estado inicial.

**Gráfico 155. Porcentaje de Defectos**

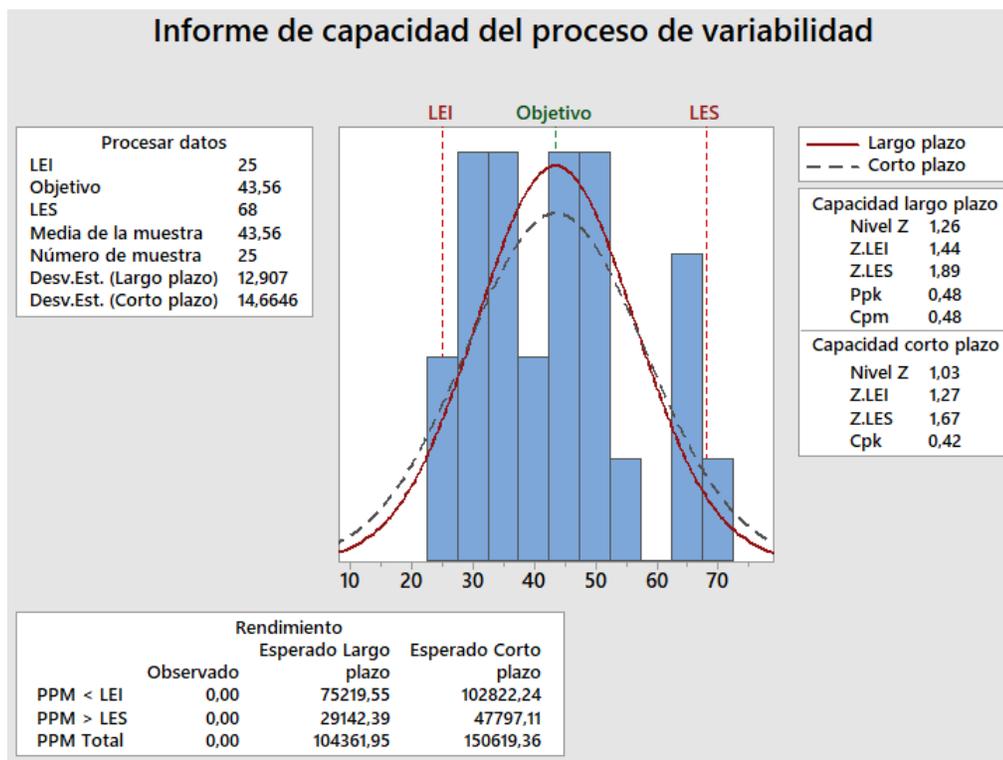


Fuente: Minitab (2020)

Con relación a lo anterior se espera que el porcentaje de unidades defectuosas se reduzca al 30,59% y que el nivel sigma presente una desviación estándar de 0,51, con relación a los resultados iniciales del proceso.

Posterior a esto se dio paso a comprobar la capacidad del proceso con relación a la variabilidad presentada y se estimó minimizar el nivel de unidades defectuosas al valor objetivo a alcanzar correspondiente al nivel medio de la muestra. En el grafico 16 se muestra la variabilidad en la capacidad del proceso dependiendo de los límites de la medición, así como el cálculo de la capacidad a corto y largo plazo.

**Gráfico 166. Capacidad del Proceso**



Fuente: Minitab (2020)

De lo anterior se establece la variabilidad que presenta el proceso con relación a la producción por lote, identificando además la capacidad a corto y largo plazo considerando el tratamiento que tendría el proceso si se tomarán acciones sobre las fuentes de variación general del proceso.

Como se perciben en la gráfica 16, la capacidad a corto y largo plazo aumentaría y de igual forma se incrementaría el nivel de confianza (Z), de lo que se puede considerar que los valores de Nivel Z más altos indican un proceso más capaz. La diferencia entre los valores de nivel de confianza (Z) representa la mejora en la capacidad del proceso que se podría esperar<sup>74</sup>, adecuando el proceso para tenerlo bajo control.

<sup>74</sup><https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-sixpack/between-within-capability-sixpack/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/capability-statistics/>

## 9. CONCLUSIONES

- La operacionalización permitió consolidar los cuestionamientos generados en la entrevista para que estos permitieran ser el punto de partida para el desarrollo de la metodología Seis Sigma. A través de 25 preguntas se definieron 17 dimensiones que dieron una visión general de la situación real de la empresa en cuanto a personal, materia prima, planta, producto y proceso. Así mismo, se identificó la necesidad por parte de los clientes en que la empresa reduzca la variabilidad de las estibas representadas en: madera astillada a causa de la mala inserción de la puntilla y separación irregular y desvió de listones.
- Se logró entender que la metodología seis sigma aplicada en empresas es única, sin embargo, al lograr integrar la regresión logística binaria a la metodología DMAIC se convierte en una herramienta flexible que permite generar estrategias de mejora continua para empresas de diversos sectores. La aplicación apropiada de la metodología Seis Sigma depende exclusivamente de la identificación de variables que representen la realidad del proceso en la empresa de estudio. Las métricas calculadas del Seis Sigma arrojaron un resultado actual del proceso correspondiente a 2,45 Sigma lo que sugiere problemáticas que deben resolverse por medio de métodos holísticos.
- Desarrollado el modelo de regresión logística binaria la empresa identificó como causante de sus defectos en la fabricación de la estiba el tiempo de ensamblado y el plazo de entrega de pedidos, variables con nivel de significancia de 0,016 y 0,000 respectivamente; en comparación con las demás variables las cuales presentaron nivel de significancia por encima de 0,050. Todo sugiere que de alguna manera el operario bajo presión, ensambla la estiba cometiendo más fallos que generan variabilidad en el producto.

