



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**"Implementación de la metodología Lean Six Sigma para  
incrementar el indicador de rendimiento (V2) en las líneas de  
producción easy open 01"**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentada por:**

**Winston Javier Alcívar Merino**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios, que es aquel que me dio la fortaleza necesaria para cumplir este objetivo de terminar este proyecto de graduación.

A mis padres, a mi hermana, que con sus palabras y consejos crecí tanto personal como profesional.

Y muy en especial a mi tutora MSc. Sofía López, que, con sus ideas, conocimiento y ayuda, me facilitó el lograr desarrollar este trabajo.

## DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres, y a mi hermana, el cual se desarrolló con mucho esfuerzo y dedicación durante 4 meses.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

Ángel Ramírez M., Ph.D.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Sofía Lopez I., Msc.  
DIRECTOR DE PROYECTO

---

María López S., Msc.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

---

Winston Javier Alcívar Merino

## RESUMEN

El proyecto de titulación se realizó en una fábrica dedicada a la producción de envases, tapas de hojalata y empaques plásticos. La empresa cuenta con 5 secciones: soldadura, sanitarios embutidos envase, sanitarios embutidos tapa, línea general y tapas bebidas. En la cual uno de sus productos estelares de producción es la tapa easy open. La cual una de sus líneas de producción no estaba alcanzando el indicador de rendimiento ideal "V2", el cual se determina con la relación entre el producto bueno vs el total de producción teórica de tiempo programado.

Este proyecto tuvo como objetivo incrementar el indicador de rendimiento V2 de la línea easy open 01. Se siguió la metodología DMAIC para encontrar los motivos, variables y causas por lo cual la línea de easy open 01 no pudo alcanzar el indicador de rendimiento mínimo que exige la empresa que es del 70%. Posteriormente se determinó que los principales problemas presentados de la línea de producción eran el desgaste de herramientas y piezas, falta de equipos de medición de herramientas, falta de conocimiento por parte del personal para realizar el cambio de piezas, falta de control de revisión y cambios de la biela de la prensa de conversión y falta de control de revisión de las columnas del troquel de vincha.

Posteriormente luego de los análisis, se procedió a realizar el plan de implementación para eliminar los problemas detectados, tales como implementación de Kanban para el abastecimiento de piezas, plan de capacitación de personal y plan de mantenimiento autónomo para la revisión de piezas. Con estas mejoras se logró incrementar el indicador de rendimiento de la línea easy open 01 de 59.94% a 71.33%.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURA.....	IV
SIMBOLOGIA .....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS .....	VIII
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Objetivos del proyecto.....	4
1.2.1. Objetivo general .....	4
1.2.2. Objetivo Específicos.....	4
1.3. Alcance y restricciones.....	4
1.4. Marco teórico .....	4
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Etapa de Definición .....	7
2.1.1. Declaración del problema.....	7
2.1.2. Definición del objetivo SMART y los objetivos específicos.....	8
2.1.3. Elaboración del SIPOC del proyecto.....	9
2.1.4. VOC “Voice of customer”del proyecto y determinación de los CTQ’s ..	11
2.1.5. Elaboración del Project Charter .....	16
2.2. Etapa de medición.....	18
2.2.1. Plan de recolección de datos.....	18
2.2.2. Toma de datos .....	20
2.2.3. Prueba de confiabilidad del plan de recolección de datos.....	20
2.2.4. Análisis de estabilidad y capacidad de datos.....	21
2.2.4.1. Análisis de capacidad del proceso.....	23
2.2.5. Estratificación de los datos .....	24

2.2.6.	Problema enfocado .....	27
2.3.	Etapa de Análisis.....	28
2.3.1.	Restablecimiento de condiciones básicas .....	28
2.3.2.	Proceso de identificación de causas.....	29
2.3.3.	Matriz de causa efecto de desgaste de herramientas.....	30
2.3.4.	Análisis de modo y efecto de falla del desgaste de herramientas .....	31
2.3.5.	Plan de verificación de causas .....	34
2.3.6.	Verificación de causas de desgastes de herramientas .....	41
2.4.	Etapa de implementación .....	42
2.4.1.	Elaboración de un modelo Kanban para pedido de repuestos.....	43
2.4.2.	Adquisición de equipos de medición para el área de convertidora.....	45
2.4.3.	Plan de capacitación para la calibración de la convertidora easy open 01 46	
2.4.4.	Frecuencia de revisión de bocines de la prensa de conversión y columnas del troquel de vincha .....	47
2.4.5.	Establecimiento de cambios de herramientas.....	48
2.5.	Etapa de control .....	48
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
4.1.	Conclusiones .....	56
4.2.	Recomendaciones.....	57

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**



## ABREVIATURA

DMAIC Definición Medición Análisis Implementación Control

$C_p$  Capacidad potencial del proceso

$C_{pk}$  Capacidad real del proceso

EO01 Línea easy open 01

SIPOC Supplier, Input, Process, Output, Customers

V2 Indicador de rendimiento, en el cual se compara la producción buena de la línea vs. La producción teórica programada

