

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un tablero de control para el manejo de indicadores de calidad
en una empresa maderera

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Aldo Alexander Mero Paredes

Karen Lisette Velastegui Villota

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a nuestras familias por el apoyo brindado durante todo este tiempo, a nuestros amigos por ser soporte y ayuda siempre, aún cuando pensábamos desfallecer ellos siempre estuvieron ahí dándonos una mano amiga sin esperar nada a cambio.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias al universo por permitirme experimentar la vida día a día, a mis padres y familiares que fueron un pilar importante en mi formación como persona y profesional.

También quiero extender mi agradecimiento a todos esos amigos que me acompañaron durante todas las fases de mi etapa universitaria, gracias por la compañía, las arduas horas de estudio, los momentos de alegría, tensión y aquellos momentos más amargos que llegué a experimentar, gracias por estar siempre ahí. A Ariel, por brindarme el apoyo, la paciencia, la motivación día a día y hacerme dar cuenta de que estudiar esta carrera es la mejor decisión que pude haber tomado, gracias por todo.

Agradezco a mi compañera de tesis Karen, por su dedicación y pasión en el desarrollo de este proyecto. A nuestros profesores y tutores, gracias por las sabidurías compartidas, tanto académicas, como de vida. Sinceramente, a todos, muchas gracias.

Aldo Alexander Mero Paredes

AGRADECIMIENTOS

Le quiero dar primero gracias a Dios por haber estado siempre junto a mí en todo momento, a mis padres mis pilares esenciales, mi motor y fundamento, a mis hermanos porque siempre me motivaban y alentaban a no desfallecer, a mi familia en general.

También quiero agradecer de manera muy especial a los amigos que me dio la universidad porque cuando me tocó trabajar y estudiar nunca dudaron en ayudarme. También quiero darle las gracias a Joselo por estos cinco años de amistad, de paciencia, de aprendizaje, porque nunca dudaste en ayudarme o aconsejarme.

Quiero agradecer también a mi compañero de tesis Aldo, por su dedicación y entrega al proyecto, gracias por todo. A nuestros queridos profesores de la carrera, tutores porque a través de sus enseñanzas y consejos estoy a punto de cumplir el sueño más grande de mi vida. Para todos, muchas gracias.

Karen Lisette Velastegui Villota

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Aldo Alexander Mero Paredes y Karen Lisette Velastegui Villota damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Aldo Alexander Mero Paredes
Autor 1



Karen Lisette Velastegui Villota
Autor 2

EVALUADORES



Firmado digitalmente por:
**JORGE
FERNANDO ABAD
MORAN**

A handwritten signature in blue ink, positioned above a horizontal line.

Jorge Abad M., Ph.D.
PROFESOR DE LA MATERIA

Kleber Barcia V., Ph.D.
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto fue desarrollado en una compañía procesadora de componentes de madera ubicada en el cantón Quevedo en la provincia de Los Ríos. El objetivo de este proyecto es el diseño de un dashboard o tablero de control para la gestión de indicadores de calidad para el proceso de producción de componentes de madera.

La metodología usada en el desarrollo de este proyecto fue Design for Six Sigma, la cual contó con seis fases que fueron: Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Prototipar. En la etapa de Definir se recolectaron las necesidades del cliente mediante una Voz del Cliente y se procedió a realizar una Casa de Calidad para la obtención de los principales requerimientos de diseño. En Medir se realizó un plan de recolección de datos en donde se obtuvieron los parámetros para cada punto de control de calidad del proceso, en Análisis se propusieron los diversos escenarios y se realizó un análisis financiero para visualizar cuál era el ganador siendo éste el dashboard creado mediante Excel Online, Power Automate y Power BI. Para la etapa de Diseño se presentó la interfaz del dashboard en Power BI, el flujo utilizado en Power Automate y la base de datos en Excel Online que fue alimentada por los formularios creados en Microsoft Forms.

Los resultados obtenidos en la implementación de este proyecto fueron la reducción del 77.5% de costos asociados a la subcontratación de una empresa para la creación del dashboard, la disminución de costo asociado a la impresión de hojas destinadas al proceso de control de calidad en un 100% y la reducción del tiempo de creación de informes de calidad de un 99.9%.

Después de haber implementado el dashboard y haber visualizado sus mejoras se concluye que se logra cumplir con los requerimientos del diseño y se consigue eliminar las restricciones.

Palabras Clave: dashboard, cartas de control estadístico, Design for Six Sigma, base de datos.

ABSTRACT

This project was developed in a wood compounds processing company located in Quevedo, Los Ríos. The objective of this project was the design of a dashboard for the management of quality indicators for the production process of wooden components.

The methodology used in the development of this project was Design for Six Sigma, which had six phases that were: Define, Measure, Analyze, Design and Prototype. In the Define stage, the needs of the clients were collected through a "Voice Customer" and a "Quality House" was carried out to obtain the main design requirements. In Measure, a data collection plan was made to identify the parameters for each quality control point of the process, in Analysis the different scenarios were proposed and through a financial analysis the best scenario was chosen, this being the dashboard created by Excel Online, Power Automate, and Power BI. For the Design stage, the dashboard interface was presented in Power BI, the flow used in Power Automate and the database in Excel Online that was fed by the forms created in Microsoft Forms.

The results obtained in the implementation of this project were a 77.5% reduction in costs associated with subcontracting a company to create the dashboard, a decrease in the cost associated with the printing of sheets for the quality control process by 100% and reduced quality reporting time by 99.9%.

After implemented the dashboard and visualized its improvements, it is concluded that the design requirements will be met, and the restrictions will be removed.

Keywords: *dashboard, statistical control charts, Six Sigma design, database.*

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---------------------------------------------------------|-----|
| RESUMEN..... | I |
| ABSTRACT | II |
| ÍNDICE GENERAL | III |
| ABREVIATURAS..... | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | VII |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Descripción del problema | 1 |
| 1.2 Justificación del problema | 4 |
| 1.3 Objetivos | 5 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 5 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 5 |
| 1.4 Marco teórico..... | 5 |
| 1.4.1 Six sigma | 5 |
| 1.4.2 Design for six sigma..... | 6 |
| 1.4.3 Business intelligence..... | 9 |
| 1.4.4 Power BI | 10 |
| 1.4.5 Control de calidad | 10 |
| 1.4.6 Cartas de control..... | 10 |
| 1.4.7 Cartas de Control para Medidas Individuales | 11 |
| 1.4.8 Power Automate..... | 11 |
| 1.4.9 Dashboard | 11 |
| 1.4.10 KPI | 11 |
| CAPÍTULO 2..... | 12 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2. Metodología..... | 12 |
| 2.1 Definición..... | 12 |
| 2.1.1 VOC | 12 |
| 2.1.2 QFD..... | 13 |
| 2.2 Medición..... | 17 |
| 2.2.1 Plan de recolección de datos | 17 |
| 2.2.2 Confiabilidad de los datos | 19 |
| 2.3 Análisis..... | 21 |
| 2.3.1 Situación Actual | 21 |
| 2.3.2 Modelo de Negocio | 21 |
| 2.3.3 Diseño del Proyecto con Microsoft Excel (Macros) y Power BI..... | 22 |
| 2.3.4 Diseño del Proyecto con Excel Online + Power Automate + Power BI | 22 |
| 2.3.5 Selección del mejor escenario | 23 |
| CAPÍTULO 3..... | 24 |
| 3. Diseño y prototipo..... | 24 |
| 3.1 Diseño | 24 |
| 3.1.1 Plan de Diseño..... | 24 |
| 3.1.2 Plan de Implementación..... | 26 |
| 3.1.3 Plan de Control | 28 |
| 3.2 Prototipo..... | 28 |
| CAPÍTULO 4..... | 31 |
| 4. Conclusiones y recomendaciones | 31 |
| 4.1 Conclusiones..... | 31 |
| 4.2 Recomendaciones..... | 32 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | |

ABREVIATURAS

TICs Tecnologías de la Información y Comunicación

DFSS Design for Six Sigma

VOC Voice of Customer

LES Límite de Especificación Superior

LEI Límite de Especificación Inferior

LCS Límite de Control Superior

LCI Límite de Control Inferior

QFD Quality Function Deployment

KPI Key Performance Indicator

BMC Business Model Canvas

TIR Tasa Interna de Retorno

TMAR Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 Estructura de la Casa de Calidad (Goetsch. D, 1996)..... | 8 |
| Figura 2.1 Casa de Calidad [Elaboración Propia]..... | 14 |
| Figura 2.2 Diagrama de Pareto [Elaboración Propia] | 16 |
| Figura 2.3 Diagrama de caja de datos de QC1 [Elaboración Propia] | 20 |
| Figura 2.4 Diagrama de caja de datos QC5 [Elaboración propia]..... | 20 |
| Figura 3.1 Serie de tiempo [Elaboración Propia] | 27 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.1 Puntos de control de calidad. [Elaboración propia]..... | 3 |
| Tabla 2.1 Plan de recolección de datos [Elaboración Propia] | 18 |
| Tabla 2.2 Plan de recolección de datos [Elaboración Propia] | 19 |

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el concepto de calidad ha evolucionado, desde estar ligado a controles visuales y sensoriales, hasta llegar a herramientas de control estadístico. En la actualidad se aplica mucho el concepto de “Gestión de la Calidad Total”, el cual se define como “el involucramiento de toda la organización desde la alta dirección hasta los niveles operativos para obtener productos con la mínima cantidad de defectos, logrando así satisfacer las necesidades del cliente y de todas las partes interesadas” (Tummala, 1996).

Actualmente a nivel global, para mejorar la calidad de sus procesos, muchas empresas han implementado o presentan la necesidad de implementar tecnologías de la información y comunicación (*TICs*) con el fin de almacenar, procesar y compartir sus datos a través de múltiples plataformas logrando así optimizar sus operaciones y flujos de información. Respecto a esta necesidad surge el concepto de Inteligencia Empresarial (*Businnes Inteligence*), el cual se fundamenta en la toma de decisiones estratégicas para gestionar las operaciones de una empresa de manera ágil y efectiva.

Un punto importante en el mencionado proceso de toma de decisiones es la visualización de indicadores claves de desempeño de una organización en tiempo real, mediante el uso de tableros de control (*Dashboards*), estos pueden ser aplicados en cualquier área o proceso de la empresa. La principal utilidad de la implementación de esta tecnología es disponer de una gran cantidad de información en un solo lugar y analizarla en el menor tiempo posible, de esa manera se detectan factores o se crean nuevas estrategias para mejorar el rendimiento del entorno que se está analizando. Estas bondades forman parte de los beneficios que serán implementados en la empresa.

1.1 Descripción del problema

La empresa en dónde se desarrolla este proyecto se dedica principalmente a la plantación, cosecha, industrialización y exportación de productos elaborados a partir de

madera. Para el desarrollo de dichas actividades la empresa posee un patrimonio forestal de alrededor de 10 900 hectáreas de plantaciones, las cuales se encuentran repartidas en 300 haciendas ubicadas en diferentes provincias del país. Además, cuenta con una infraestructura de cuatro plantas para el procesamiento de madera. La sede principal se encuentra ubicada en Quevedo, provincia de Los Ríos.

Uno de los productos que ofrece la empresa son piezas de madera de diferentes acabados y dimensiones, estos componentes son utilizados en la creación de equipos industriales. Dicho producto está sujeto al siguiente procedimiento:

1. Ingresan los paneles de madera provenientes de un proceso anterior.
2. El operador decide el tipo de procesamiento que debe seguir ese lote de paneles. Los paneles pueden dirigirse a una Operación II o a la célula de manufactura de procesamiento manual.
3. Si la pieza se dirige a la Operación II es procesada de la siguiente manera:
 - En la primera etapa se pegan los paneles (cinco paneles).
 - Luego, pasan por la operación de “Corte I”, en donde los paneles son cortados de acuerdo con las especificaciones de diseño dadas por planos de las piezas, y se lleva a cabo un control visual para identificar si existen o no, no conformidades con la tela que recubre total o parcialmente los paneles.
 - Posteriormente, pasan por la operación de “Corte II”. En esta parte del proceso, el ángulo de corte depende de la pieza con la que estén trabajando. La especificación será dada por el plano.
 - Luego, cierto porcentaje de piezas que salen de la operación “Corte II” se dirigen a la operación “Corte III” donde se realizan cortes con ángulos más variados que en las operaciones previas. El otro porcentaje pasa directamente a la operación de “Empaque”.
4. En la operación “Empaque” se encuentran las piezas que se realizaron manualmente en la célula de manufactura y las piezas obtenidas en el “Corte III” o “Corte II”.

Es importante mencionar que existe un punto de control de calidad al final de las seis primeras operaciones del proceso, dicho control es realizado por el operario de turno

y consiste en medir parámetros de calidad de la pieza según corresponda. En la Tabla 1.1 se observan las operaciones.