- A partir de un lote de 150 unidades tomado aleatoriamente, se encuentra que las variables predictivas que inciden en la fabricación defectuosa del producto siguen siendo el tiempo de ensamblado y el plazo de entrega con niveles de significancia correspondientes a 0,026 y 0,000, igualmente inferiores al nivel de significancia de 0,050. Por otro lado, proyectando la mejora del proceso de ensamblado de la estiba con la aplicando de métodos de tecnificación y asumiendo una aceptación de 5% de proporción de estibas defectuosas a largo plazo se establece que la capacidad del proceso en unidades defectuosa se logre reducir en un 30,59%, datos suministrados por el software Minitab.

## REFERENCIAS

1. Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina<sup>3</sup>, A. I. (2017). Metodología e Implementación de Six Sigma. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, 8.
2. Antony, J and Banuelas, R. (2003) "A strategy for Survival" Manufacturing Engineer
3. Arias, F. (2006). El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. (5° edición). Caracas: Espíteme
4. Arvelo Lopez, Á (1997). La Capacidad de los procesos industriales, métodos estadísticos de acuerdo con la norma ISO 9000, 1; 2-4.
5. Barba, Boix y Cuatrecasas. Seis Sigma, Una iniciativa de Calidad Total.
6. Besterfiel, Dale H. (2009). Control de calidad. México. México: Editorial Pearson.
7. Bohigues Ortiz, Alexandre. Desarrollo e implementación de un modelo Seis Sigma para la mejora de la calidad y de la productividad en Pymes industriales. Tesis de Maestría en Ingeniería de Organización y Logística. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2015. p. 1-89.
8. Borsetti, C. (2009). Six Sigma y la Administración del Riesgo Empresarial ERM. Obtenido de [http://web.austral.edu.ar/descargas/australis/ago\\_02\\_09/mediossix-sigma-administracion-riesgo-empresarial.pdf](http://web.austral.edu.ar/descargas/australis/ago_02_09/mediossix-sigma-administracion-riesgo-empresarial.pdf).
9. Carrasco, S. (2009). Metodología de investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Lima: Editorial San Marcos, p. 226.
10. Chase, F. R. (2009). Administración de Operaciones - Producción y Cadena de Suministros. Monterrey: McGRAW-HILL / Interameicana Editores, S.A. de C.V.
11. Correa, N. (2003). 6 Sigma Nuevo paradigma para medir la calidad . Mundo Mitutoyo, 5-8.
12. Díaz Monroy L., Morales Rivera M., (2009) Análisis Estadístico de datos categóricos, Universidad Nacional de Colombia.
13. Escalante Vázquez, E. J. (2016). Seis- Sigma: Metodología y Técnicas (2a edición ed.). México: Limusa.

14. Escalante, A y González, J. (2015), Ingeniería Industrial. Métodos y tiempos con manufactura ágil D.F. México: Alfaomega.
15. Evans, J., Lindsay, W., (2015) Administración y control de la calidad, 9ª edición.
16. Feigenbaum Armand V., 1994-Control de calidad total.3ra Edición-CESCA.
17. Fernández-Ríos, M. y Sánchez, J., (1997) Eficacia Organizacional. Madrid.
18. Ferrán, M. (2001). SPSS para Windows. Madrid: McGraw-Hill
19. García, R (2005). Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. D.F. México. Mc Graw Hill.
20. Gardner, R. A. (2001). Resolving the process paradox. Quality Progress, 34, 51-59.
21. Gibson, George & Gebken, Richard. (2003). Design quality in pre-project planning: Applications of the Project Definition Rating Index. Building Research and Information - BUILDING RES INFORM. 31. 346-356.  
10.1080/0961321032000087990.
22. Grau, R. et al. (2004). Metodología de la investigación. Universidad de Ibagué. Corunversitaria.
23. Gryna F., Chua R. & DeFeo J. (2007). Método Juran. Análisis y planeación de la calidad. México: McGraw-Hill Interamericana.
24. Gutiérrez Pulido, Humberto & De la Vara Salazar, Román (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill. Pag 99.
25. Gutiérrez, Humberto. Introducción a Seis Sigma. En: Calidad Total y Productividad. 3 ed. México D.F.: McGraw Hill, 2010. p. 363. ISBN 978-607-15-0315-2.
26. Harry M. "Six Sigma: A breakthrough Strategy for Profitability", Quality Progress. ( 1998).
27. Hosmer, D., Lemeshow, S., (1980), "A goodness of fit test for the multiple logistic regression model". Communications in Statistics, A10, 1043-1069.
28. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-sixpack/between->

within-capability-sixpack/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/capability-statistics/