## **SIMBOLOGIA**

% Signo de porcentaje

\$ Signo dólar

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Porcentaje de producción por sección .....	2
Figura 1.2 Diagrama de Pareto de producción de tapas.....	2
Figura 1.3 V2 easy open 01 .....	3
Figura 2.1 Línea base del indicador de rendimiento V2 EO01 .....	8
Figura 2.2 SIPOC Línea de fabricación de Tapas Easy Open .....	10
Figura 2.3 Costo de energía eléctrica por millar de tapa producidas .....	12
Figura 2.4 Costo por consumo de gas por millar de tapa producidas .....	13
Figura 2.5 Sobretiempo de semanas 2019 EO01 .....	14
Figura 2.6 Porcentaje de cumplimiento de producción .....	15
Figura 2.7 Matriz de indicadores CTQ's.....	16
Figura 2.8 Culminación de cada proceso DMAIC .....	17
Figura 2.9 Proceso de validación de datos recolectados .....	21
Figura 2.10 prueba de normalidad de datos .....	22
Figura 2.11 Gráficas de control de los datos .....	23
Figura 2.12 Análisis de capacidad del proceso actual .....	24
Figura 2.13 Estratificación de datos por tipos de paradas .....	25
Figura 2.14 Estratificación de datos por estación de la línea .....	26
Figura 2.15 Diagrama de Pareto de paras no programadas de la estación convertidora .....	27
Figura 2.16 Diagrama de Ishikawa que inciden el desgaste de herramientas .....	30
Figura 2.17 Falta de stocks de herramientas .....	35
Figura 2.18 Falta de equipos de medición .....	36
Figura 2.19 Falta de conocimiento para cambios de herramientas.....	36
Figura 2.20 Falta de paralelismo en la estación de la incisión .....	37
Figura 2.21 Prueba de calidad de la incisión POP .....	38
Figura 2.22 Informe de capacidad del proceso de POP lado A .....	39
Figura 2.23 Informe de capacidad del proceso de POP lado B .....	39

Figura 2.24 Visualización de herramientas desgastadas.....	40
Figura 2.25 Verificación del centrado incorrecto del troquel de vincha .....	41
Figura 2.26 Identificación de la causa raíz mediante el 5 porque's.....	41
Figura 2.27 Tarjeta de identificación de Kanban.....	45
Figura 2.28 Equipos de medición para piezas y herramientas.....	46
Figura 2.29 Tablero de control de indicador V2 .....	49
Figura 3.1 Gráfica comparativa antes y durante el proyecto.....	51
Figura 3.2 Comportamiento del V2 a lo largo del proyecto .....	52
Figura 3.3 Comparativo del $C_p$ y $C_{pk}$ antes y durante el proyecto.....	53
Figura 3.4 Comparativo de 2 medias V2 antes y durante el proyecto.....	54
Figura 3.5 Comparativo de medias del V2 durante el proyecto vs. El V2 ideal .....	55

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Declaración del problema .....	7
Tabla 2 Voz del cliente interno.....	12
Tabla 3 Plan de recolección de datos .....	19
Tabla 4 Documento para la recolección de datos .....	19
Tabla 5 Declaración del problema enfocado.....	28
Tabla 6 Matriz causa efecto de desgaste de herramientas.....	31
Tabla 7 Matriz de calificación AMEF por severidad .....	32
Tabla 8 Matriz de calificación AMEF por ocurrencia .....	32
Tabla 9 Matriz de calificación AMEF por detección .....	33
Tabla 10 AMEF de desgaste de herramientas.....	34
Tabla 11 Plan de verificación de causas.....	34
Tabla 12 Plan de verificación de causas.....	42
Tabla 13 Plan de implementación de mejoras .....	43
Tabla 14 Cantidad de artículos por Kanban.....	44
Tabla 15 Plan de capacitación de colaboradores .....	47
Tabla 16 Tablero de control de niveles de variabilidad.....	49

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCION

En la actualidad, la utilización eficiente del tiempo laboral es considerada como un reto en las industrias, debido a que la pérdida del mismo, genera pérdidas tanto de recursos como monetario, esto se vuelve más crítico si no se utiliza de manera eficiente el tiempo en una línea de producción que es considerada como una de las que mayor demanda tienen en el mercado tanto nacional como de exportación. (Procel, 2018)

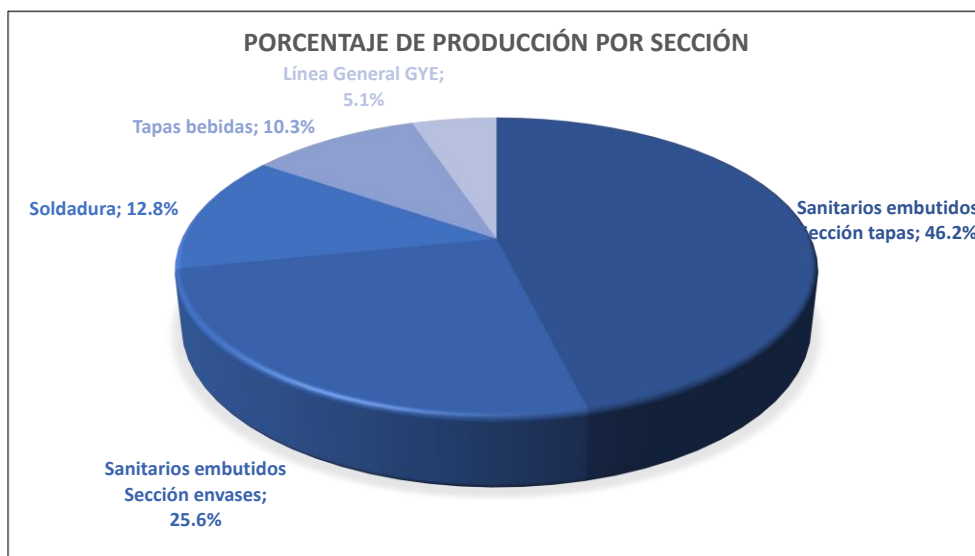
La fábrica de envases dedicada a la producción de empaques de hojalata y empaques plásticos lleva en el mercado nacional más de 60 años siendo aún pioneros en ventas en el mercado atunero y de empaques alimenticios.

La fábrica cuenta con 5 áreas de producción: soldadura, sanitarios embutidos envases, sanitarios embutidos tapas, tapas bebidas y línea general.

Este proyecto se enfoca en el área de sanitarios embutidos tapas, la cual produce uno de los productos que mayor demanda tiene en el mercado nacional e internacional, que es la tapa abre fácil (easy open); debido a que la línea que produce esta tapa no alcanza el indicador de rendimiento (V2) que exige la empresa.