Tabla 1.1 Puntos de control de calidad. [Elaboración propia]

| Puntos de Control de Calidad | | |
|------------------------------|----------------------|-------------------------|
| # | Operación | Parámetros |
| 1 | Recepción | Espesor |
| | | Humedad |
| 2 | Procesamiento Manual | Espesor |
| | | Ancho de Pieza |
| | | Longitud Izquierda |
| | | Longitud Derecha |
| 3 | Operación II | Espesor |
| | | Longitud |
| | | Ancho Inicial |
| | | Ancho Final |
| | | Abertura entre paneles |
| | | Estado de Tela |
| 4 | Corte I | Longitud |
| | | Homogeneidad |
| | | Ángulo Teórico |
| | | Número de Ranuras |
| | | Distancia entre Ranuras |
| | | Ancho |
| | | Profundidad de Ranuras |
| 5 | Corte II | Espesor de Chamfro |
| | | Ángulo de Corte |
| | | Transición |
| | | Corte en V |
| 6 | Corte III | Ancho |
| | | Chamfro |
| | | Transición |

Después que el operario toma las medidas correspondientes, éstas deben ser anotadas en bitácoras. El criterio para llenar la bitácora es anotar la información de cinco productos cada media hora.

También se debe mencionar que la información recopilada de los puntos de control no consta en la base de datos de la empresa, debido a que el proceso mantiene únicamente registros físicos que solo son archivados, los cuales no siguen algún tipo de análisis que resulten en indicadores que midan la calidad del producto y del proceso.

En función a lo mencionado, la oportunidad de mejora de este proyecto se basa en:

“Diseño de un dashboard para la gestión de los indicadores de calidad en un proceso productivo de una empresa de componentes de madera, para generar informes de Calidad utilizando la información real del proceso.”

Además, cabe mencionar que la solución propuesta se rige bajo dos tipos de restricciones, respecto al Dashboard y al proyecto. Las restricciones respecto al Dashboard son: Tener compatibilidad con el sistema operativo utilizado actualmente por las tablets de la compañía y compatibilidad con los sistemas de base de datos utilizados por la empresa.

1.2 Justificación del problema

La implementación de este proyecto permite mejorar el proceso de control de calidad actual de la empresa, también muestra información real de los procesos que se están implementando en la producción de piezas de madera. Además, logra gestionar de manera eficiente el flujo de información procedente del proceso de producción de piezas de madera. Al mostrar un control visual mediante el dashboard, se pueden observar las fallas que aparecen durante la jornada de producción, permitiendo tomar acciones preventivas o correctivas de manera oportuna.

Se debe agregar también, que otros beneficios de la implementación del dashboard, se pueden observar en tres aspectos claves: económico, social y ambiental.

En el aspecto económico se busca lograr un ahorro anual en costos asociados a la subcontratación de una empresa que brinda servicios de creación de interfaz de Dashboards.

En el aspecto ambiental, se desea conseguir una reducción del uso de papel utilizado en impresión de hojas de parámetros de control de calidad.

Mientras que en el aspecto social se propone reducir el tiempo dedicado a la creación de informes de calidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un dashboard para la gestión de indicadores de calidad que mejore el proceso de producción de componentes de madera.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer especificaciones de diseño apropiadas para el desarrollo del dashboard de acuerdo con las necesidades de la empresa.
- Digitalizar la información generada en las operaciones del proceso de control de calidad para la creación de una base de datos vinculada al dashboard.
- Diseñar indicadores de calidad que midan el rendimiento del proceso de control de calidad de la producción de componentes de madera.

1.4 Marco teórico

Para lograr una mejor comprensión lectora del proyecto, se detallan los conceptos de las herramientas y metodologías utilizadas a continuación:

1.4.1 Six sigma

El término “Six-Sigma” es una metodología rigurosa y disciplinada aplicada para la definición, medición, análisis, mejora y control de procesos. El objetivo fundamental detrás de esta filosofía es eliminar las fallas o defectos de un producto o servicio, mediante la reducción de la variación de sus procesos (Hoerl, 1998).

Una clave para el éxito de la implementación de un programa Six-Sigma es la utilización de todas las etapas de la metodología. La fase de definición implica establecer el problema a resolver, junto a las características de calidad que tengan mayor impacto para los clientes. En la fase de medición, se reúnen los datos preliminares para evaluar el rendimiento y la capacidad del proceso actual. En la fase de análisis, se deben analizar las causas raíz de los defectos o errores (las X o las variables de entrada). En la fase de

mejora, se busca reducir la tasa de defectos en el proceso, usando herramientas y técnicas estadísticas simples pero efectivas. Para algunos procesos, se pueden requerir varias rondas de mejora para lograr el rendimiento o la capacidad deseados. En la fase de control se prioriza mantener la mejora implementada (Banuelas, 2002).

1.4.2 Design for six sigma

Dentro de la metodología de mejora continua “Six Sigma” se encuentra una herramienta enfocada en el desarrollo de nuevos procesos, productos o servicios. Esta herramienta metodológica llamada Design For Six Sigma (DFSS) tiene como objetivo realizar un diseño correcto desde el inicio de su desarrollo para mitigar o eliminar errores que puedan aparecer a través del tiempo. Dentro del entorno de Six Sigma, DFSS busca minimizar el nivel de vulnerabilidades de diseño que puedan afectar directamente a la calidad del proceso, producto o servicio que se está desarrollando (Yang, 2003).

Las vulnerabilidades de diseño pueden ser:

- Conceptuales, provocadas por fallas de principios de diseño.
- Operativas, las cuales aparecen por fallas en el uso.

DFSS es una herramienta que no posee etapas predefinidas como DMAIC, sino que tiene alrededor de once metodologías ya propuestas, las cuales persiguen un mismo objetivo que es crear un proceso, producto o servicio desde cero logrando satisfacer todos los requerimientos del cliente. Las diferentes metodologías son: DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Verificar), IDOV (Identificar, Diseñar, Optimizar, Validar), DCCDI (Definir, Cliente, Concepto, Diseño, Implementación), entre otras.

La metodología DMADV se considera factible de implementar cuando se tiene un proceso, producto o servicio inexistente que necesita ser desarrollado o a su vez desea alcanzar el nivel Six Sigma deseado.

Para este proyecto, se decide utilizar la metodología DMADV debido a que se tiene como objetivo diseñar un dashboard desde cero, en el cual se analizan datos, se identifican requerimientos a tiempo y se logra un análisis específico de los datos. En etapas posteriores se va a realizar un prototipado, el cual va a permitir verificar el

cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio del proyecto. Las etapas de DMADV se detallan a continuación:

- **Definir:** en esta etapa se establece la oportunidad de mejora del proyecto, los objetivos a los cuales se quiere llegar, se levantan las necesidades del cliente y se proponen las especificaciones de diseño. Las principales herramientas utilizadas en esta etapa son:

- **La voz del cliente**

La Voz del Cliente (VOC) es una técnica utilizada para el desarrollo de productos, servicios o soluciones que se originan de un conjunto detallado de deseos y necesidades de los clientes, que se organizan en una estructura jerárquica y luego se priorizan en términos de importancia relativa y satisfacción con las alternativas actuales. El proceso de VOC proporciona una comprensión detallada de los requisitos del cliente y entradas clave para el establecimiento de especificaciones de diseño apropiadas para el nuevo producto o servicio (Gaskin, 2010).

Los estudios de VOC generalmente consisten en captar aspectos cualitativos y cuantitativos de la solución a desarrollar, mediante una investigación de mercado. Es fundamental que el equipo central de desarrollo esté muy estrechamente involucrado en este proceso. Deben ser quienes lideren la definición del tema, el diseño de la muestra (es decir, los tipos de clientes que se incluirán), la conducción de las entrevistas, y extracción y procesamiento de necesidades. Solo al estar muy involucrado, el equipo puede tomar decisiones efectivas para diseñar del producto o solución (Griffin & Houser, 1993).

- **QFD**

Quality Function Deployment (QFD) o Casa de Calidad, es un método que relaciona las necesidades adquiridas en la voz del cliente y las especificaciones de diseño propuestas para el producto o servicio. Uno de sus beneficios es conocer las diversas variables que tiene un proyecto y saber de manera más detallada los requerimientos del cliente. El QFD otorga resultados que ayudan a la organización de manera preventiva a tomar decisiones respecto al diseño de un producto, evitando pérdidas de tiempo, recursos y capital (Olaya, 2005).



Figura 1.1 Estructura de la Casa de Calidad (Goetsch, D, 1996)

Los pasos para realizar la Casa de Calidad se detallan a continuación:

1. Se detallan las necesidades que se obtuvieron en la Voz del Cliente (VOC).
2. Se le solicita al cliente que proceda a colocar el nivel de importancia frente a cada necesidad del 1 al 5, siendo 1 menos importante y 5 más importante.
3. Por cada necesidad del cliente se coloca una o varias especificaciones de diseño del producto o servicio que se va a desarrollar.
4. El cliente procede a establecer una correlación entre cada necesidad y especificación de diseño. Los valores que puede asignar son de 1, 3 y 9; siendo 1 de baja relación, 3 de media relación y 9 de alta relación.
5. Este punto no es obligatorio implementarlo en la Casa de Calidad, pero si se cuenta con información de los competidores directos para la empresa, se procede a realizar una comparación con ellos respecto a sus requerimientos.
6. Se procede a realizar una suma y luego una multiplicación entre los requerimientos del cliente y el nivel de importancia.
7. Se coloca la puntuación que se obtiene de la correlación entre las necesidades y especificaciones de diseño.

Luego de esto, se puede verificar cuáles especificaciones de diseño fueron más valoradas por el cliente.

- **Medir:** en esta etapa se proceden a recolectar todos los datos que serán utilizados en la siguiente fase. Se realiza un análisis de cómo está actualmente el proceso y se verifican las variables que intervienen en él. Luego de obtener los datos se debe realizar un análisis de confiabilidad de ésta realizando Gemba o un análisis estadístico.
 - **Plan de recolección de datos:** tiene como objetivo crear una matriz con las variables que afectan directamente al proceso productivo. En esta matriz también se registra la unidad de medición de dichas variables, el tipo de datos si es cuantitativo o cualitativo, se detalla dónde, cuándo, cómo, por qué se realiza y quién es el responsable de medir esa variable. Este plan tendrá las variables que intervendrán en los indicadores de calidad que posteriormente van a ser creados.
 - **Gemba:** es un término japonés que se define como “Lugar real donde las cosas ocurren”. Al realizar Gemba se observa cómo se lleva a cabo el proceso, cuáles son las actividades que realizan los operadores y al hacerlo se van a encontrar hallazgos que ayuden a mejorar de manera significativa el proceso productivo.
- **Analizar:** se procede a analizar las diversas alternativas de diseño mediante técnicas y realizando un análisis financiero para elegir la opción más adecuada para el cliente.
- **Diseñar:** se propone el diseño que logre satisfacer todos los requerimientos del cliente con la ayuda de una herramienta de diseño.
- **Verificar:** en la última etapa se realiza una prueba piloto para validar el correcto funcionamiento del proyecto y comprobar el cumplimiento de las especificaciones dadas por el cliente.

1.4.3 Business intelligence

Se define como Inteligencia de Negocios (*Business intelligence*) al conjunto de herramientas, técnicas y estrategias que brindan soporte a las organizaciones en la toma de decisiones. La Inteligencia de Negocios permite relacionar los sistemas de

información de una organización, con la innovación de sus procesos, productos o servicios y desarrollo de sus procedimientos (Ahumada, 2016).

1.4.4 Power BI

Es una herramienta utilizada dentro del marco de Inteligencia de Negocios (*Business Intelligence*) propuesta por Microsoft, la cual permite analizar y vincular una gran cantidad de datos para posteriormente ser presentados de forma visual a través de gráficos, diagramas, etc., permitiendo a las organizaciones tomar correctas decisiones (Microsoft Azure, 2020).

1.4.5 Control de calidad

Se define como “un control sistemático que mediante la gestión de variables del proceso afectan la bondad del producto final”. Es una técnica de gestión que permite verificar el cumplimiento de las especificaciones del producto dadas por el cliente. Busca minimizar la cantidad de defectos que se puedan presentar en el proceso para tomar decisiones de manera rápida y oportuna. Las herramientas que se sirven para verificar que un proceso está bajo control estadístico es el análisis de capacidad o las cartas de control. (Pulido, 2009)

1.4.6 Cartas de control

Son gráficas que permiten observar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Tienen como función principal controlar, verificar si un proceso es estable o no y permiten observar la variación de este debido a causas comunes o especiales.

Poseen una línea central, la cual representa la media del proceso que se va a analizar, un límite de especificación superior (LES) y un límite de especificación inferior (LEI) así como un límite de control superior (LCS) y límite de control inferior (LCI). Al realizar la comparación de los datos actuales con los límites de especificación se puede identificar si el proceso está bajo control o fuera de control estadístico, permitiendo tomar decisiones a tiempo (Tague, 2005).