29. Hung, Hsiang-Chin and Sung, Ming-Hsien. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Quality and Reliability Engineering International*, 2015.
30. J. C. Herrera-Vega, G. Herrera-Vidal y C. González-Polo, "Mejora del proceso de fabricación de estibas de madera. Un caso de estudio", *Ingeniería Solidaria*, vol. 13, n.º 23, pp. 40-55, Sept. 2017.
31. J. Domenech. <Diagrama de Pareto>, 2011. [En línea]. Available: [http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama\\_de\\_Pareto.pdf](http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf)
32. Kanawaty, G. (1996) *Introducción al Estudio de Trabajo*. Ginebra. Suiza. Organización Internacional del Trabajo.
33. Kiyeon Kim, Joonyoung Kim, Tae-Young Kwak, Choong-Ki Chung, (2018) Logistic regression model for sinkhole susceptibility due to damaged sewer pipes. *Nat Hazards* 93:765-785.
34. Kocherlakota, S. & Kocherlakota, K. (1997), *Bivariate discrete distributions*, 'Encyclopedia of Statistical Sciences-Update', Vol. 2, Wiley, New York, p. 68-83.
35. Kostic, Nikoli S. and Nikolic, I. *Lean Six Sigma in Food Industry*. Serbia: *International Journal of Basic & Applied Sciences* , 2013, Vol. 13. 2227-5053.
36. Kumar, Dhirebdra, 2009, *Six Sigmas: las mejores prácticas, una guía de la excelencia en el proceso de los negocios/ 3R Editores* 21 ed.
37. Mandahawi, N., Fouad, R. H., & Obeidat, S. (2012). An Application of Customized Lean Six Sigma to Enhance. 6(1), 103–109.
38. Martínez, F. (2002) *El cuestionario. Un instrumento para la investigación en las ciencias sociales*. Barcelona: Laertes Psicopedagogía.
39. Montgomery, Douglas. (2004). *Control Estadístico de la Calidad (Introduction to Statistical Quality Control)*. 3a Ed. Limusa-Wiley. México.
40. Nelson, E. (2015). "Using Six Sigma and Lean in the Library." *College and Undergraduate Libraries* 22(3-4): 312-324.
41. Niebel B. y Andris F. (2009). *Ingeniería Industrial; Métodos, estándares y diseños de trabajo*. D.F México: McGraw Hill.

42. Niebel, Benjamin; FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial métodos, Estándares y diseño del trabajo. 11 ed. México: Editorial Alfa omega, 2004, p 377-380.
43. Osborn, A. F. Applied imagination, principles and procedures of creative thinking. (1953).
44. Palacios L. (2004). Ingeniería de Métodos; movimientos y tiempos. Colombia: Ecoe.
45. Palella, S. y Martins, F. (2008). Metodología de la Investigación Cuantitativa (2ª Edición). Caracas: FEDUPEL.
46. Pallavi Sharma, S. C. M., Gupta, A., & P C Jha. (2017). International Journal of Quality & Reliability Management process Article information : About Emerald is a global publisher linking research and practice to the benefit of society . The company manages a portfolio of. Penerapan Pengendalian Mutu.
47. Pande, P. (2002.). The Six Sigma Way Team Fieldbook An Implementation Guide for Project Improvement Teams. . United States of America. : McGraw-Hill Companies.
48. Pande, P. S. (2002). The Six Sigma Way Team Fieldbook An Implementation Guide for Project Improvement Teams. . United States of America. : McGraw-Hill Companies.
49. Pande, Peter y Holpp, Larry (2002). ¿Qué es Seis Sigma?. 1ª ed. Aravaca (Madrid): Mc Graw Hill. 81 p.
50. "Pérez, E., & García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Revista Tecnología En Marcha, 27(3), pág. 88–106.
51. <https://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370909.html>.
52. Phatak, A. y Robinson, G. (2005). Understanding and modelling variability: Practitioners' perspectives. Presentado en la International Statistical Institute, 55th Session, Sydney, Australia
53. Pino, Raúl. (2010). Metodología de la Investigación. Lima: Editorial San Marco, p. 134.
54. R. Chang y M. y Niedwiecki, La herramientas para la mejora continua de la calidad, Granica, Volumen 2, 1999.

55. R. Navas y A. Marbelís, “Análisis Financiero: una herramienta clave para un gestión financiera eficiente”, Revista Venezolana de Gerencia, vol. 14, n.º 48, pp. 606-28, 2009.
56. Revista Espacios. Efectividad, Eficacia y Eficiencia en equipos de Trabajo. Vol 39 (06) Año 2018. Pag 11. En línea:  
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p11.pdf>.
57. Roth, N., & Franchetti, M. (2010). Process improvement for printing operations through the DMAIC lean six sigma approach: A case study from northwest Ohio, USA. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 119–133.
58. Sánchez, N. El marco lógico. Metodología para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos [Internet]. Disponible en:  
<http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca>
59. Sandín Esteban, M<sup>a</sup> Paz (2003) "Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones". Madrid. Mc Graw and Hill Interamericana de España (pp.258)
60. Sayid Mia MA, Nur-E-Alam M, Ahmad F, Kamal Uddin M (2017) Footwear Industry in Bangladesh: Implementation of Six Sigma Methodology. *Ind Eng Manage* 6: 211.
61. Simon, k. (s.f.). Diagrama SIPOC. Obtenido de:  
[http://www.isixsigma.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1013:sipocdiagram&Itemid=155](http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1013:sipocdiagram&Itemid=155).
62. Socconini. *Lean Six Sigma, Green Belt Handbook*. (2017).
63. Tamayo y Tamayo, M. (2006). *Técnicas de Investigación*. (2º Edición). México: Editorial Mc Graw Hill.
64. Tamayo, M. (2012). *El Proceso de la Investigación Científica*. México, editorial Limusa.
65. The Tools of Quality Part V: Check Sheets , *Quality Progress* 23, num. 10 (octubre de 1990), 53. <https://asq.org/quality-resources/seven-basic-quality-tools>.
66. Tomado de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo-de-procesos>.

67. Torre, W. F. (29 de Mayo de 2016). Aprendizaje en Resolución de Conflictos. Recuperado el 07 de Febrero de 2018, de <http://www.wftorre.com/cuellos-botella-limitaciones-una-mirada-simple/>
68. Zapata Carlos Mario y Sandra Milena Villegas. Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de un método, Medellín-Colombia, Universidad EAFIT, 2006, pp. 40-59.