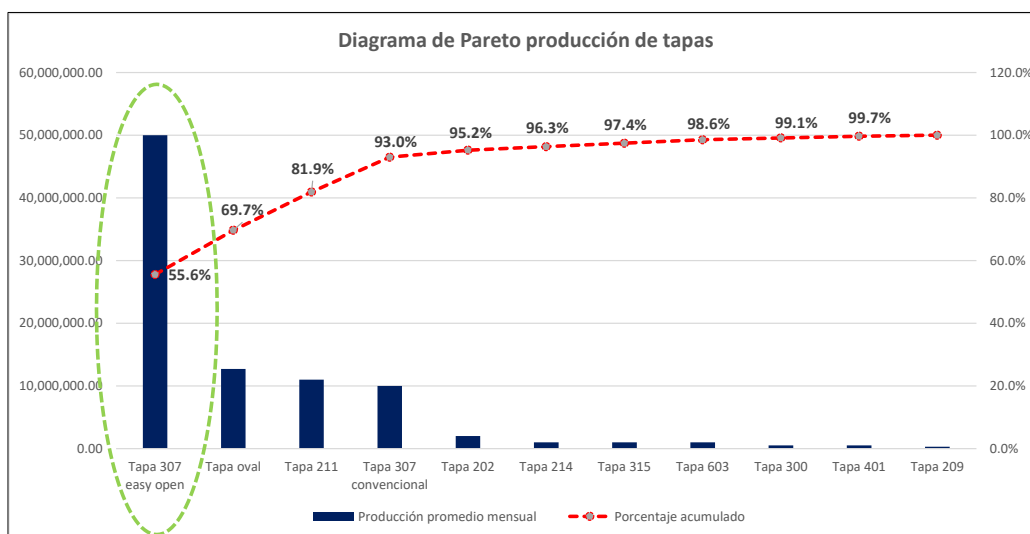
### 1.1. Descripción del problema

Actualmente el área de sanitarios embutidos que representa el 46% de producción total de la empresa Envases S.A de acuerdo a la figura 1.1, tiene su producto con mayor demanda en el mercado, que es la tapa abre fácil, la cual representa el 55.6% de su producción total, tal como se muestra en la figura 1.2.



**Figura 1.1 Porcentaje de producción por sección**

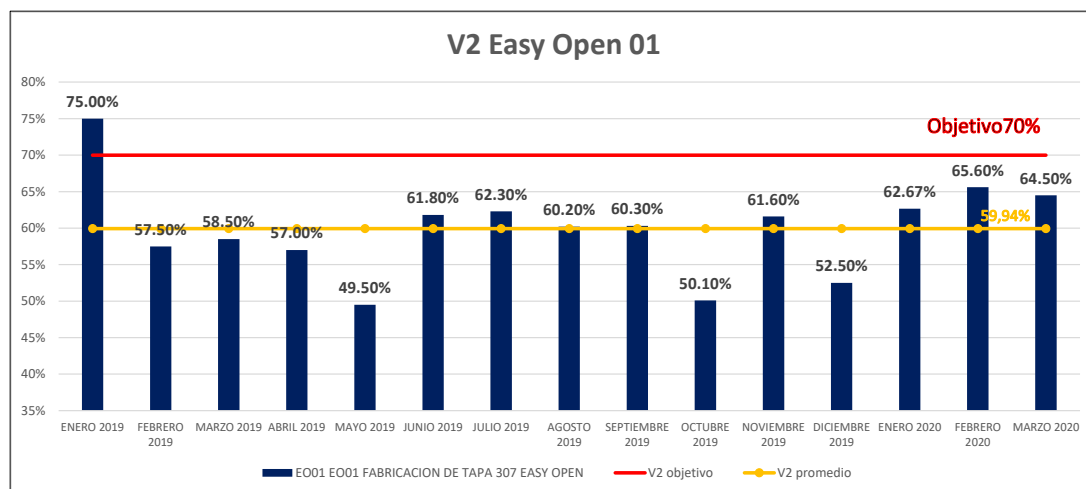
Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.



**Figura 1.2 Diagrama de Pareto de producción de tapas**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Sin embargo, desde febrero del 2019 a marzo del 2020 el indicador de rendimiento (V2) de la línea easy open 01, que es la encargada de producir las tapas abre fácil no alcanza el objetivo esperado planteado por la empresa, que es mínimo 70%.



**Figura 1.3 V2 easy open 01**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 1.3, los valores del indicador de rendimiento (V2) presentan un valor promedio del 59.94%, por debajo del esperado; debido a esto, la empresa tiene problemas con el cumplimiento de las ordenes de producción a tiempo y obliga a trabajar horas extras para cumplir con la demanda planificada.

Variable de respuesta

La variable de respuesta del proyecto es el indicador de rendimiento (V2), el cual mide el porcentaje entre la producción buena versus la producción teórica de tiempo programado.

$$V2 = \frac{\text{Producción buena}}{\text{Producción teórica de tiempo programado}} \times 100$$

Para lo cual, la empresa tiene definido cada parámetro de medición del V2:

- **V2:** Indicador de rendimiento de producción de las líneas.
- **Producción buena:** Producto elaborado, con la aceptación del departamento de calidad, cumpliendo las especificaciones establecidas.
- **Producción teórica de tiempo programado:** Número de unidades que debe de producir la línea, considerando su



velocidad de producción y el tiempo programado por parte de planificación.

## **1.2. Objetivos del proyecto**

### **1.2.1. Objetivo general**

Incrementar el indicador de rendimiento (V2) de la línea easy open 01 a través de la utilización de la metodología Lean Six Sigma implementando DMAIC

### **1.2.2. Objetivo Específicos**

- Determinar y analizar las principales causas que generan la disminución del indicador de rendimiento (V2) en la línea easy open a través de herramientas Lean Six Sigma y DMAIC.
- Implementar y evaluar mejoras para el incremento del indicador de rendimiento (V2) en la línea easy open.
- Controlar el desempeño futuro del proceso de producción de la línea easy open a través de indicadores de variabilidad del proceso.