1.4.7 Cartas de Control para Medidas Individuales

Las cartas de control para medidas individuales se las utiliza cuando la cantidad de muestras tomadas es igual a uno. Es decir, cuando la tasa de producción es muy baja y, por lo tanto, no es factible tomar muestras mayores a uno. También cuando las mediciones son repetitivas difiriendo sólo en el análisis. (García, 2011)

1.4.8 Power Automate

Microsoft Flow actualmente conocido como Power Automate es una herramienta que permite crear flujos de trabajo enlazando varias aplicaciones o programas mediante conectores diseñados previamente, logrando una reducción de tiempo en la ejecución de las tareas desarrolladas por una organización. (Sánchez, Bitec, 2019)

1.4.9 Dashboard

Un Tablero de Control (*Dashboard*) es una herramienta de gestión estratégica que permite visualizar la información requerida por la organización para el cumplimiento de sus objetivos. El Dashboard permite consolidar y organizar la información de una manera visual, la cual permite ser monitoreada, ayudando así a la toma de decisiones a nivel gerencial y de mandos medios (Few, 2007).

1.4.10 KPI

El Indicador Clave de Desempeño (*Key Performance Indicator*) o KPI es una medida que valora el comportamiento de una empresa respecto a su visión estratégica. Un KPI sigue los objetivos SMART (Específico, Medible, Alcanzable, Relevante y Acotado en el tiempo). Las características que debe tener un KPI son capacidad de análisis negativa, buena estructura y correcta redacción, permitiendo actualizar y lograr una mejora continua en el proceso en el cual es aplicado (Warren, 2009).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

Para la primera fase del proyecto, se procedió a realizar diversas reuniones con los principales clientes del proyecto, en las cuales se logró esclarecer la situación actual de la empresa, específicamente de las actividades que se llevan a cabo en el área de producción de piezas de madera, misma en donde se está desarrollando el proyecto. También se logró identificar las necesidades, requerimientos y especificaciones de diseño respecto al desarrollo del dashboard. Adicionalmente, se discutieron los beneficios que obtiene la empresa, consecuentes de la implementación de este proyecto, en el corto y largo plazo.

2.1.1 VOC

Para identificar los requerimientos del cliente, se procedió a realizar una reunión con el Gerente y Auditora de Calidad, Gerente y Supervisor de Producción y la Gerente y Jefe de Proyectos de la compañía. Se empleó como herramienta de recolección de necesidades una lluvia de ideas. Las ideas que surgieron en la reunión son detalladas a continuación:

- Obtener gráficos de control para su proceso productivo.
- Que el dashboard sea fácil de usar, ya que los proyectos de digitalización realizados previamente han sido rechazados por parte de sus operadores.
- Actualmente no cuentan con una base de datos digital, solamente registran la información pertinente en las bitácoras de cada punto de control.
- No cuentan con indicadores de calidad en el proceso.
- Requieren pronosticar problemas en la línea de producción para tomar decisiones correctas.
- Las bitácoras que llenan actualmente en el proceso son solamente almacenadas, no son utilizadas para crear informes de calidad.

- Las bitácoras tienden a traslaparse con otros documentos.
- Actualmente, para realizar informes de calidad solicitados por sus clientes, ellos utilizan información del proceso previo al proceso de producción de piezas de madera, por esa razón les gustaría crear informes con información real del proceso.

Posterior al VOC, se tradujeron todas las necesidades en siete requerimientos del cliente, detallados a continuación:

- Consolidar una base de datos con los controles de calidad del proceso.
- Dar valor a la información recopilada y archivada desde los puntos de control de calidad del proceso.
- Definir indicadores de calidad para el proceso a través del dashboard.
- Digitalizar registros de control de calidad.
- Asegúrese de que el tablero sea fácil de usar.
- Mostrar gráficos de control para cada punto de control de calidad del proceso.
- Pronosticar la variabilidad.

2.1.2 QFD

La Casa de Calidad o QFD se realizó partiendo de las necesidades recopiladas en la Voz del Cliente a las cuales se les asignaron varios requerimientos de diseño. Para recolectar esta información se hizo uso de una encuesta la cual fue llenada por los clientes. Posteriormente, se recopiló toda la información y se trabajó con la moda de las respuestas obtenidas.

Los requerimientos de diseño propuestos para el dashboard fueron los siguientes:

- Convertir los datos recopilados de los puntos de control de calidad en controles estadísticos.
- Mostrar indicadores financieros relacionados con costos de productos no conformes.
- Generar informes de estado del proceso en cualquier momento.
- Detectar puntos fuera de control estadístico en el proceso.
- Filtrar informes de calidad por pedido de cliente.

- Registrar el uso del dashboard por identificación de usuario.
- Segmentar la información por niveles (supervisor y gerente).
- Incorporar una herramienta de ayuda a través de una aplicación de mensajería instantánea.
- Tener compatibilidad en multidispositivos.
- Poseer la capacidad para agregar funciones de control sin la necesidad de un experto.
- Mostrar porcentaje de cumplimiento de las especificaciones del producto, utilizando indicadores.
- Mostrar el porcentaje de producto no utilizado (partes cortadas de un panel), para aumentar los indicadores futuros.

La Figura 2.1 muestra la Casa de Calidad en donde se pueden observar los requerimientos del cliente y los requerimientos de diseño propuestos

| | | 39 | 28 | 41 | 36 | 26 | 14 | 24 | 25 | 27 | 28 | 27 | 23 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| <p style="text-align: center;">→</p> <p style="text-align: center;">REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</p> <hr/> <p style="text-align: center;">REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE</p> <p style="text-align: center;">↓</p> | | IMPORTANCIA DEL CLIENTE | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1 | Consolidar una base de datos con los controles de calidad del proceso. | 4 | 9 | 3 | 9 | 9 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 9 | 3 |
| 2 | Dar valor a la información recopilada y archivada desde los puntos de control de calidad del proceso. | 4 | 9 | 3 | 9 | 9 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 9 | 9 |
| 3 | Definir indicadores de calidad para el proceso a través del panel de control. | 4 | 9 | 3 | 9 | 9 | 3 | 1 | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 |
| 4 | Digitalizar registros de control de calidad. | 3 | 9 | 3 | 3 | 9 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 9 | 3 |
| 5 | Asegúrese de que el tablero sea fácil de usar. | 5 | 3 | 1 | 9 | 9 | 1 | 1 | 3 | 9 | 9 | 1 | 3 | 3 |
| 6 | Mostrar gráficos de control para cada punto de control de calidad del proceso. | 5 | 9 | 3 | 9 | 9 | 1 | 1 | 3 | 9 | 3 | 1 | 9 | 9 |
| 7 | Pronosticar la variabilidad. | 5 | 9 | 3 | 9 | 9 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 9 | 3 |
| Importancia relativa de requerimientos de diseño. | | | 2,79 | 2,00 | 2,93 | 2,57 | 1,86 | 1,00 | 1,71 | 1,79 | 1,93 | 2,00 | 1,93 | 1,64 |
| Importancia absoluta de los requerimientos del cliente. | | | 240 | 80 | 252 | 270 | 46 | 36 | 90 | 134 | 128 | 54 | 240 | 144 |
| Importancia relativa de los requerimientos del cliente. | | | 6,67 | 2,22 | 7,00 | 7,50 | 1,28 | 1,00 | 2,50 | 3,72 | 3,56 | 1,50 | 6,67 | 4,00 |
| Evaluación absoluta del cliente. | | | 668,57 | 160 | 738 | 694,3 | 85,43 | 36 | 154,3 | 239,3 | 246,9 | 108 | 462,9 | 236,57 |
| Evaluación relativa del cliente. | | | 18,57 | 4,44 | 20,5 | 19,29 | 2,37 | 1 | 4,29 | 6,65 | 6,86 | 3 | 12,86 | 6,57 |

Figura 2.1 Casa de Calidad [Elaboración Propia]

Para una mejor comprensión, se detallan los pasos a seguir en el llenado de la Casa de Calidad:

1. Se coloca la valoración del nivel de importancia frente a cada requerimiento del cliente, los valores asignados fueron del 1 al 5, siendo 1 de baja importancia y 5 de alta importancia.
2. Se procede a valorar la correlación existente entre cada requerimiento del cliente y del diseño. Los valores asignados son: 1, 3 y 9. Siendo 1 de baja relación, 3 de media relación y 9 de alta relación. Por ejemplo, para el primer requerimiento del cliente que es "Consolidar una base de datos con los controles de Calidad del proceso" y del diseño, que es "Convertir los datos recopilados de los puntos de control de calidad en controles estadísticos", la relación obtenida fue 9. Es decir que para el cliente la relación entre ambas es alta.
3. En el techo de la Casa de Calidad se coloca la valoración obtenida entre los requerimientos de diseño.
4. Luego se procede a sumar las relaciones existentes entre los requerimientos de diseño, por ejemplo, para el primer requerimiento de diseño su valor total es 39.
5. Posteriormente, se halla el valor relativo dividiendo el valor obtenido por el menor de todos, para el primero sería 39 dividido para 14, cuyo resultado es 2,79.
6. Para encontrar la importancia absoluta de los requerimientos del cliente, se procede a realizar una suma producto entre la importancia del cliente y los requerimientos de diseño. Para el primer requerimiento de diseño el valor obtenido es 240.
7. En cambio, para encontrar la importancia relativa de los requerimientos del cliente, se procede a dividir el valor obtenido en la importancia absoluta para el menor de todos los valores. Para el primer requerimiento de diseño sería 240 dividido para 36 dio como resultado 6,67.
8. Para encontrar la evaluación absoluta del cliente se procede a multiplicar la importancia absoluta del requerimiento del cliente por la importancia del requerimiento de diseño. Para el primer requerimiento de diseño sería 240 multiplicado por 2,79 dio como resultado 668,57.
9. Luego, se procede a encontrar la evaluación relativa del cliente dividiendo la evaluación absoluta del cliente para su mínimo valor. Para el primer requerimiento

de diseño sería 668,6 dividido para 36, obteniendo como resultado un valor de 18,57.

Al completar la Casa de Calidad, se procedió a realizar un Diagrama de Pareto mostrado en la Figura 2.2 para determinar los requerimientos de diseño más valorados por el cliente.

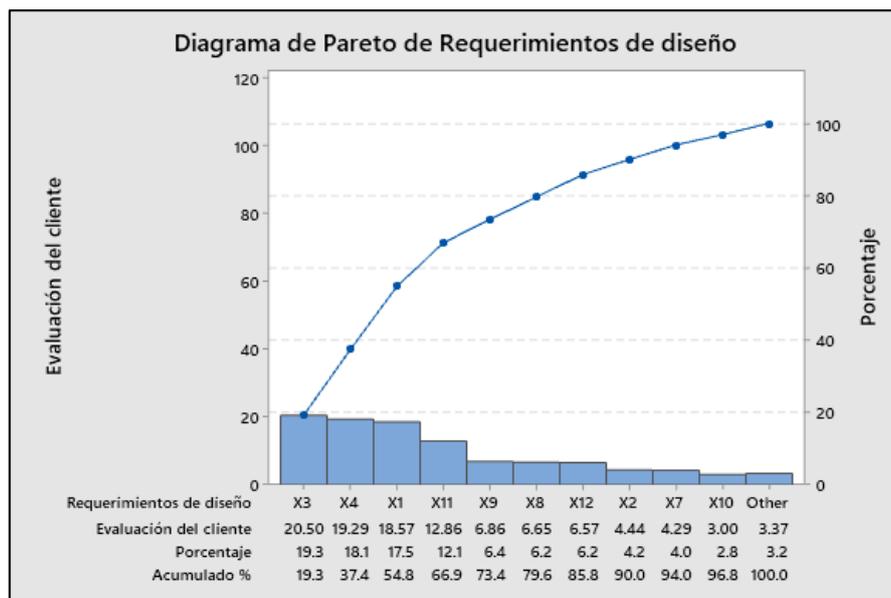


Figura 2.2 Diagrama de Pareto [Elaboración Propia]

Los requerimientos de diseño más valorados fueron:

- Generar informes de estado del proceso en cualquier momento.
- Detectar puntos fuera de control estadístico en el proceso.
- Convertir los datos recopilados de los puntos de control de calidad en controles estadísticos.
- Incorporar una herramienta de ayuda a través de una aplicación de mensajería instantánea.
- Tener compatibilidad en multidispositivos.
- Mostrar el porcentaje de cumplimiento con las especificaciones del producto, utilizando indicadores.