## ANEXOS

### Anexo 1. Entrevista Semi estructurada

PREGUNTAS
1. ¿Qué material utiliza para la fabricación de estibas?
2. ¿Qué tipo de madera utiliza para la elaboración de las estibas?
3. ¿De acuerdo a las especificaciones de las estibas qué tipos o dimensiones maneja?
4. Mencione las unidades que demandan sus clientes semanalmente

5. ¿Cuántos proveedores le abastece de materia prima?
6. ¿Que maquinaria utiliza para la elaboración de estibas?
7. ¿Cuáles son las referencias de estibas con mayores ventas?
8. En general, ¿cuáles son los defectos detectados tanto en la fabricación de las estibas como en el producto final?
9. ¿Qué metodología para la mejora de procesos <b>CONOCE</b> entre: Dmaic - Six Sigma, Lean, Estudio de métodos y tiempos, Balanceo de Líneas, Planes y programas de producción, PHVA Ciclo DEMING, BPM (Disciplina de gestión de procesos), Otro cuál?
10. ¿Qué metodología para la mejora de procesos <b>UTILIZA?</b> (Puede elegir varias opciones)
11. ¿Ha realizado algún estudio o análisis del tiempo de fabricación en cada referencia de estiba?
12. ¿Posee algún plan de producción en su empresa?
13. ¿Considera que las metodologías de mejora continua pueden aumentar la rentabilidad de las empresas?
14. ¿Mencione los tiempos de fabricación para cada estiba?
15. ¿Cuál o cuáles son las razones que considera usted causan las demoras en los tiempos de fabricación?
16. Número de devoluciones semanales de estibas con mayor demanda.
17. Número de operarios que intervienen directamente en el proceso de fabricación
18. ¿Cuántas personas laboran en la empresa?
19. ¿Que características, aspectos o criterios tienen en cuentas sus clientes para la aceptación de sus productos?
20. ¿Usa fichas técnicas para la elaboración de las estibas?
21. ¿Cuáles son los elementos utilizados para la fabricación de 1 estiba?
22. ¿Cuantos años de experiencia tiene cada Operador?
23. ¿Cuál es la estatura corporal de cada operador?
24. ¿Cuál es el plazo de entrega por lote de estibas en días? Por favor especifique las fechas de pedidos y las fechas de entrega
25. ¿Cuáles son las dimensiones de las mesas de ensamblado? (alto, ancho, largo)

## Anexo 2. Voz del Cliente

Como parte del estudio de posgrado con la Universidad de Pamplona se busca aplicar la metodología llamada Voz del Cliente para correlacionar la calidad del producto que le entrega el proveedor con lo que ustedes requieren como clientes.

Autor de la encuesta: Richard Antonio Moya Arguello

Gracias de antemano.

¿Qué aspectos tendrías en cuenta dentro de la evaluación de proveedores de estibas?

- ✓ Cumplimiento tiempos de entrega
- ✓ Valor agregado ( desarrollo nuevas mejoras, Innovación)
- ✓ Atención a reclamos
- ✓ Calidad

¿Qué características relevantes busca en una estiba para ser aceptada?

- ✓ Cumplir con las especificaciones de los planos
- ✓ verificación de tablas y listones que estén en buen estado
- ✓ Resistencia

¿Qué mejoras le gustaría ver con relación a las estibas suministradas por los proveedores?

- ✓ Peso
- ✓ Humedad
- ✓ Que las medidas de las tablas y listones sean uniforme

¿Qué defectos ha encontrado para realizar la devolución de una estiba?

- ✓ No cumple con las dimensiones de los planos
- ✓ tablas partidas
- ✓ moho
- ✓ listones disperejos
- ✓ clavos salidos

¿Cuál es el fallo más recurrente que ha encontrado cuando realiza la revisión de las estibas?

- ✓ Separación de tablas
- ✓ Listones torcidos

¿Qué solución esperas de la empresa proveedora de estibas en caso de presentarse un defecto?

- ✓ Reposición de estibas, en caso de devolución

¿Cuál es la cantidad mínima y máxima de estibas que ha encontrado con fallos?

- ✓ Mínima: 0

- ✓ Máxima: se verifica el 10 %

¿Qué defectos en las estibas son aceptables y no se consideran relevantes para devoluciones?

Dependiendo del formato que se encuentre corriendo en producción con base a esta información se verifica que estiba es aceptable según su defecto

¿Qué recomendarías a las empresas proveedoras?

- ✓ Cumplir con las indicaciones dadas

### **Anexo 3. Formato Toma de Tiempos**

<b>MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>		N° FICHA		N° FICHA	
		HOJA N°		DE	
		HORA INICIO		HORA FIN	
OPERACIÓN					
PRODUCTO				FECHA	
N. ESTUDIO					
<b>TOMA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>TOMA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	
1		21			
2		22			
3		23			
4		24			
5		25			
6		26			
7		27			
8		28			
9		29			
10		30			
11		31			
12		32			
13		33			
14		34			
15		35			
16		36			
17		37			
18		38			
19		39			
20		40			
T.O		T.O		<b>ANALISTA</b>  RICHARD MOYA	
V.R		V.R			
T.N		T.N			
SUP.		SUP.		<b>REVISIÓN</b>	
T. ESTAND		T. ESTAND			