## **1.3. Alcance y restricciones**

El alcance del proyecto se dará en la línea EO01 desde el proceso de troquelado hasta el proceso de paletizado de tapas easy open, según lo mencionado en la figura 2.2 SIPOC Línea de fabricación de Tapas Easy Open.

Para la realización del proyecto, la restricción principal que se tiene es el tiempo de desarrollo, debido a que por temas de inversión para las implementaciones o mejoras quedarán en status pendiente para que se cumplan en fechas posteriores de culminación del proyecto.

## **1.4. Marco teórico**

En base a la problemática identificada en la línea easy open 01, se decide utilizar la metodología Lean Six Sigma, cuya finalidad de esta implementación, es de incrementar el indicador de rendimiento (V2) del proceso para alcanzar el objetivo propuesto a nivel empresarial y así poder mejorar la satisfacción del cliente y resultados finales.

Lean se concentra en eliminar el desperdicio mediante la reducción o minimización simultánea de la variabilidad interna del proveedor y del cliente y Six sigma se concentra en medir la calidad del producto, un proceso Six sigma tiene una tasa de falla de 3.4 partes por millón (PPM) o 99.99966% de producto sin defectos. (Dedhia, 2005).

El proyecto estará estructurado en base a las 5 fases de mejoramiento de Six Sigma: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar, que es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado (Design & Mccarty, 2012).

- Define (definir). Definir los clientes, las expectativas, la normativa del equipo presentando medidas específicas para la organización de desarrollo de la fase del proyecto. (50Minutos, 2016)
- Measure (medir). Medir y recopilar los datos (defectos) del proceso en cuestión. (50Minutos, 2016)
- Analyze (analizar). Analizar los datos recopilados y el proceso para identificar los problemas relacionados con la situación actual. (50Minutos, 2016)
- Improve (mejorar). Innovar para determinar soluciones potenciales y aplicarlas posteriormente a pequeña escala para ver si efectivamente mejora el rendimiento del proceso. (50Minutos, 2016)
- Control (controlar). Controlar, detallar y aplicar un plan para comprobar que la mejora se produzca a mejor escala. (50Minutos, 2016)

Actualmente la empresa presenta problemas en el conocimiento estandarizado del personal, debido al enfoque o a la falta de capacitación referente a lo que necesita aprender, y solamente a través de la experiencia es que aprenden a trabajar en la línea de producción, y al momento de que se genere un problema, no saben cómo resolverlo, o solucionan, sin dejar nada establecido o estandarizado.

Esta continua operación en ambientes turbulentos mantiene el estrés laboral alto y la motivación del personal baja. Provoca tensión entre los miembros de los equipos al tratar de evadir la responsabilidad en torno a la causa de los problemas. Y convierte su lugar de trabajo en el típico ambiente laboral donde todos están continuamente “apagando incendios”. (Jorge, 2018)

Es por esta razón que uno de los factores claves que se requiere para asegurar el desempeño del proceso es la formación de talentos, para desarrollar una cultura de aprendizaje al atraer, capacitar y retener empleados. (Socconini, 2017), logrando así:

- Fuerza laboral más estable
- Reducción de accidentes
- Disminuye el tiempo de formación.
- Conocimiento documentado de procesos críticos.
- Personas dispuestas y motivadas a aprender.

Cuando una organización del trabajo puede convertir soluciones de problemas en trabajos estándar y mantenerlos, puede comenzar el siguiente paso que es el de la mejora del trabajo ya existente.(Huntzinger, 2006)

Los cambios rápidos en los procesos de un negocio, manufactura y operaciones son esenciales. Recuerda que el tiempo y la calidad importan, significa dinero, por lo que, deshacerse de pasos innecesarios, acciones o movimientos es la clave para lograrlo. (Gomez, 2014)

El análisis de valor puede aportar información muy valiosa a estas preguntas y sobre todo, para diseñar un sistema que se adapte a las fluctuaciones de la demanda, dadas las cambiantes necesidades del cliente (Socconini, 2017)

Para analizar el comportamiento de las partes del proceso, es necesario identificar que tan variable es y determinar las causas de variabilidad. Las fuentes más prevalentes de la variabilidad en los entornos de fabricación son: Variabilidad "natural", que incluye fluctuaciones menores en el tiempo de proceso debido a diferencias en operadores, máquinas y material, cortes aleatorios, configuraciones, disponibilidad del operador, reciclar (Wallace Hopp, 2000).

## CAPÍTULO 2

### 2. METODOLOGIA

La metodología que se va a usar es Lean six sigma implementando DMAIC, la cual se va a seguir para el desarrollo del proyecto y para el alcance de los objetivos planteados, tal como se mostró en la figura 2.8, la cual indica las fechas de culminación de cada etapa del DMAIC.

#### 2.1. Etapa de Definición

##### 2.1.1. Declaración del problema

Para la declaración del problema del proyecto se utilizó la siguiente tabla:

**Tabla 1 Declaración del problema**

PREGUNTA	DESCRIPCIÓN
¿Qué?	El indicador de rendimiento (V2)
¿Donde?	En la línea EO01
¿Cuándo?	Desde el mes de febrero del 2019 hasta el mes de marzo del 2020
¿Qué tanto?	El rendimiento promedio de la línea easy open 01 es 59.94%
¿Cómo lo sé?	El objetivo establecido por la empresa es 70%

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia

De acuerdo a lo mostrado por la tabla 1, el problema definido para el proyecto:

“Desde el mes de febrero del 2019 hasta marzo del 2020, el indicador de rendimiento (V2) de la línea EO01 no cumple con el objetivo establecido por la empresa que es 70%. El rendimiento promedio (V2) de la línea es de 59.94%”.