2.2 Medición

Luego de haber definido la oportunidad de mejora para la empresa, y haber establecido las especificaciones de diseño más deseadas por los clientes, se procedió a realizar un plan de recolección de datos y posteriormente un análisis de confiabilidad.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Para realizar el plan de recolección de datos se recopilamos todas las bitácoras de los seis puntos de control de calidad del proceso para determinar las variables pertenecientes a cada punto. A continuación, se detallan los pasos a seguir para la creación del plan:

1. Se dividió el plan de recolección de datos en las seis operaciones del proceso de producción (Recepción, Procesamiento Manual, Operación II, Corte I, Corte II y III).
2. Se colocaron las variables pertinentes de cada operación.
3. Se detallaron las unidades de medición de cada variable.
4. Se procedió a escribir el tipo de dato (Cuantitativo o cualitativo) que especifica también si es continuo o discreto.
5. Luego, en la columna “Dónde” se detalló el lugar donde fue realizada esa medición.
6. En la columna “Cuándo” se escribió cada cuánto tiempo fue tomada esa medición.
7. En la columna “Cómo” se detalló el modo en que fue tomada tal medición. En esta columna se especificaron los tipos de instrumentos de medición que fueron utilizados.
8. En la columna “Por qué” se escribió la razón principal de la toma de la medición. En la mayoría de las variables, la razón era la detección de no conformidades.
9. En la columna “Quién”, se detalló los operadores responsables de la toma de mediciones de cada variable.

En las tablas 2.1 y 2.2 se muestra el Plan de recolección de datos.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos [Elaboración Propia]

| N | ¿QUÉ? | | | ¿DÓNDE? | ¿CUÁNDO? | ¿CÓMO? | ¿POR QUÉ? | ¿QUIÉN? | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|---------|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------|
| | Variable | Unidad | Tipo | | | | | Turno 1 | Turno 2 |
| Recepción | | | | | | | | | |
| 1 | Espesor | Mm | Cuantitativa - Continua | QC1 | Cada media hora | Usando un calibrador vernier | Para identificar no conformidades | Operario diurno 1 | Operario nocturno 1 |
| 2 | Humedad | % | Cuantitativa - Continua | | | Usando un medidor de humedad | | | |
| Procesamiento Manual | | | | | | | | | |
| 3 | Espesor | Mm | Cuantitativa - Discreta | QC2 | Cada media hora | Usando un flexómetro | Para identificar no conformidades | Operario diurno 2 | Operario nocturno 2 |
| 4 | Ancho A | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | | | | |
| 5 | Longitud A | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | | | | |
| 6 | Ancho B | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | | | | |
| 7 | Longitud B | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | | | | |
| Operación II | | | | | | | | | |
| 8 | Espesor | Mm | Cuantitativa - Discreta | QC3 | Cada media hora | Usando un flexómetro | Para identificar no conformidades | Operario diurno 3 | Operario nocturno 3 |
| 9 | Longitud | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | Usando un flexómetro | | | |
| 10 | Abertura entre paneles | - | Cualitativa | | | Control Visual | | | |
| 11 | Estado de tela | - | Cualitativa | | | | | | |
| Corte I | | | | | | | | | |
| 12 | Longitud | Mm | Cuantitativa - Discreta | QC4 | Cada media hora | Usando un flexómetro | Para identificar no conformidades | Operario diurno 4 | Operario nocturno 4 |
| 13 | Homogeneidad | - | Cualitativa | | | Control Visual | | | |
| 14 | Grado teórico | ° | Cuantitativa - Discreta | | | Medidor de ángulo digital | | | |
| 15 | Cantidad de ranuras | Unidades | Cuantitativa - Discreta | | | Control Visual | | | |
| 16 | Distancia entre ranuras | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | Usando un flexómetro | | | |
| 17 | Ancho | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | Usando un flexómetro | | | |
| 18 | Profundidad | Mm | Cuantitativa - Discreta | | | Usando un calibrador vernier | | | |

Tabla 2.2 Plan de recolección de datos [Elaboración Propia]

| Corte II | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------|----|-------------------------|-----|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------|
| 19 | Espesor | Mm | Cuantitativa - Continua | QC5 | Cada media hora | Usando un flexómetro | Para identificar no conformidades | Operador diurno 5 | Operador nocturno 5 |
| 20 | Ángulo de corte | ° | Cuantitativa - Discreta | | | Medidor de ángulo digital | | | |
| 21 | Transición | Mm | Cuantitativa - Continua | | | Usando un flexómetro | | | |
| 22 | Corte V | - | Cualitativa | | | Control Visual | | | |
| Corte III | | | | | | | | | |
| 23 | Ancho | Mm | Cuantitativa - Discreta | QC6 | Cada media hora | Usando un flexómetro | Para identificar no conformidades | Operador diurno 6 | |
| 24 | Chamfro | Mm | | | | | | | |
| 25 | Transición | Mm | | | | | | | |

Cabe mencionar que, para este plan de recolección de datos, fueron considerados todos los parámetros descritos en las bitácoras, debido a que la inclusión de estos permite analizar la creación de diferentes alternativas de indicadores de calidad del proceso.

2.2.2 Confiabilidad de los datos

Los datos utilizados en la elaboración de este proyecto fueron proporcionados por el departamento de calidad de la empresa, y corresponden a información proveniente de las bitácoras de cada punto de control de calidad, para esta información también se hace distinción del turno en el cual es tomada (dos turnos), y las herramientas utilizadas para realizar las mediciones.

Para probar la confiabilidad de los datos, siguiendo el criterio de valor P con una confianza del 95%, se trató de demostrar que independientemente del turno en que los datos eran obtenidos, no existía una diferencia significativa entre las medias de ambos operadores, por lo tanto, se concluía que ambos eran trabajadores capacitados. Bajo dicho análisis se comprobó en la figura 2.3, que en el punto de control 1 (Recepción) y en la figura 2.4, que para el punto de control 5 (Corte II), al obtener valores P mayores a

0.05 no existe diferencia significativa entre las medias de los parámetros que anotan los operadores.

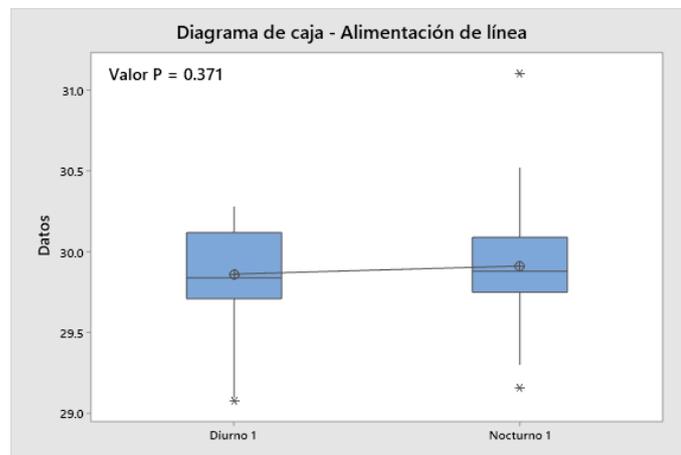


Figura 2.3 Diagrama de caja de datos de QC1 [Elaboración Propia]

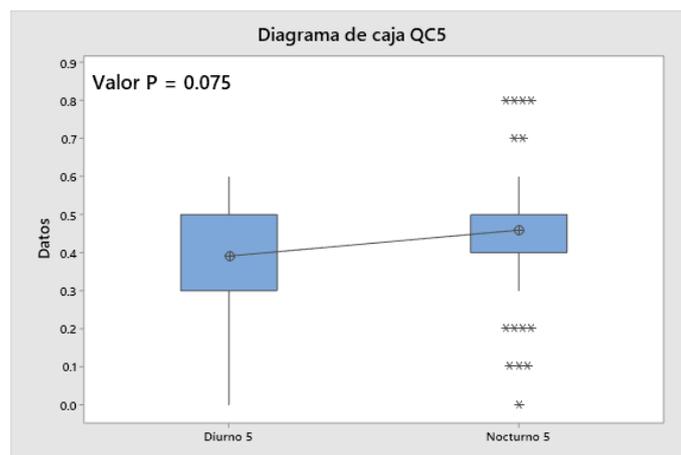


Figura 2.4 Diagrama de caja de datos QC5 [Elaboración propia]

La confiabilidad de los otros puntos de control 2, 3, 4 y 6 (Procesamiento Manual, Operación II, Corte I y Corte III respectivamente) fue analizada mediante la herramienta Gemba, en este caso ejecutada por el Supervisor de Producción, mediante esta observación directa se evidenció que en muchos de los puntos de control los operarios no anotaban las medidas con la precisión del instrumento que estaban utilizando. Otro hallazgo fue que muchos de los parámetros incluidos dentro de la bitácora no agregaban valor debido a que se repetían a lo largo de diferentes puntos de control de calidad. Ver Anexos 1, 2, 3, 4 y 5.

Para ello mediante una reunión con el departamento de calidad se realizaron diferentes propuestas para simplificar o complementar el diseño de las bitácoras, eliminando o mediante la implementación de nuevos parámetros, según corresponda a cada punto de control. Ver anexo 6.

2.3 Análisis

En esta etapa del proyecto se presentó las alternativas de diseño propuestas con su respectivo análisis financiero, lo cual logró establecer la opción más viable para la organización.

2.3.1 Situación Actual

Actualmente la empresa cuenta con un galpón destinado a la producción de componentes de madera. El proceso de Control de calidad llevado a cabo se da en los seis puntos de control que posee, los cuales son: Recepción, Procesamiento Manual, Operación II, Corte I, Corte II y Corte III. El Control de calidad se realiza mediante la toma de parámetros realizada por los operarios de cada punto, éstos realizan mediciones a las piezas mediante instrumentos de medición tales como calibrador Vernier, flexómetro, etc. y posterior a eso registran las mediciones en una Hoja de control de parámetros de calidad, la cual es archivada. Los reportes de Calidad que se presentan hoy en día poseen información de la madera utilizada en el proceso anterior, por lo tanto, existe un requerimiento de diseñar un dashboard para el manejo de indicadores de calidad, el cual genere reportes de calidad con los parámetros pertenecientes al proceso de producción. También se realizó un flujo de caja de la situación actual el cual puede ser observado en el Anexo 7.

2.3.2 Modelo de Negocio

La herramienta utilizada para la recolección de los elementos pertenecientes a las actividades de la organización fue el Business Model Canvas (BMC). Al realizar el BMC, se pudo determinar cuáles eran los socios claves de la empresa, elementos, actividades, canales, recursos, clientes, flujo de ingresos y estructura de costos. Al reunir toda esta información se pudo determinar las necesidades claves para la empresa y proponer los

dos escenarios con los programas más adecuados para la creación del dashboard. Para mayor detalle, el modelo de negocio se adjunta en el Anexo 8.

2.3.3 Diseño del Proyecto con Microsoft Excel (Macros) y Power BI

El primer escenario propuesto para la organización fue la creación del dashboard mediante una Macros realizada en Microsoft Excel la cual era llenada por los operadores. Estas Macros generaron la Base de datos que fue conectada con Power BI para la creación de los informes de Calidad, los cuales contenían las cartas de control estadístico para medidas individuales e indicadores de calidad tales como el Porcentaje de Productos no conformes para cada punto de control y el porcentaje de error para cada parámetro. Se debe mencionar que la base de datos fue almacenada en los servidores de la empresa para mayor seguridad de los datos.

Los costos asociados a este escenario fueron:

- Adquisición de siete tablets Microsoft ET5x con lápiz óptico.
- Reposición de tres computadoras al tercer año de implementado el proyecto.
- Mantenimiento de tablets y computadoras.
- Adquisición de licencia Microsoft Office 365 y Power BI.
- Gastos en impresión de reportes de calidad.

Al realizar un Flujo de Caja de este escenario, se obtuvo un Valor Actual Neto de \$13.534,61 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 28%. Al comparar la TIR con la TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento) que fue del 18%, se concluyó que este escenario era económicamente viable. Para mayor detalle, el flujo de caja de este primer escenario se adjunta en el Anexo 9.

2.3.4 Diseño del Proyecto con Excel Online + Power Automate + Power BI

Para este escenario, se propuso la creación del dashboard mediante el uso de una encuesta que fue creada en Microsoft Forms la cual se compartió en Microsoft SharePoint, y mediante Power Automate fue vinculada con Power BI. La base de datos generada por la encuesta se almacenó en un archivo de Excel Online, esta base de datos contenía los datos utilizados en las cartas de control estadístico realizadas en Power BI.

Como en el primer escenario, estos datos fueron almacenados en el servidor de la empresa por temas de confidencialidad.

Los costos asociados a este escenario fueron:

- Adquisición de siete tablets Samsung Galaxy Tab S6 Lite con lápiz óptico.
- Reposición de tres computadoras al año tres.
- Mantenimiento de tablets y computadoras.
- Adquisición de licencia Microsoft Office 365, Power Automate y Power BI.
- Gastos en impresión de reportes de calidad.

Al realizar un Flujo de Caja de este escenario, se obtuvo un Valor Actual Neto de \$17.034,61 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 31%. Al comparar la TIR con la TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento) que fue del 18%, se concluyó que este escenario era económicamente viable. Para mayor detalle, el flujo de caja de este primer escenario se adjunta en el Anexo 10.