**Anexo 4. Tabla de Suplementos**

	HOMBRE	MUJER
<b>1. SUPLEMENTO CONSTANTES</b>		
• Por Necesidades Personales	5	7
• Suplemento base por fatiga	4	7
<b>2. SUPLEMENTO VARIABLES</b>		
<b>A. SUPLEM. POR TRABAJAR DE PIE</b>	2	4
<b>B. SUPLEM. POR POSTURA ANORMAL</b>		
• Ligeramente incómodo	0	1
• Incómodo, Ej.: inclinado	2	3
• Muy Incómodo Ej.: Tendido, estirado	7	7
<b>C. USO DE FUERZA O ENERGIA MUSCULAR</b>		
• Levantar peso de 2.5 Kg.	0	1
• Levantar peso de 5.0 Kg.	1	2
• Levantar peso de 7.5 Kg.	2	3
• Levantar peso de 10.0 Kg.	3	4
• Levantar peso de 15.0 Kg.	5	8
• Levantar peso de 17.5 Kg.	7	10
• Levantar peso de 20.0 Kg.	9	13
• Levantar peso de 25. Kg. (Máx. mujer)	13	20
• Levantar peso de 30.0 Kg.	17	—
• Levantar peso de 35.5 Kg.	22	—
<b>D. MALA ILUMINACIÓN</b>		
• Ligeramente por debajo de estimado	0	0
• Bastante por debajo de Estimado	2	2
• Absolutamente insuficiente	5	5
<b>E. CONDICIONES ATM. (CALOR, HUMEDAD)</b>		
Indice Enfriamiento: ml cal / cm2 / Seg.		
• Medida en Termómetro de Kata: 16, 14 y 12	0	0
• Medida en Termómetro de Kata: 10	3	3
• Medida en Termómetro de Kata: 8	10	10
• Medida en Termómetro de Kata: 6	21	21
• Medida en Termómetro de Kata: 4	45	45
• Medida en Termómetro de Kata: 2	100	100
<b>F. CONCENTRACION INTENSA</b>		
• Trabajos de cierta precisión	0	0
• Trabajos de precisión ó fatigosos	2	2
• T. de gran precisión ó muy fatigoso	5	5
<b>G. RUIDOS</b>		
• Ruido Continuo	0	0
• Intermitentes y fuerte	2	2
• Intermitentes y muy fuerte o estridente	5	5
<b>H. TENSION MENTAL</b>		
• Proceso bastante complejo	1	1
• Proceso complejo: atención en exceso	4	4
• Es muy complejo	8	8
<b>I. MONOTONIA (mental)</b>		
• Trabajo algo monótono	0	0
• Trabajo bastante monótono	1	1
• Trabajo muy monótono	4	4
<b>J. TEDIO (fisico)</b>		
• Trabajo algo aburrido	0	0
• Trabajo aburrido	2	1
• Trabajo muy aburrido	5	2

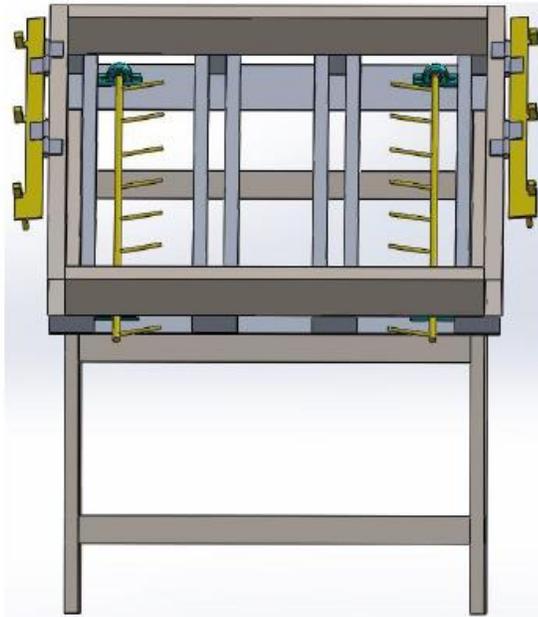
## Anexo 5. Proceso Nivel Sigma

### Abridged Process Sigma Conversion Table

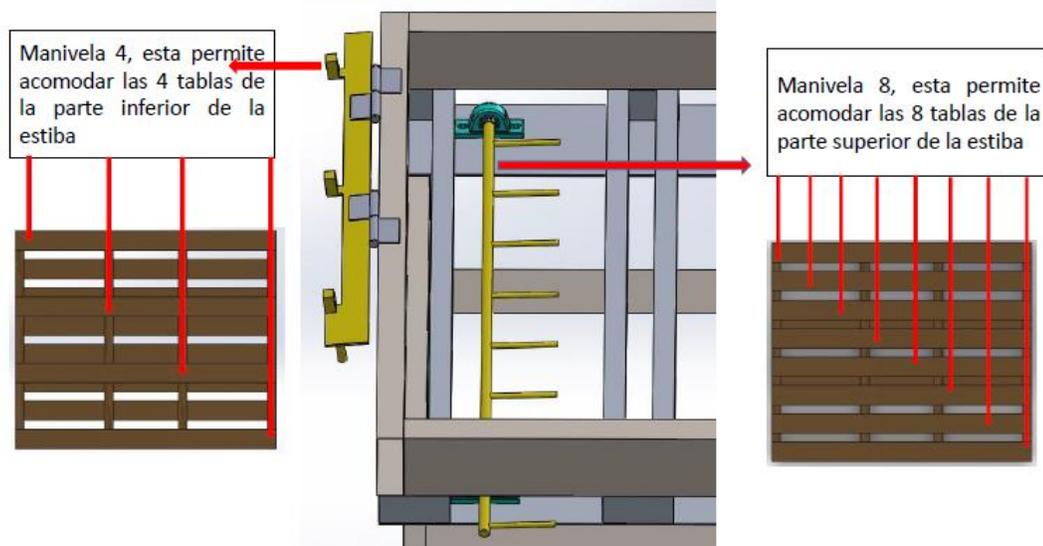
<i>Long-Term Yield</i>	<i>Process Sigma</i>	<i>Defects Per 1,000,000</i>	<i>Defects Per 100,000</i>	<i>Defects Per 10,000</i>	<i>Defects Per 1,000</i>	<i>Defects Per 100</i>
99.99966%	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.9995%	5.9	5	0.5	0.05	0.005	0.0005
99.9992%	5.8	8	0.8	0.08	0.008	0.0008
99.9990%	5.7	10	1	0.1	0.01	0.001
99.9980%	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.9970%	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.9960%	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.9930%	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.9900%	5.2	100	10	1.0	0.1	0.01
99.9850%	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.9770%	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.9670%	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.9520%	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.9302%	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.9040%	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.8650%	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.8140%	4.4	1,860	186	18.6	1.86	0.186
99.7450%	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.6540%	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.5340%	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.3790%	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.1810%	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.930%	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.610%	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.220%	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.730%	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.130%	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.410%	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.540%	3.2	44,600	4,460	446	44.6	4.46
94.520%	3.1	54,800	5,480	548	54.8	5.48
93.320%	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.920%	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.320%	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.50%	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.50%	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.20%	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.60%	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.80%	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.80%	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.60%	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.20%	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.60%	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.80%	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58.00%	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54.00%	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50%	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46%	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43%	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39%	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35%	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31%	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28%	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25%	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22%	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19%	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16%	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14%	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12%	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10%	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8%	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