## 2.1.2. Definición del objetivo SMART y los objetivos específicos

Para realizar el cálculo del objetivo SMART “Specific, Measurable, Achievable, Realistic y Timebound” se tuvo que realizar lo siguiente:

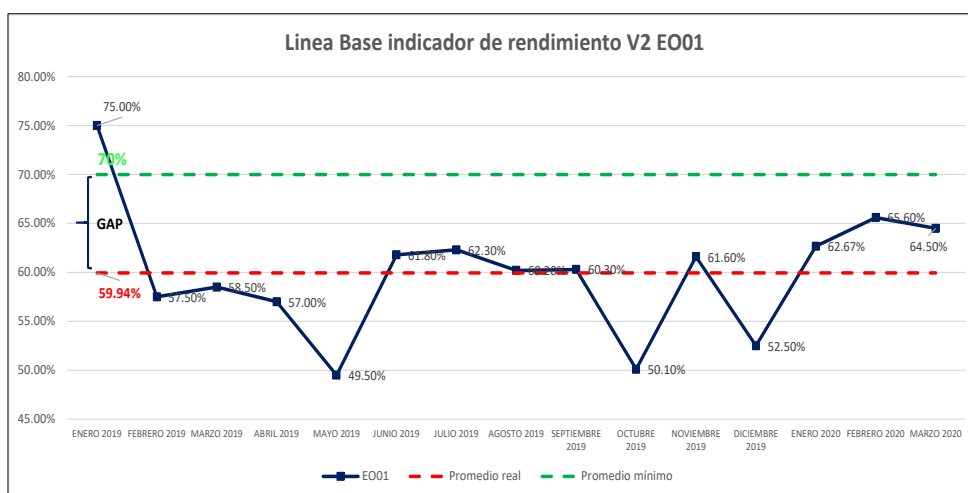
**Línea base** Para obtener esta información, se tomó la data histórica del indicador de rendimiento (V2) desde enero del 2019 a marzo del 2020, lo cual se obtuvo un valor promedio de 59.94%.

**Valor referencial (Benchmark)** Para este valor referencial, se tomó en cuenta el valor mínimo promedio del indicador de rendimiento (V2) que exige la empresa, el cual es del 70%.

**Determinación del GAP** Para determinar el GAP se consideró el porcentaje de crecimiento del valor promedio obtenido de los datos históricos versus el valor referencial, para lo cual se realizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de crecimiento} = \left[ \left( \frac{\text{Valor referencial}}{\text{Valor promedio histórico}} \right) - 1 \right] \times 100$$

De acuerdo a la ecuación utilizada, se obtiene que el GAP resultante será de un 16.78% de crecimiento.



**Figura 2.1 Línea base del indicador de rendimiento V2 EO01**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Tal como se observa en la figura 2.1., el 16.78% será el porcentaje de crecimiento de la línea al lograr el objetivo mínimo, exigido por la empresa, siendo este el 70% de rendimiento (V2) de la línea EO01.

**Determinación del objetivo SMART** Una vez obtenido la línea base, el benchmark exigido y el GAP, se determina como el objetivo SMART del proyecto:

Para lo cual se determinó el mejor escenario obtenido en la línea, el cual se obtuvo en el mes de enero del 2019, cuyo valor de V2 fue de 75%.

<b>GAP (Brecha)</b>	15%
<b>Benchmark</b>	75%
<b>Promedio</b>	59.94%

Y se determinó el GAP de oportunidad de mejora, el cual es el 15%; luego de esto, se determina cual es el mejor escenario en el cual el proyecto se puede desarrollar, para que el objetivo sea SMART, por lo que:

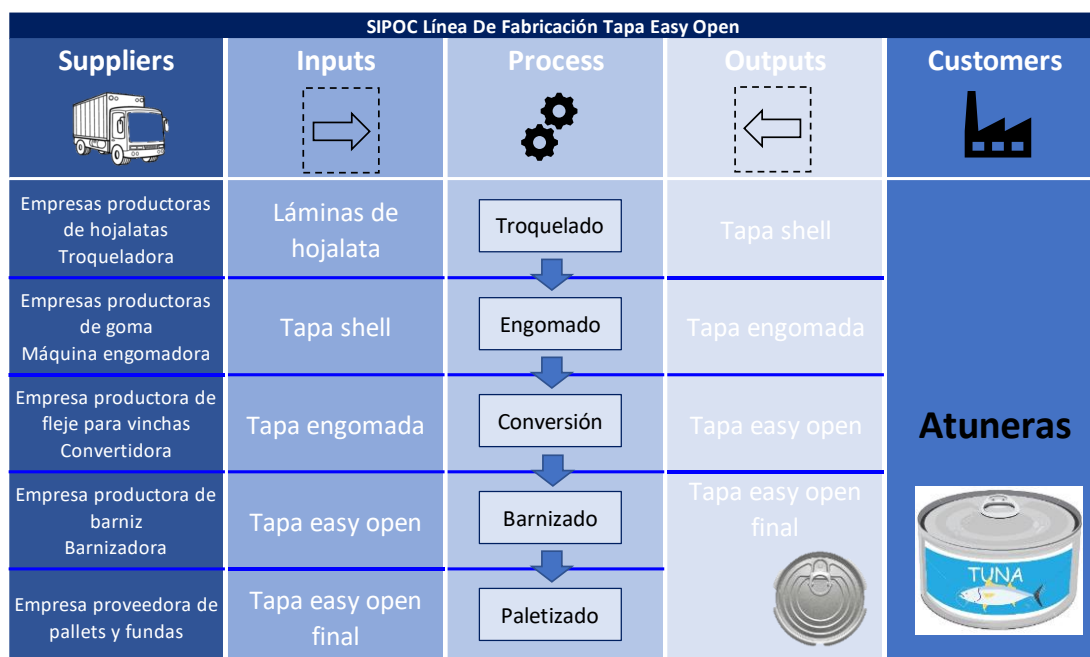
	<b>Pesimista</b>	<b>Neutro</b>	<b>Optimista</b>
	20%	50%	70%
<b>Objetivo</b>	63%	67%	<b>70%</b>

Por lo que el objetivo SMART de nuestro proyecto va a ser en un escenario optimista, considerando que es la exigencia de la empresa, que como valor mínimo de V2 es del 70%.