2.3.5 Selección del mejor escenario

Al comparar ambos escenarios, se llegó a la conclusión que el segundo escenario era mejor (Microsoft Excel Online, Power Automate y Power BI) ya que tenía un Valor Actual Neto y una Tasa Interna de Retorno mayor. Adicionalmente, este escenario cumplió con todas las especificaciones de diseño del dashboard ya que brindaba la posibilidad de crear informes del estado del proceso en cualquier momento gracias a la opción de publicar reporte que existe en Power BI, detectaba puntos fuera de control estadístico en el proceso los cuales podían ser observados en las cartas de control, convertía los datos recolectados de los puntos de control de calidad en controles estadísticos, también brindaba información a través de los botones "Contacto" los cuales le permitían al usuario enviar un mensaje al encargado del sistema para poder atender su requerimiento. Otra de las ventajas del segundo escenario era su compatibilidad con varios dispositivos ya que el dashboard se podía visualizar en una computadora de escritorio, tablet o teléfono, también mostraba el porcentaje de cumplimiento del producto de las especificaciones mediante indicadores de Calidad tales como el Porcentaje de productos no conformes y el error absoluto en las mediciones.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y PROTOTIPO

3.1 Diseño

Una vez determinado el escenario adecuado se procedió a realizar el Plan de diseño, implementación y control para el proyecto.

3.1.1 Plan de Diseño

El plan de diseño se dividió en tres fases, las cuales fueron: Análisis de los parámetros, validación, diseño del prototipo y conexión con la base de datos de la compañía.

3.1.1.1 Análisis de parámetros

Como se detalló previamente, el control de calidad en el área de producción es realizado en seis puntos de control los cuales son: Recepción, Operación II, Corte I, Corte II, Corte III y Procesamiento manual. Posteriormente, se procedió a clasificar junto al equipo de proyecto de la compañía estos parámetros en dos grupos el primero llamado "Cartas de Control", el cual posee todos los parámetros que van a ser graficados en cartas de control estadísticas y el segundo grupo llamado "Gráfica Circular" el cual contiene los parámetros que son visualizados en los diagramas obtenidos de los indicadores de calidad utilizados. Para mayor detalle, el cuadro de segmentación de parámetros se muestra en el Anexo 11.

Las cartas de control estadísticas utilizadas fueron las gráficas de control para datos individuales debido a que en el proceso no es factible tomar muestras mayores a uno, la tasa de productos controlados es baja y existen medidas repetitivas.

Los indicadores de calidad utilizados fueron: el porcentaje de productos no conformes para cada punto de control y el error obtenido por cada parámetro.

3.1.1.2 Validación y Diseño del prototipo

La validación del proyecto fue realizada por las partes interesadas como lo son los responsables del área de proyectos, calidad, producción y sistemas. Para el diseño del dashboard se realizaron los siguientes pasos detallados a continuación:

- Primero se abrió una cuenta de Microsoft Office 365 y Power BI.
- Después se creó una hoja de cálculo en Excel Online la cual sirvió como base de datos para alimentar al dashboard. En esta base de datos se encontraban matrices para cada punto de control, las cuales fueron llenadas a través de formularios de Microsoft Forms.
- Luego, se crearon seis formularios en Microsoft Forms con los parámetros pertenecientes a cada punto de control. Como los operarios fueron los encargados de llenar dichos formularios, éstos fueron almacenados en las tablets de la compañía.
- De ahí, se procedió a crear un flujo en Power Automate, el cual vinculó la base de datos que se encontraba en Excel Online con los formularios de Microsoft Forms, de tal manera que a medida que los operarios ingresaban información en los formularios, la base de datos se alimentaba automáticamente.
- Después, se creó la interfaz del dashboard en Power BI. Esta interfaz tiene varias secciones, en la primera sección muestra el menú con íconos como Inicio, Contactos, Base de datos, Formularios y Puntos de Control de Calidad. Cabe recalcar que el dashboard sólo puede ser visualizado por los gerentes o supervisores. En el ícono de Puntos de Control de Calidad se muestran los seis puntos, en los que cada uno de ellos muestra cartas de control estadísticas con los parámetros asignados a cada punto de control. Mediante las cartas de

control, el cliente puede visualizar si el proceso de producción se encuentra bajo o fuera de control estadístico, y al poder visualizarlo puede ser capaz de anticiparse a los problemas que existan a largo plazo. Adicional a las cartas de control, el dashboard muestra indicadores de calidad a través de gráficos circulares como el porcentaje de productos no conformes y el error absoluto de los parámetros.

- Luego de realizar el dashboard se puede publicar como archivo compartido en el SharePoint de la empresa para que los usuarios interesados puedan visualizarlo en línea o enviarlo por correo.

-

3.1.1.3 Conexión con la base de datos de la compañía

La tercera fase del plan de diseño fue realizada junto al departamento de sistemas de la empresa ya que adquirieron la licencia de Office 365 y Power BI empresarial para el gerente de Producción y Calidad. Las cuentas fueron inmersas dentro del servidor de la compañía para salvaguardar la información almacenada en la base de datos.

3.1.2 Plan de Implementación

Este plan se encontró dividido en tres etapas las cuales fueron: Entrenamiento a los usuarios, implementación del dashboard y validación de resultados.

3.1.2.1 Entrenamiento a los usuarios en recolección de datos y uso del dashboard

El entrenamiento a los usuarios estuvo dirigido a los operarios, supervisores, gerente de Producción, auditor y gerente de Calidad, en donde se explicó la manera correcta de ingresar la información obtenida de las mediciones para cada punto de control en las tablets, también se detalló el funcionamiento del dashboard y el aporte que éste tiene para la organización.

3.1.2.2 Implementación del dashboard

Luego del entrenamiento a los operarios se realizó la implementación en la que cada operario encargado del punto de control de Calidad tomaba las respectivas medidas de la pieza y posteriormente ingresaba la información pertinente en los formularios, ésta actividad fue realizada durante una semana aproximadamente, se realizó con el objetivo de que el dashboard y la base de datos se alimentaran con información real para posteriormente observar el comportamiento del proceso tanto en las cartas de control estadísticas como en los indicadores de calidad, y monitorear el correcto ingreso de los datos.

3.1.2.3 Estudio de tiempo sobre la evolución de adaptación al uso de tablets

Para evaluar la mejora existente del proceso anterior de control de calidad frente al propuesto, se realizó un estudio de tiempo sobre la evolución a través de este de la adaptación de los operarios al uso de las tablets, en el que el proceso de control de calidad anterior obtuvo un tiempo promedio de treinta segundos mientras que el propuesto para "Recepción" fue de ochenta con setenta y tres segundos. Aunque el tiempo obtenido al realizar el control de calidad con el escenario propuesto es mayor que el anterior, se puede observar en la figura 3.1 que la tendencia esperada es la disminución de ese tiempo debido a la destreza y habilidad que va a adquirir el operario.

Para mayor detalle el estudio de tiempo se puede observar en el Anexo 12.

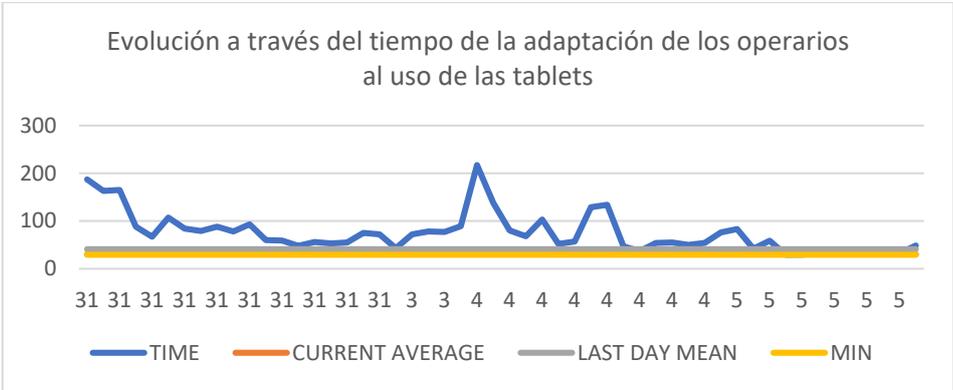


Figura 3.1 Serie de tiempo [Elaboración Propia]

3.1.2.4 Validación de resultados

Para esta parte del plan de implementación se pudo observar la mejora del proceso de control de calidad, como la creación de informes de manera automática les permitió ver si su proceso estaba fuera o bajo control estadístico permitiéndoles tomar una acción correctiva de manera inmediata.

3.1.3 Plan de Control

El plan de control se hizo con la finalidad de verificar que no exista ningún inconveniente en su implementación. El control se realizó con la colaboración de los supervisores de Producción.

3.2 Prototipo

Con la ayuda de Power Automate, programa con el cual se logró vincular la base de datos creada en Microsoft Excel Online con el formulario de Microsoft Forms y Power BI se pudo realizar el dashboard que muestra las cartas de control estadísticas del proceso de producción de componentes de madera.

El dashboard cumplió con las especificaciones de diseño dadas por el cliente y además se lograron eliminar las restricciones presentadas. A continuación, se detalla el cumplimiento de cada especificación de diseño:

- **Generar informes de estado del proceso en cualquier momento.**

En Power BI existe un ícono llamado "Publicar" el cual permite mostrar el informe de control de calidad en cualquier momento. El usuario que tiene esta opción debe ser aquel que tenga acceso al dashboard, luego de revisar las cartas de control e indicadores puede publicarlo, automáticamente se publica en Power BI y posteriormente se puede enviar por correo como informe a cualquier interesado. Ver Anexo 12.

- **Detectar puntos fuera de control estadístico en el proceso.**

Las cartas de control estadístico del proceso muestran el comportamiento de los datos a través del tiempo, permitiéndoles observar a los usuarios si su proceso está dentro o fuera de los límites tanto de especificación como de control. En el caso de

existir puntos fuera de estos límites, el usuario está en capacidad de tomar una decisión presentando una acción correctiva a tiempo. También las cartas de control en el dashboard poseen un filtro para poder visualizar los datos por fecha y por hora, teniendo un mejor control de los datos del proceso. Ver Anexo 13.

Los criterios típicos para la asignación de causas especiales son detallados a continuación:

- Un punto que se encuentre a más de tres desviaciones estándar de la línea central.
 - La presencia de siete puntos consecutivos del mismo lado en que se encuentra la línea central.
 - Seis puntos consecutivos con tendencia creciente o decreciente.
 - La aparición de catorce puntos consecutivos, alternando de arriba hacia abajo.
 - Dos de tres puntos mayores a dos desviaciones estándar de la línea central.
 - Cuatro de cinco puntos mayores a una desviación estándar de la línea central.
 - Quince puntos consecutivos dentro de una desviación estándar de la línea central.
 - Ocho puntos consecutivos mayores a una desviación estándar de la línea central. (SPC Consulting group, 2019)
- **Convertir los datos recopilados de los puntos de control de calidad en controles estadísticos.**

En la situación actual se mostró que la información recolectada de los puntos de control era registrada en hojas de parámetros de control de calidad para luego ser archivadas. Al implementar el uso de formularios de Microsoft Forms en las tablets esto permitió que los datos registrados sean interpretados a través de la creación de cartas de control estadístico, las cuales se pueden visualizar en el dashboard.

- **Incorporar una herramienta de ayuda.**

En el menú del dashboard existe un ícono llamado “Instructivo” el cual contiene los pasos a seguir para el acceso o edición de la base de datos y formularios, explica cómo editarlos y quiénes son los usuarios que pueden hacerlo. Muestra también el contenido de la base de datos, cómo está clasificada, los estadísticos utilizados para

la creación de las cartas de control estadístico, así como para los indicadores de calidad. Ver Anexo 14.

- **Tener compatibilidad en multidispositivos.**

El dashboard al ser creado en Power BI presenta muchos beneficios entre los cuales se destaca el de ser visualizados en varios dispositivos tales como computadora de escritorio, Tablet o teléfono móvil. Ver Anexo 15.

- **Mostrar el porcentaje de cumplimiento con las especificaciones del producto, utilizando indicadores.**

El dashboard muestra también el porcentaje de productos conformes y no conformes para cada punto de control de calidad. Para mayor detalle se puede visualizar el Anexo 16.

También se lograron eliminar las restricciones como la compatibilidad con el sistema operativo utilizado por las tablets ya que al usar formularios de Microsoft Forms éste se adapta a cualquier tipo de dispositivo sea Android o Microsoft, en ambos el formulario se ejecuta sin ningún inconveniente. La otra restricción eliminada fue la compatibilidad con sistema utilizado por la compañía ya que la empresa al adquirir una licencia de Office 365 tuvo acceso a todas las herramientas que Microsoft ofrece logrando tener la información requerida en tiempo real.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El objetivo de este proyecto se centró en el diseño de un dashboard para el manejo de indicadores de calidad en una empresa de componentes de madera, este dashboard debía cumplir con ciertas especificaciones de diseño dadas por el cliente y eliminar las restricciones encontradas en su implementación.