### Anexo 6. Propuesta Maquinaria

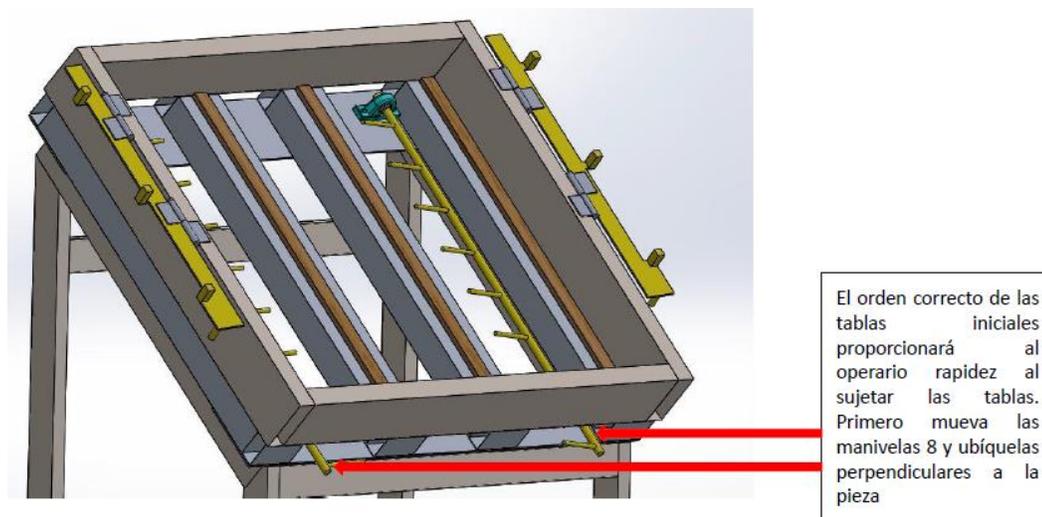
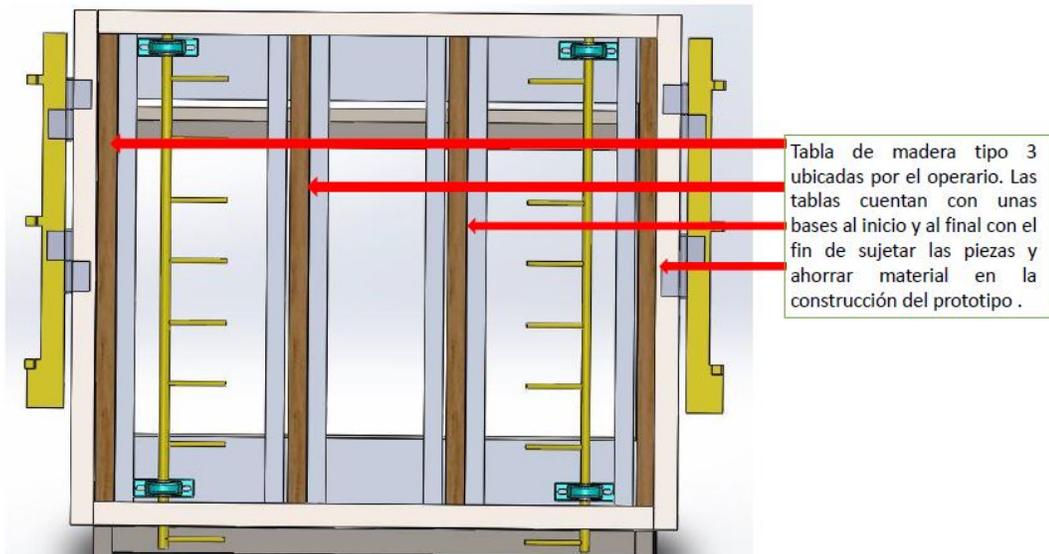
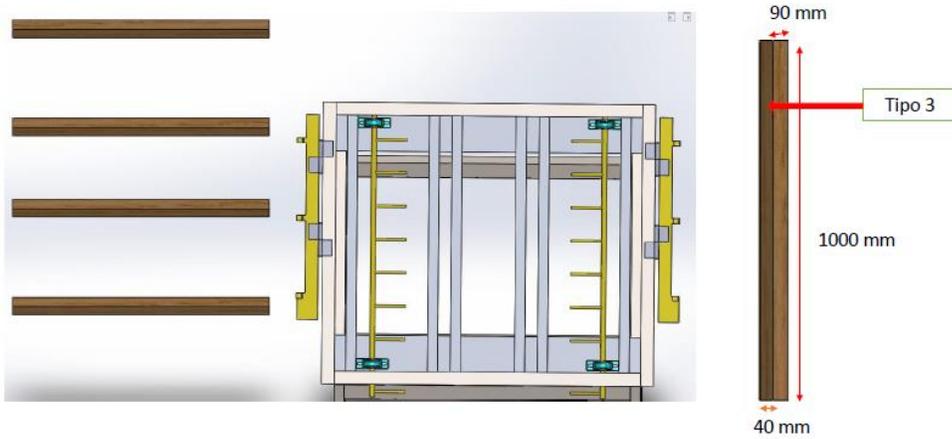
## Vista frontal