Definiendo el objetivo SMART como “Incrementar el indicador de rendimiento (V2) de la línea EO01 de un 59.94% a 70% en un período de 4 meses”

### 2.1.3. Elaboración del SIPOC del proyecto

El alcance del proyecto se reflejada a través de la herramienta SIPOC, tal como se muestra en la figura 2.2



**Figura 2.2 SIPOC Línea de fabricación de Tapas Easy Open**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Como describe la figura 2.2, se va a considerar las etapas del SIPOC de la siguiente manera:

Suppliers: las empresas que son proveedoras de:

- Hojalata
- Goma o compuesto hermetizante
- Fleje para la fabricación de vinchas
- Barniz
- Pallets y fundas

Así mismo se va a considerar las máquinas:

- Troqueladora
- Engomadora
- Convertidora
- Barnizadora

Inputs: Lo que ingresa al proceso de fabricación de tapas easy open:

- Láminas de hojalata
- Tapa Shell
- Tapa engomada
- Tapa easy open
- Tapa easy open final

Process: El conjunto de tareas o actividades para la fabricación de tapas easy open.

Outputs: Las salidas que se obtiene después de realizar cada proceso de fabricación de tapa easy open:

- Tapa Shell
- Tapa engomada
- Tapa easy open
- Tapa easy open final

Costumers: Para las empresas atuneras.

#### **2.1.4. VOC “Voice of costumer” del proyecto y determinación de los CTQ’s**

El término Voice of Costumer se utiliza para describir las necesidades del cliente, tanto interno como externo, y adicional las percepciones acerca del proceso de producción.

Para ello se entrevistaron a los líderes de los departamentos de RRHH, planificación y servicios generales, y determinar de qué manera les está afectando que el indicador de rendimiento (V2) esté por debajo de lo esperado de la línea easy open 01.



Tabla 2 Voz del cliente interno

Producto	Cliente interno	Hallazgos
Indicador de rendimiento V2 de la línea Easy Open 01	Departamento de RRHH	Existe un exceso de sobretiempo para cumplimiento de la producción
	Departamento de planificación	No existe un cumplimiento a tiempo del programa de producción
	Departamento de servicios generales	Existe un incremento en el costo de consumo de gas y de electricidad por millar de tapas producidas

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia

Tal como se puede apreciar en la tabla 2, en los departamentos en mención se lograron determinar varios hallazgos, adicional, se recopiló información de los meses en estudio.

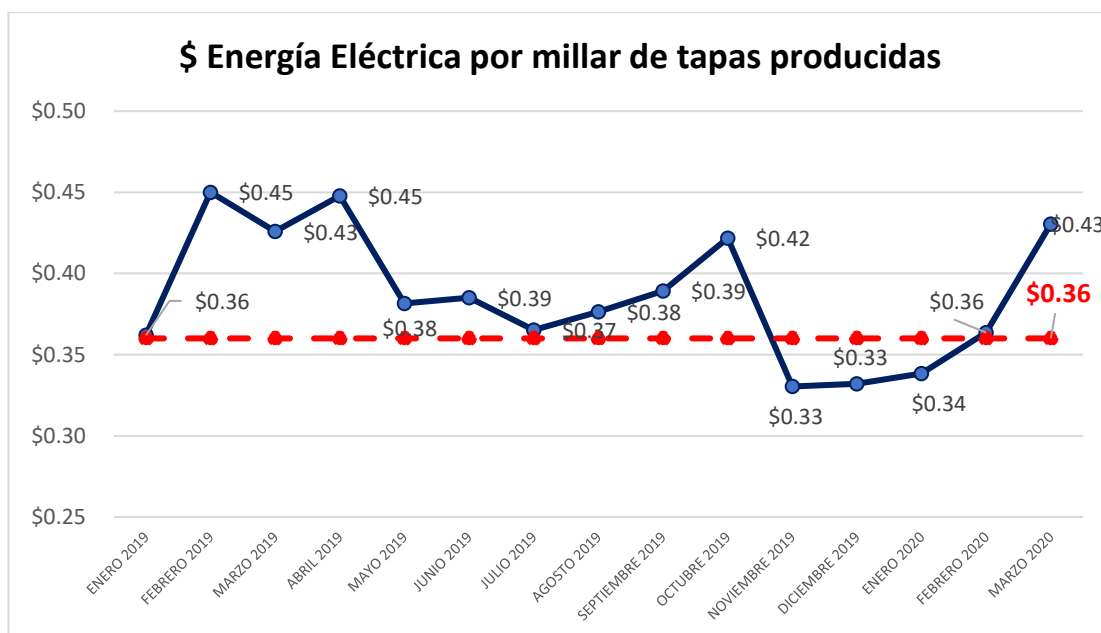
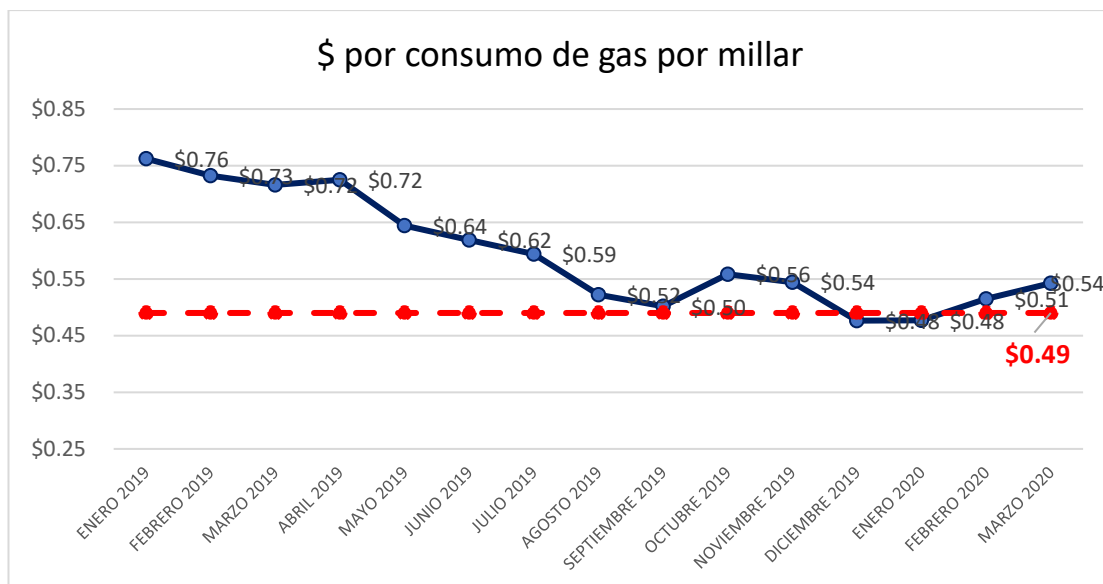