1. Para cumplir con los requerimientos dados por el cliente se propusieron dos escenarios, el primero fue crear el dashboard con la ayuda de Macros de Excel y Power BI, y el segundo escenario era mediante Excel Online, Power Automate y Power BI. Aquel escenario que obtuvo un mayor valor actual neto (VAN) de \$17.034,61 y tasa interna de retorno (TIR) del 31% fue el segundo escenario, adicional a esto cumplía con todas las especificaciones de diseño tales como generar informes del estado del proceso en cualquier momento a través de la opción "Publicar" en Power BI, detectaba puntos fuera de control estadístico en el proceso mediante las cartas de control creadas en el dashboard con sus límites de especificación y control establecidos, también convertía los datos recopilados de los puntos de control de calidad en controles estadísticos ya que la información al ser registrada en los formularios de Microsoft Forms era la que alimentaba al mismo tiempo a la base de datos creada en Excel Online y con ella se procedían a realizar las cartas de control estadístico.
2. Se incorporó en el dashboard una herramienta de ayuda la cual consistió en un instructivo de creación y edición del dashboard, flujos, formularios y base de datos, se demostró de igual manera que el dashboard era compatible con varios dispositivos ya que se lo pudo proyectar en una computadora de escritorio, Tablet y celular. Por otro lado, también se mostraron el porcentaje de productos conformes y no conformes presentes en los seis puntos de control de calidad cumpliendo la última especificación de diseño.

3. Las restricciones encontradas en el proyecto fueron que el dashboard sea compatible con el sistema operativo utilizado actualmente por las tablets de la compañía y con su sistema de base de datos, al utilizar varias herramientas de Microsoft Office 365 como Excel Online, Power Automate y Power BI se logró eliminar estas restricciones ya que el dashboard al encontrarse en la nube puede ser visualizado desde cualquier tipo de dispositivo sea Android o Microsoft.

Los beneficios obtenidos por la empresa al implementar el dashboard en su proceso de control de calidad fueron los siguientes:

4. En el aspecto económico se reflejó un ahorro de \$930 anuales, es decir una reducción del 77.5% de costos asociados a la subcontratación de una empresa que brinda servicios de creación de interfaz de dashboards.
5. En el aspecto ambiental, se logró disminuir el uso de papel utilizado en impresión de hojas de parámetros de control de calidad de ciento veinte a cero hojas por semana, es decir que el porcentaje de reducción fue del 100%.
6. Mientras que en el aspecto social se pudo reducir el tiempo que tardaban en la creación de informes de calidad de dos horas a cinco segundos por reporte logrando una reducción del 99.9%.
7. Se incluyó una herramienta de ayuda a través de dos íconos llamados "Contactos" los cuales al ser seleccionados conducen al usuario a la aplicación de mensajería WhatsApp para enviar de manera automática un mensaje a los expertos en el dashboard.
8. Se pueden organizar reuniones operativas en cualquier momento, ya que el dashboard se encuentra en tiempo real pudiendo ser observado por los usuarios interesados.

4.2 Recomendaciones

1. Se recomienda un monitorio continuo de los operarios encargados de ingresar la información a los formularios presentes en las tablets para evitar errores en la carga de datos.
2. Se recomienda el uso de un lápiz óptico para mejorar la precisión del operador al ingresar los datos a los formularios de las tablets.
3. Se recomienda colocar un protector a las tablets para evitar el deterioro o daño que pueda ser causado al manipularlas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ahumada, E. P. (2016). Inteligencia de negocios: estrategia para el desarrollo de competitividad en empresas de base tecnológica, *Contaduría y Administración*. *Contaduría y Administración*, 127-158.
2. Banuelas, J. A. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Vol. 6*, 20-27.
3. Few, S. (2007). Visual Business Intelligene Newsletter. *Perceptual Edge*, 1-6.
4. García, D. R. (2011). *Cartas de control para datos funcionales*. Guanajuato.
5. Gaskin, S. P. (2010). *Wiley International Encyclopedia of Marketing*. Hoboken: John Wiley & Sons Ltd.
6. Goetsch. D, D. S. (1996). *Introduction to Total Quality: Quality Management for Production, Processing and Services*. Merrill.
7. Griffin, A., & Houser, J. R. (1993). The voice of the. *Marketing Science*, 1-27.
8. Hoerl, R. (1998). Six Sigma and the future of the quality profession. *IEEE Engineering Management Review*, 87-94.
9. *Microsoft Azure*. (19 de Julio de 2020). Obtenido de Microsoft Azure: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-are-business-intelligence-tools/>
10. Olaya, E. C. (2005). Despliegue de la función Calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctric de mano. *Ingeniería e Investigación*, 30-38.
11. Pulido, H. G. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Guanajuato: Mc Graw Hill.
12. Sánchez, L. (14 de Noviembre de 2019). *bitec*. Obtenido de Microsoft Flow ahora es Power Automate: <https://www.bitec.es/soluciones-colaboracion/microsoft-flow-cambia-a-power-automate/#:~:text=Power%20Automate%2C%20antes%20conocido%20como,la s%20tareass%20de%20una%20empresa.>

13. SPC Consulting group. (20 de Mayo de 2019). *6 Señales de un Proceso "Fuera de control"*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/6-senales-de-un-proceso-fuera-de-control/>
14. Tague, N. R. (2005). *QUALITY TOOLBOX*. Kansas : Rittenhouse Book Distribu.
15. Tummala, V. M. (1996). Strategic quality management, Malcolm Baldrige and European quality awards and ISO 9000 certification: Core concepts and comparative analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 13 No. 4 pp. 8-38.
16. Warren, J. (2009). Key Performance Indicators (KPI) - Definition and Action. *AT INTERNET*, 2-3.
17. Yang, K. B.-H. (2003). *Design for six sigma*. New York: McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo 1: Ejemplo de bitácora de QC1 (Recepción)

| QUANTITY | | | | -0.75 +0.25 | 1220 ± 3mm | DIFERENCIA (max. 3mm) | 7.0-12.0% |
|----------|-------------------|---------|----------------|--------------|------------|-----------------------|-----------|
| FECHA | ESPESOR COMERCIAL | CALIDAD | LOTE PLANTABAL | ESPESOR REAL | LONGITUD | DIAGONAL | HUMEDAD |
| 2 Junio | 30mm | SB100 | 20-146 | 30.24 | 1220 | 1 | 10.5 |
| // | 10mm | SB100 | 20-139 | 9.72 | 1220 | 1 | 11.0 |
| // | 35mm | SB100 | 20-066 | 34.81 | 1220 | 2 | 11.2 |
| // | 15mm | SB100 | 20-143 | 14.83 | 1220 | 1 | 10.8 |
| // | 15mm | SB100 | 20-143 | 15.18 | 1220 | 1 | 10.4 |
| // | 30mm | SB100 | 20-149 | 29.65 | 1220 | 2 | 11.2 |
| | 30mm | SB100 | 20-146 | 29.89 | 1220 | 2 | 11.9 |
| | 30mm | SB100 | 20-149 | 29.82 | 1220 | 1 | 11.1 |
| | 15mm | SB100 | 20-146 | 14.61 | 1220 | 1 | 10.7 |
| | 15mm | SB100 | 20-146 | 14.77 | 1220 | 2 | 10.9 |
| | 30mm | SB100 | 20-149 | 30.26 | 1220 | 1 | 11.3 |
| | 30mm | SB100 | 20-149 | 30.28 | 1220 | 1 | 11.5 |
| | 30mm | SB100 | 20-153 | 29.38 | 1220 | 1 | 11.3 |
| | 30mm | SB100 | 20-153 | 29.47 | 1220 | 1 | 11.0 |
| | 10mm | SB100 | 20-139 | 9.93 | 1220 | 1 | 11.6 |
| | 35mm | SB100 | 20-066 | 35.13 | 1220 | 2 | 11.6 |
| | 15mm | SB100 | 20-146 | 14.21 | 1220 | 1 | 10.8 |
| | 15mm | SB100 | 20-146 | 14.24 | 1220 | 1 | 10.2 |
| | 20mm | SB100 | 20-146 | 19.76 | 1220 | 1 | 11.8 |
| | 30mm | SB100 | 20-153 | 29.67 | 1220 | 2 | 10.5 |
| | 30mm | SB100 | 20-153 | 29.69 | 1220 | 1 | 10.2 |
| | 30mm | SB100 | 20-153 | 29.65 | 1220 | 1 | 10.1 |

En el momento en que un panel sea identificado como fuera de especificaciones se procederá según el proceso de

Anexo 2: Ejemplo de bitácora QC2 (Procesamiento manual)

| Categoría | Espesor | Ancho Inicial ±2mm | | Ancho Final ±2mm | | Longitud Izquierda | | Longitud Derecha | | Serén | Cortes Especiales (±2mm) | | | | |
|-----------|---------|--------------------|--------|------------------|--------|--------------------|------|------------------|------|-------|--------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|------------|
| | | Teórico | Real | Teórico | Real | Teórico | Real | Teórico | Real | | Ancho de corte teórico | Ancho de corte real | Legajo de Corte teórico | Legajo de Corte real | |
| PL | | | | | | | | | | | | | | | |
| PL1 | 10mm | 605 | | 605 | | 1440 | | 1437 | | UP | ○ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PL2 | 15mm | 581 | 591 | 581 | 581 | 1435 | 1435 | 1430 | 1430 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PL41 | 15mm | 317 | 317 | 317 | 317 | 752 | 752 | 742 | 742 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PL52 | 10mm | 189 | 189 | 189 | 189 | 359 | 359 | 354 | 354 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PL63 | 10mm | 370 | 370 | 370 | 370 | 177 | 177 | 175 | 175 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| SL | | | | | | | | | | | | | | | |
| SL1 | 10mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1451 | 1451 | 1452 | 1452 | UP | ○ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| SL2 | 15mm | 532 | 532 | 532 | 532 | 1455 | 1455 | 1455 | 1455 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| SL41 | 15mm | 421 | 421 | 421 | 421 | 686 | 686 | 671 | 671 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| SL52 | 10mm | 193 | 193 | 192 | 192 | 320 | 320 | 315 | 315 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| SL57 | 35mm | 605 | — | 605 | — | 214 | — | 205 | — | Down | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| SL83 | 35mm | 395 | 395 | 395 | 395 | 169 | 169 | 165 | 165 | Down | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PT | | | | | | | | | | | | | | | |
| PT1 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1514 | 1514 | 1525 | 1525 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PT2 | 20mm | 300 | 300 | 300 | 300 | 1519 | 1522 | 1527 | 1532 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PT3 | 25mm | 300 | 300 | 300 | 300 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PT4 | 30mm | 331 | 331 | 331 | 331 | 326 | 326 | 340 | 340 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PT4T | 30mm | 331 | 331 | 331 | 331 | 305 | 305 | 150 | 150 | UP | ⊙ | N/A | N/A | N/A | N/A |
| PT14T | 30mm | 129+15 | 129+15 | 129+15 | 129+15 | 1090 | 1091 | 1087 | 1088 | UP | ⊙ | 344 (+128) | 344 (+128) | 1013 (+77) | 1013 (+77) |
| PT15 | 30mm | 472 | 472 | 472 | 472 | 929 | 929 | 991 | 991 | Down | ⊙ | 372 (+128) | 372 (+128) | 852 (+77) | 852 (+77) |

Anexo 3: Ejemplo de bitácora QC3 (Operación II).

| Trasabilidad pieza medida | Espesor | Ancho Inicio | | Ancho Final | | Longitud Derecha | | | | ✓ | ✓ |
|---------------------------|---------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|---------|-------------|---|---|
| | | Teórico | Real +/-2mm | Teórico | Real +/-2mm | Teórico | Real +/-3mm | Teórico | Real +/-3mm | | |
| M16 | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1074 | 1081 | 1081 | 1081 | ✓ | ✓ |
| M20T | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1023 | 1035 | 1035 | 1035 | ✓ | ✓ |
| M 2 | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | ✓ | ✓ |
| S152 | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1010 | 1010 | 1052 | 1052 | ✓ | ✓ |
| E126 | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1000 | 1000 | 1002 | 1002 | ✓ | ✓ |
| D226 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1052 | 1052 | 1058 | 1058 | ✓ | ✓ |
| P21 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 956 | 956 | 978 | 978 | ✓ | ✓ |
| P23 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1122 | 1122 | 1130 | 1130 | ✓ | ✓ |
| P23 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1313 | 1313 | 1324 | 1324 | ✓ | ✓ |
| P20 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1373 | 1373 | 1405 | 1405 | ✓ | ✓ |
| L11 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1047 | 1047 | 1052 | 1052 | ✓ | ✓ |
| P22 | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1075 | 1075 | 1081 | 1081 | ✓ | ✓ |
| F | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 915 | 915 | 995 | 995 | ✓ | ✓ |
| B | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1184 | 1184 | 1200 | 1200 | ✓ | ✓ |
| 4T | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1203 | 1203 | 1223 | 1223 | ✓ | ✓ |
| P7 | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1405 | 1405 | 1422 | 1422 | ✓ | ✓ |
| H | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1251 | 1251 | 1256 | 1256 | ✓ | ✓ |
| P | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1430 | 1430 | 1440 | 1440 | ✓ | ✓ |
| P | 15mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 1151 | 1151 | 1175 | 1175 | ✓ | ✓ |
| T | 30mm | 605 | 605 | 605 | 605 | 933 | 933 | 970 | 970 | ✓ | ✓ |