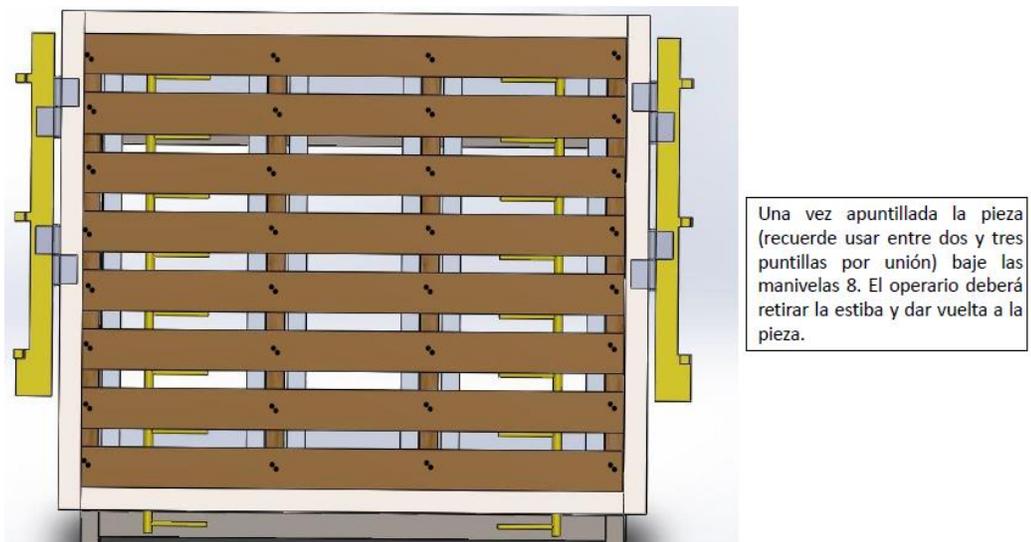
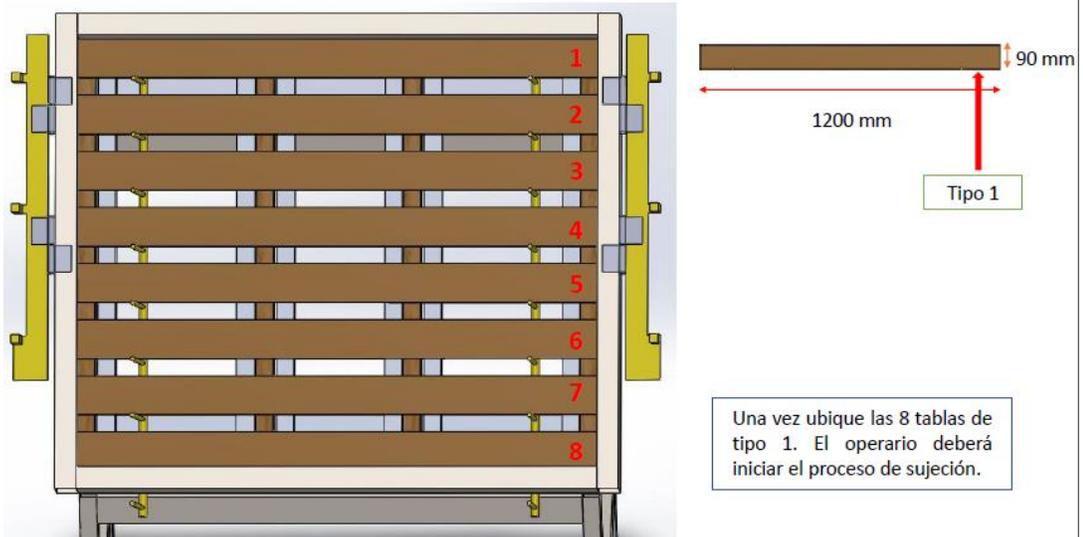
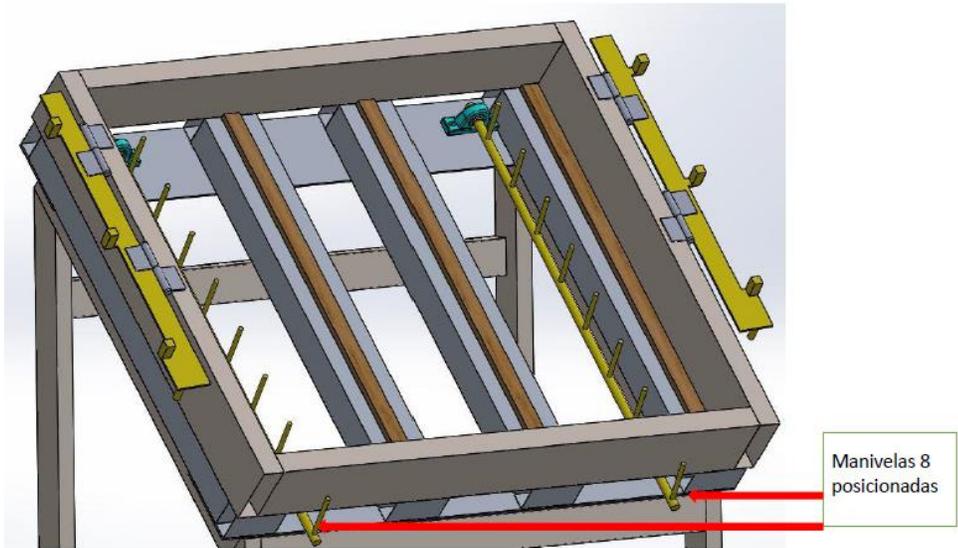