Figura 2.3 Costo de energía eléctrica por millar de tapa producidas

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 2.3, durante los meses de estudio del indicador de rendimiento V2, el departamento de servicios generales muestra el costo que está generando la línea por producir el millar de tapas con respecto a la energía eléctrica, la cual se visualiza que la mayoría de meses se excede en costo, cuyo límite permitido es de \$0.36.

Adicional a esto, en la figura 2.4, también se puede observar como el costo de consumo de gas también se encuentra elevado con respecto al límite permitido por millar de tapas, el cual es de \$0.49.

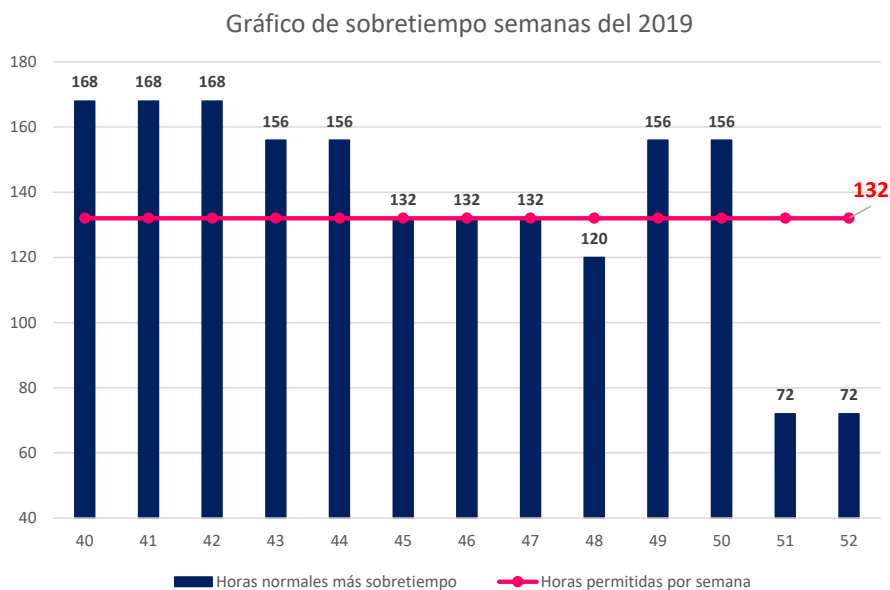


**Figura 2.4 Costo por consumo de gas por millar de tapa producidas**

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia.

Adicional a esto, por parte de RRHH existe el reclamo, de que existe exceso de sobretiempo para la producción de tapas easy open.

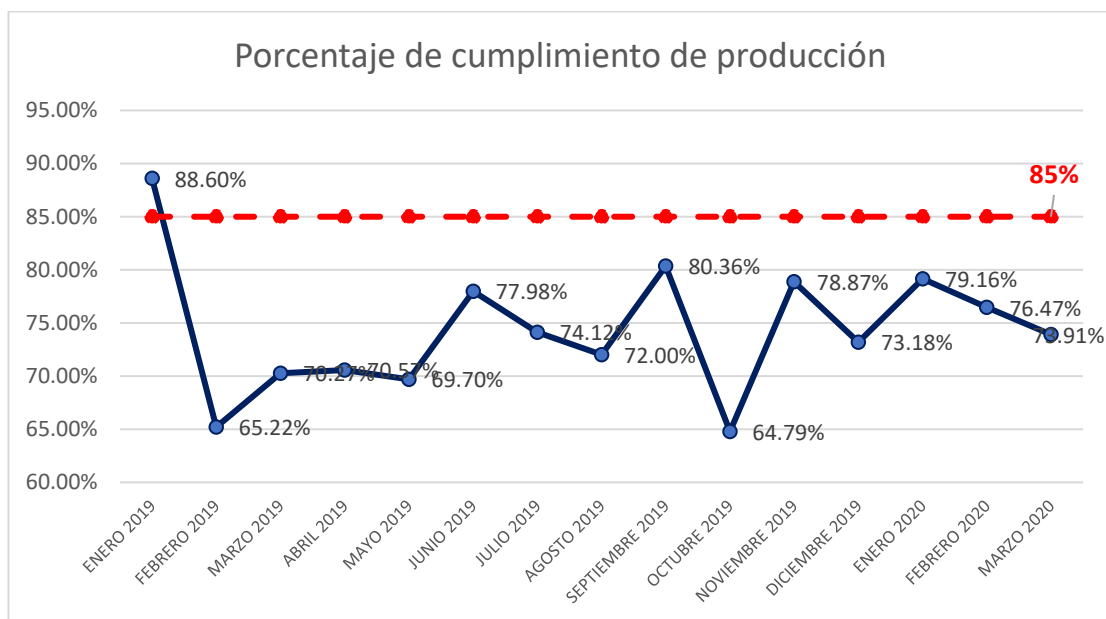


**Figura 2.5 Sobretiempo de semanas 2019 EO01**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 2.5, se visualiza en la mayoría de semanas tomadas como datos históricos, a partir de la 40 del año 2019, la línea se excedió en el sobretiempo de horas laborables para la producción de tapa easy open, de igual manera se visualiza en las semanas 51 y 52, son semanas atípicas correspondientes a las festividades de diciembre, que por eso se registra una baja de horas de producción.