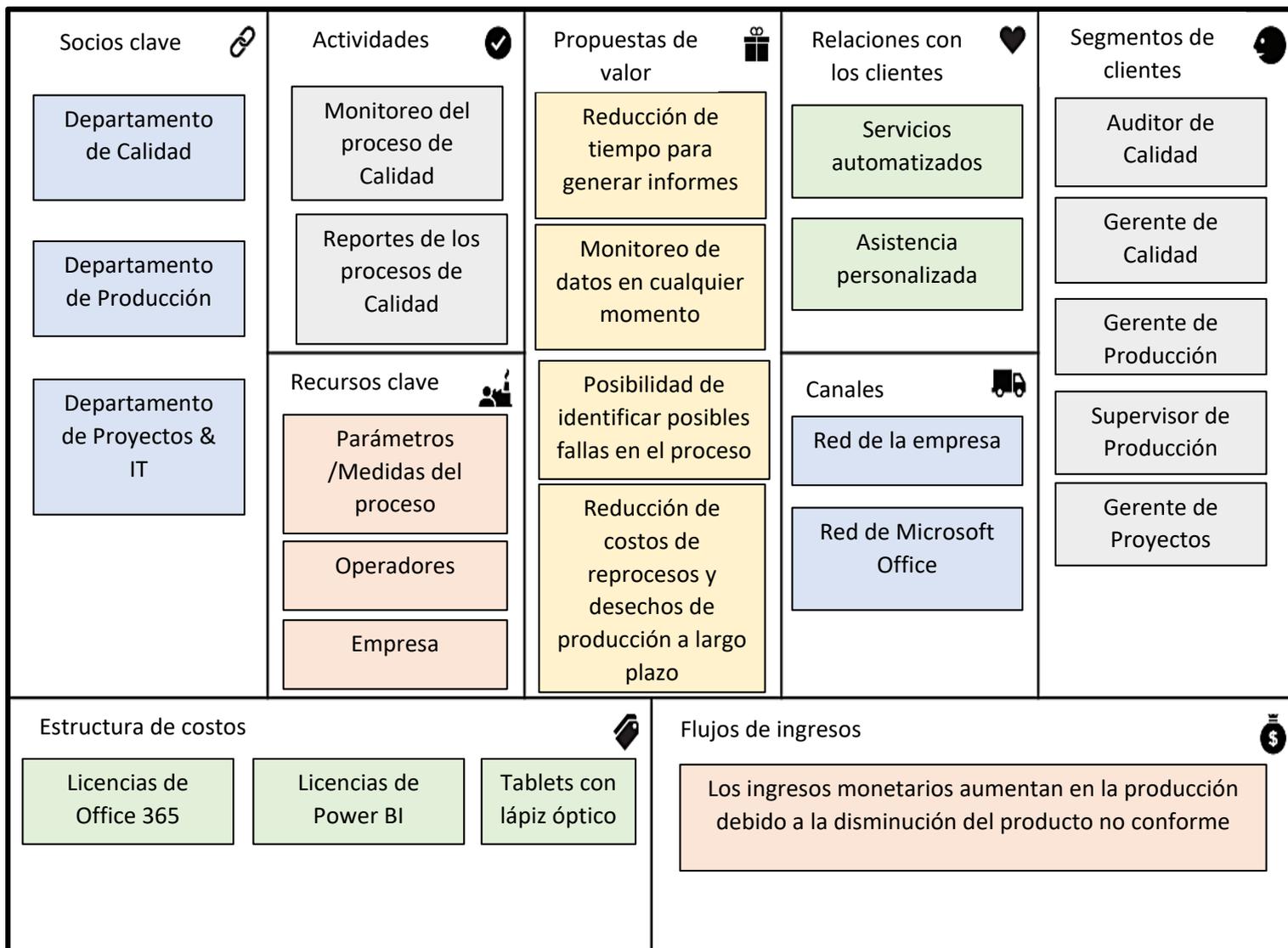
Anexo 4: Ejemplo de bitácora QC4 (Corte I).

| FORMA | TRAZABILIDAD DE LA PIEZA | OPERACIÓN | | | | | BANKING | | | | | | |
|-------|--------------------------|------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|-----|
| | | LONGITUD TÉCNICA | LONGITUD REAL ±3mm | PERFORADO EDAE | USADO TÉCNICO | USADO REAL ±3 | # DE BANERAS | DISTANCIA TEÓRICA ENTRE BANERAS (mm) | DISTANCIA REAL ENTRE BANERAS (±3mm) | DISTANCIA ENTRE BANERAS (±3mm) | ANCHO DE BANERA (mm) | PROFUNDIDAD DE BANERA (mm) | |
| 1 | 101/28/20 | 1659 | 211 | 211 | ✓ | 85° | 25° | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 01/00/20 | 5260 | 184 | 184 | ✓ | 79° | 17° | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 01/00/20 | 8212 | 1028 | 1282 | ✓ | 75° | 15° | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | 123 | 1430 | 1430 | ✓ | 75° | 15° | - | - | - | - | - | - |
| 5 | - | 5228 | 972 | 992 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | 5241 | 995 | 995 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 7 | - | 5727 | 415 | 415 | ✓ | 75° | 15° | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | P126 | 1030 | 1030 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | 2149 | 1189 | 1189 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | 9132 | 993 | 993 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | 5119 | 995 | 995 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 12 | - | PL27 | 1063 | 1063 | ✓ | 75° | 15° | 2 | 275 | 275mm | 25mm | 3mm | 2mm |
| 13 | - | P27 | 1366 | 1366 | ✓ | 75° | 15° | - | - | - | - | - | - |
| 14 | - | 5225 | 1066 | 1066 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 15 | - | 5211 | 1405 | 1405 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 16 | - | P126 | 1036 | 1036 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 17 | - | 5152 | 863 | 863 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 18 | - | 9133 | 993 | 993 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 19 | - | 9122 | 995 | 995 | ✓ | 80° | 10° | - | - | - | - | - | - |
| 20 | - | 578 | 1200 | 1200 | ✓ | 75° | 15° | - | - | - | - | - | - |
| 21 | - | PL58 | 211 | 211 | ✓ | 65° | 25° | - | - | - | - | - | - |
| 22 | - | PL51 | 978 | 978 | ✓ | 70° | 20° | 3 | 140mm | 140mm | 25mm | 3mm | 2 |
| 23 | - | PL28 | 1089 | 1089 | ✓ | 75° | 15° | 9 | 975mm | 975mm | 25mm | 3mm | 2 |

Anexo 7: Flujo de caja del Escenario Actual.

| AÑOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------------------------------|--------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Inversión inicial en hardware (tablets + lápiz óptico) | \$0,00 | | | | | |
| Ahorro esperado / año | | \$0,00 | \$0,00 | \$0,00 | \$0,00 | \$0,00 |
| Costo de reemplazo de hardware (computadoras) | | | | -\$1.425,00 | | |
| COA- Mantenimiento de computadoras / tablets | | -\$960,00 | -\$960,00 | -\$960,00 | -\$960,00 | -\$960,00 |
| COA - Licencia anual de Office 365 | | -\$720,00 | -\$720,00 | -\$720,00 | -\$720,00 | -\$720,00 |
| Depreciación (Activos fijos - Computadoras) | | | | -\$383,33 | -\$402,50 | -\$422,62 |
| Amortización (Licencia Office 365) | | \$720,00 | \$720,00 | \$720,00 | \$720,00 | \$720,00 |
| Costo de pedidos rechazados / año | | \$806.766,48 | \$685.751,51 | \$582.888,78 | \$495.455,46 | \$421.137,14 |
| COA - Reportes físicos de Calidad | | -\$160,00 | -\$160,00 | -\$160,00 | -\$160,00 | -\$160,00 |
| Depreciación (Activos fijos - Computadoras) | | | | \$383,33 | \$402,50 | \$422,62 |
| Flujo de efectivo | \$0,00 | \$805.646,48 | \$684.631,51 | \$580.343,78 | \$494.335,46 | \$420.017,14 |
| VAN | | \$1.966.224,18 | | | | |

Anexo 8: Modelo de Negocio (Business Model Canvas).



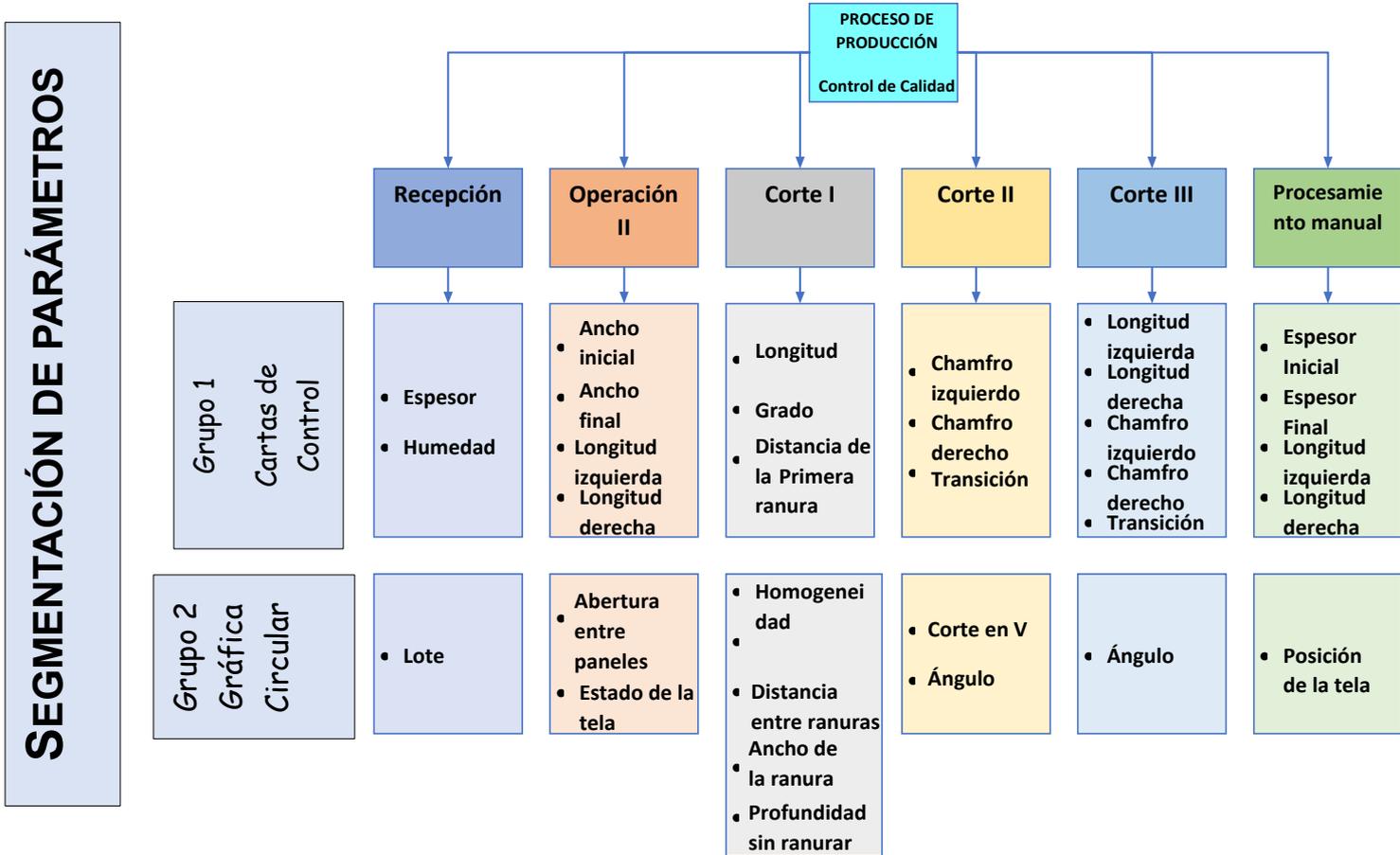
Anexo 9: Flujo de caja del Escenario 1 (Microsoft Excel (Macros) y Power BI).

| AÑOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Inversión inicial en hardware (tablets + lápiz óptico) | -\$7.000,00 | | | | | |
| Ahorro esperado / año | | \$353.734,69 | \$360.809,39 | \$368.025,57 | \$375.386,08 | \$382.893,81 |
| Costo de reemplazo de hardware (computadoras) | | | | -\$1.425,00 | | |
| COA - Mantenimiento de computadoras / tablets | | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 |
| COA - Licencia anual de Office 365 + BI | | -\$360,00 | -\$360,00 | -\$360,00 | -\$360,00 | -\$360,00 |
| Depreciación (Activos fijos - tablets) | -\$1.176,00 | -\$1.234,80 | -\$1.296,54 | -\$1.361,37 | -\$1.429,44 | -\$1.500,91 |
| Depreciación (Activos fijos - Computadoras) | | | | -\$383,33 | -\$402,50 | -\$422,62 |
| Amortización (Licencia Office 365 + BI) | | \$360,00 | \$360,00 | \$360,00 | \$360,00 | \$360,00 |
| Valor de rescate del equipo | | | | \$275,00 | | |
| Costo de pedidos rechazados / año | | -\$387.247,91 | -\$367.885,51 | -\$349.491,24 | -\$332.016,68 | -\$315.415,84 |
| COA - Reportes físicos de Calidad | | -\$55,00 | -\$55,00 | -\$55,00 | -\$55,00 | -\$55,00 |
| Depreciación (Activos fijos - tablets) | \$1.176,00 | \$1.234,80 | \$1.296,54 | \$1.361,37 | \$1.429,44 | \$1.500,91 |
| Depreciación (Activos fijos - Computadoras) | | | | \$383,33 | \$402,50 | \$422,62 |
| Flujo de efectivo | -\$7.000,00 | -\$36.208,22 | -\$9.771,13 | \$14.689,33 | \$40.674,41 | \$64.782,96 |
| VAN | \$13.534,61 | | | | | |
| TIR | 28% | | | | | |

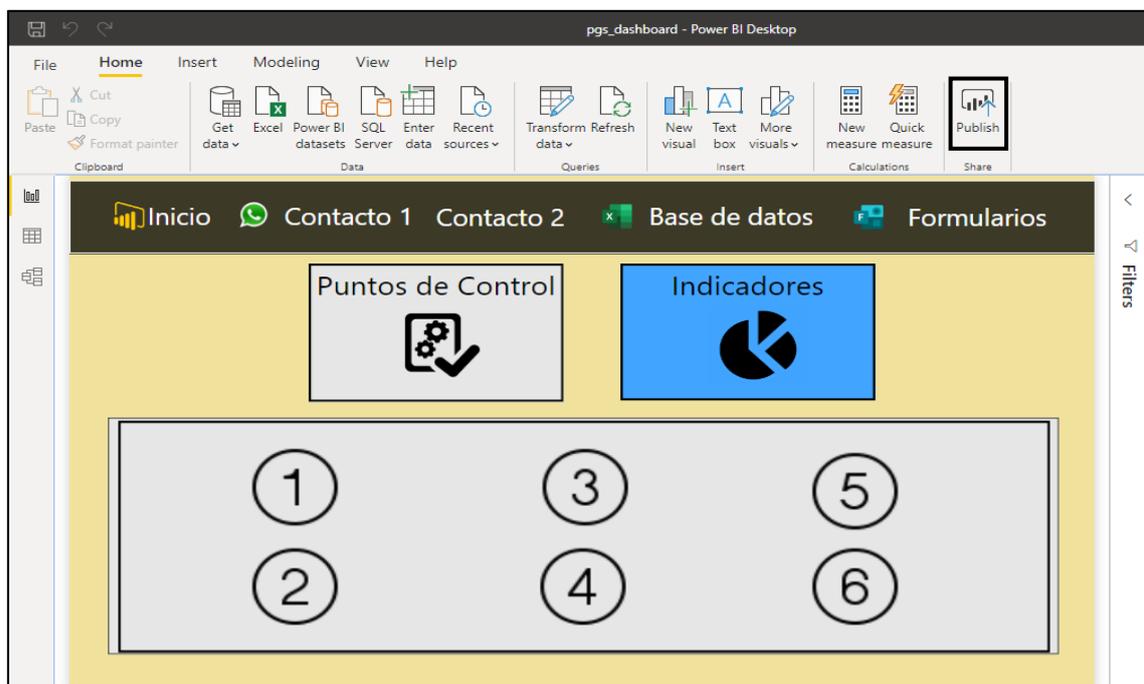
Anexo 10: Flujo de caja del Escenario 2 (Microsoft Excel Online + Power Automate + Power BI).

| AÑOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Inversión inicial en hardware (tablets + lápiz óptico) | -\$3.500,00 | | | | | |
| Ahorro esperado / año | | \$353.734,69 | \$360.809,39 | \$368.025,57 | \$375.386,08 | \$382.893,81 |
| Costo de reemplazo de hardware (computadoras) | | | | -\$1.425,00 | | |
| COA - Mantenimiento de computadoras / tablets | | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 | -\$2.640,00 |
| COA - Office 365 + Licencia anual de BI + Power Automate | | -\$540,00 | -\$540,00 | -\$540,00 | -\$540,00 | -\$540,00 |
| Depreciación (Activos fijos - tablets) | -\$616,00 | -\$646,80 | -\$679,14 | -\$713,10 | -\$748,75 | -\$786,19 |
| Depreciación (Activos fijos - Computadoras) | | | | -\$383,33 | -\$402,50 | -\$422,62 |
| Amortización (Office 365 + Licencia BI + Power Automate) | | \$540,00 | \$540,00 | \$540,00 | \$540,00 | \$540,00 |
| Valor de rescate del equipo | | | | \$275,00 | | |
| Costo de pedidos rechazados / año | | -\$387.247,91 | -\$367.885,51 | -\$349.491,24 | -\$332.016,68 | -\$315.415,84 |
| COA - Reportes físicos de Calidad | | -\$55,00 | -\$55,00 | -\$55,00 | -\$55,00 | -\$55,00 |
| Depreciación (Activos fijos - tablets) | \$616,00 | \$646,80 | \$679,14 | \$713,10 | \$748,75 | \$786,19 |
| Depreciación (Activos fijos - Computadoras) | | | | \$383,33 | \$402,50 | \$422,62 |
| Flujo de efectivo | -\$3.500,00 | -\$36.208,22 | -\$9.771,13 | \$14.689,33 | \$40.674,41 | \$64.782,96 |
| VAN | \$17.034,61 | | | | | |
| TIR | 31% | | | | | |

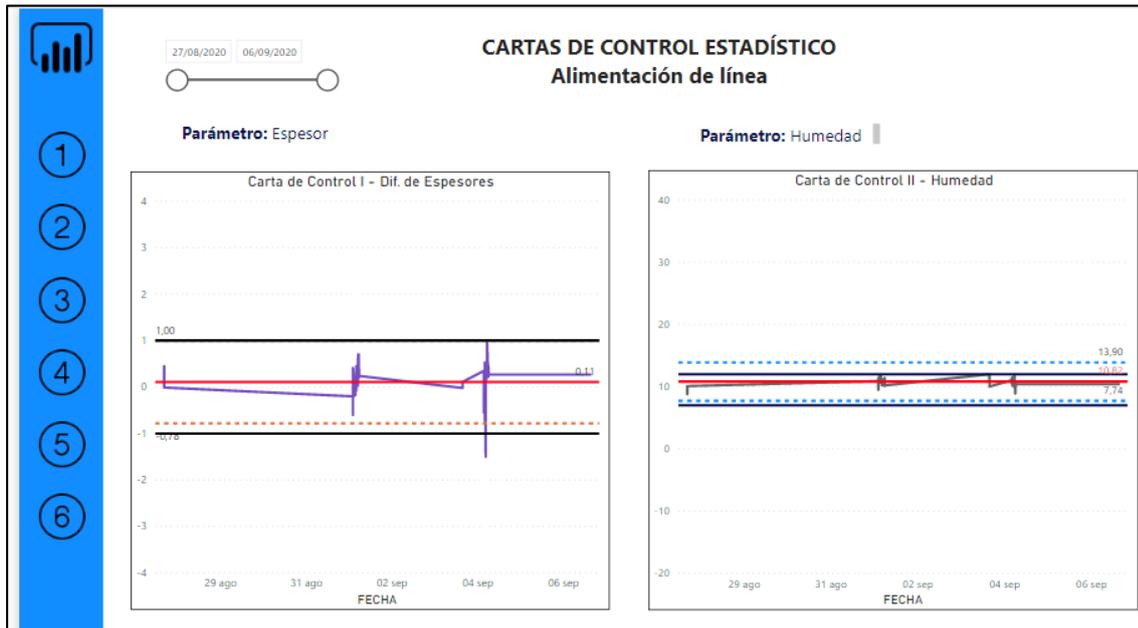
Anexo 11: Cuadro de segmentación de parámetros.



Anexo 12: Pantalla del Dashboard donde se observa el ícono "Publicar".



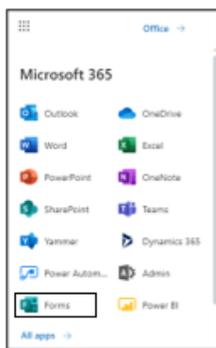
Anexo 13: Cartas de Control estadístico mostradas en el dashboard.



Anexo 14: Instructivo de acceso y edición a la base de datos y formularios.

Instructivo de acceso y edición de los formularios

- Ingresar a www.outlook.com
- Iniciar sesión con su cuenta de Microsoft Office 365.
- Dar clic en el Menú desplegable.



- Dar clic en la opción **Forms**.
- Se puede visualizar los formularios creados para cada punto de control de Calidad.

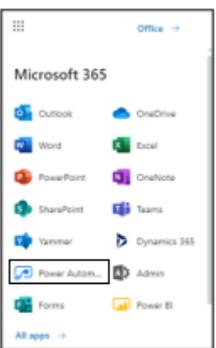


- Se puede crear un nuevo formulario o editar los ya existentes.

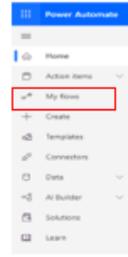


Instructivo de acceso y edición del Flujo

- Ingresar a www.outlook.com
- Iniciar sesión con su cuenta de Microsoft Office 365.
- Dar clic en el Menú desplegable.

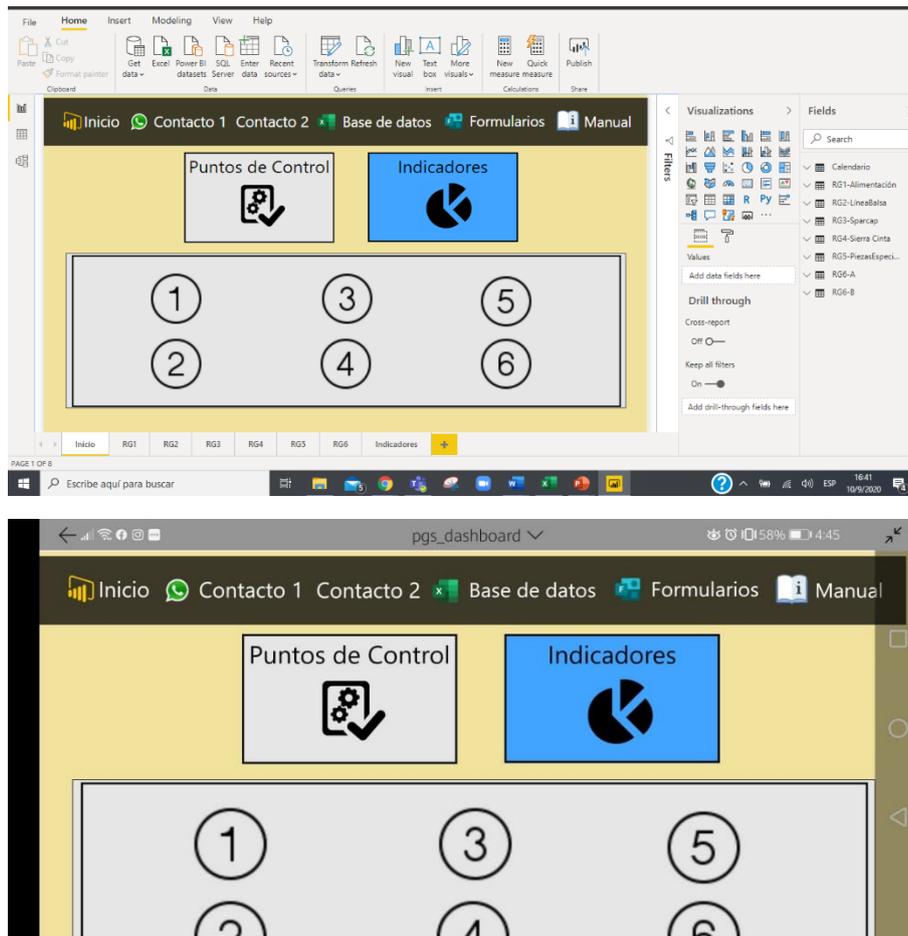


- Dar clic en **Power Automate**.
- Dar clic en **My Flows**.



- Dar clic en **Team flows**.

Anexo 15: Visualización del dashboard en computadora de escritorio y teléfono móvil.



Anexo 16: Indicador de calidad – Porcentaje de productos conformes y no conformes para cada punto de control de calidad.