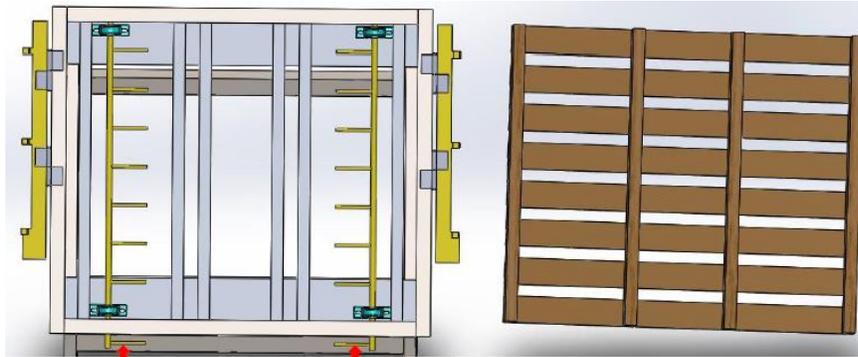
## Posición inicial de las manivelas



Inicialmente, se pondrán las piezas de madera de tipo 3 (según la ficha técnica proporcionada) sujetadas a las bases, las cuales cuentan con un error posible en la fabricación de la tabla de 10 mm.



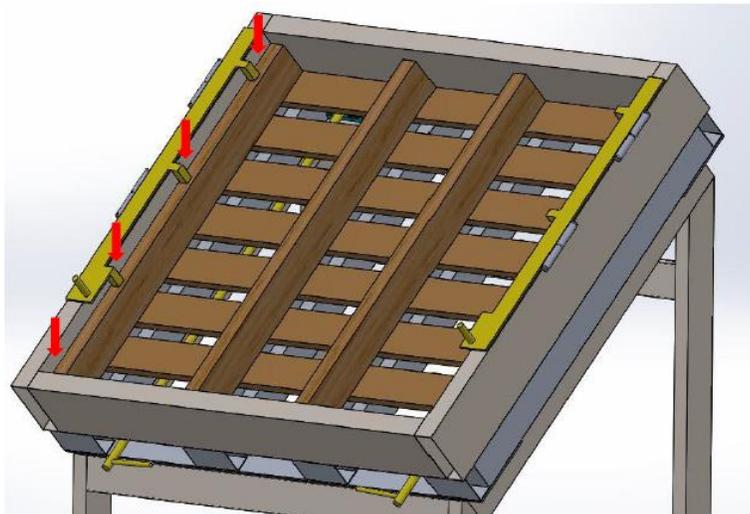




Revise que la manivelas de 4 se encuentre en su posición inicial, esto para evitar accidentes con el operario y la pieza.



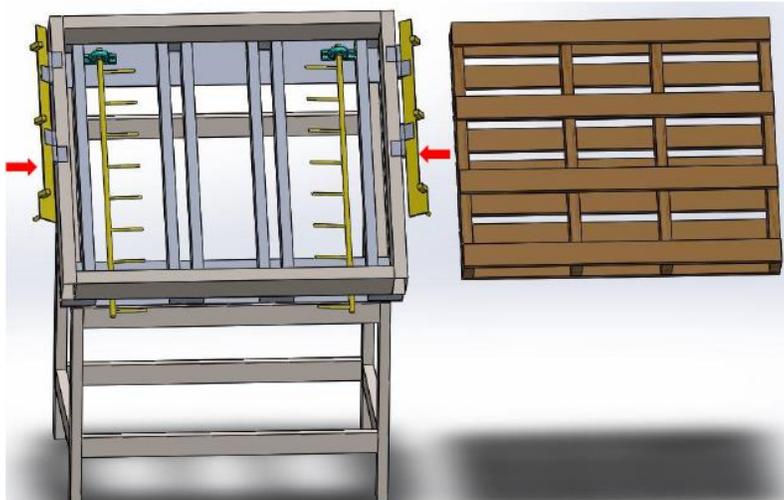
Una vez insertada la pieza. Baje ambas manivelas 4



Una vez posicionadas las manivelas 4, inserte las 4 tablas restantes, teniendo como referencias los apoyos amarillos



Una vez instaladas las 4 tablas tipo 1 sobre los apoyos, apuntille nuevamente cada una de las uniones de la estiba.



Finalizada esta operación, solo suba las manivelas 4 y retire la pieza.

Recuerde que la pieza puede estar pesando cerca de los 5 kg y los 10 kg, dependiendo del tipo de madera a usar para la fabricación de la estiba. No la tome con una sola mano

## Producto final