En el departamento de planificación, existe un malestar debido a que la línea no está cumpliendo con el plan de producción desde enero del 2019, el cual se ve reflejado en la figura 2.6



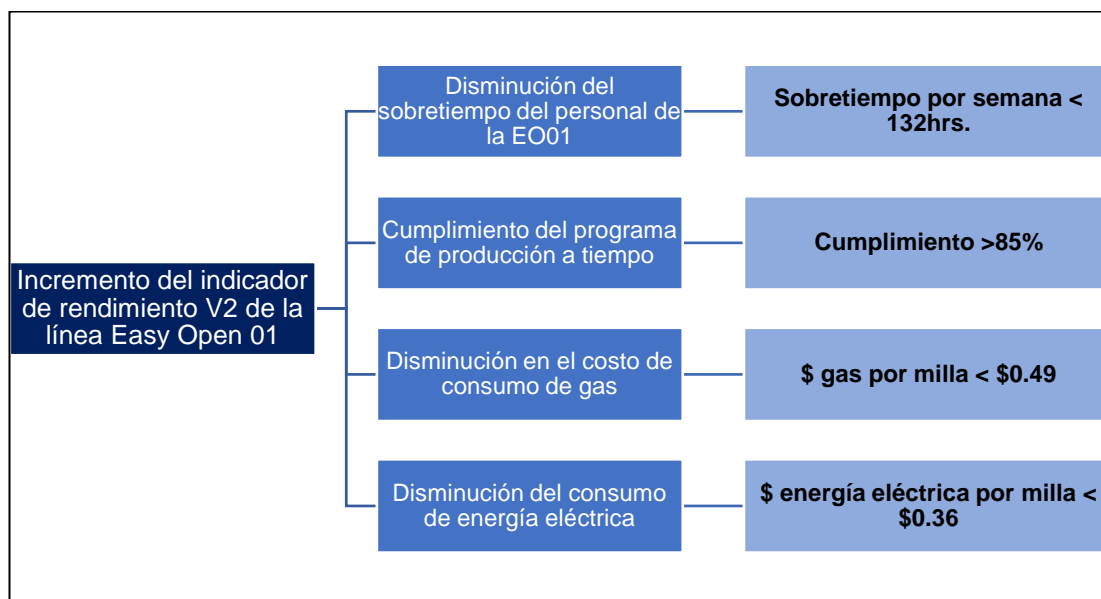
**Figura 2.6 Porcentaje de cumplimiento de producción**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Tal como se visualiza en la figura 2.6, la línea de producción Easy Open 01 no ha logrado cumplir el porcentaje de cumplimiento de producción a tiempo cuyo indicador propuesto por planificación, es del 85% como mínimo de cumplimiento.

### **Determinación de los CTQ's**

Una vez determinado cuales son los problemas que se generan en las otras áreas, debido a que la línea easy open 01 no alcanza el indicador de rendimiento V2, estos se los traducen en CTQ's del proceso.



**Figura 2.7 Matriz de indicadores CTQ's**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 2.7 se traduce en CTQ's las necesidades de los otros departamentos, los cuales se ven afectado por el bajo indicador de rendimiento V2 de la línea easy open 01.

### 2.1.5. Elaboración del Project Charter

Para la elaboración del Project charter (resumen del proyecto) se considera lo siguiente:

#### Título del proyecto

Implementación de la metodología Lean Six Sigma para incrementar el indicador de rendimiento (V2) en las líneas de producción easy open 01

#### Declaración del problema

Desde el mes de febrero del 2019, el indicador de rendimiento (V2) de la línea easy open 01 no cumple con el objetivo establecido por la empresa que es 70%. El rendimiento promedio (V2) de la línea es de 59.94%.

### Beneficios para la organización

Incremento en un 16.78% el indicador de rendimiento (V2) de la línea easy open 01.

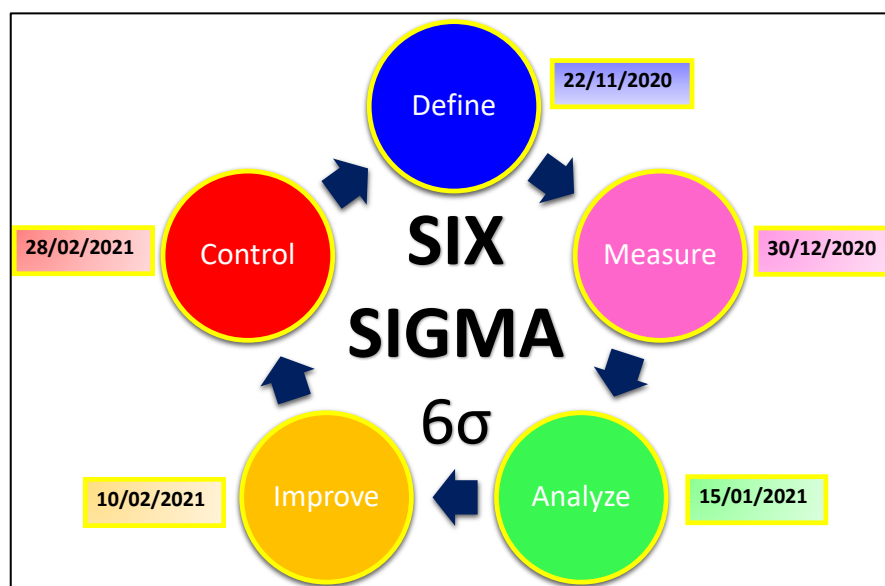
### Impacto en otros indicadores

Reducir a el tiempo de paro no programado por desgaste de herramientas a menor o igual a 1%.

Disminuir el tiempo de cambio y calibración de la línea a menor o igual a 2 horas.

### Fecha de cierre de etapas

De acuerdo a la figura 2.8:



**Figura 2.8 Culminación de cada proceso DMAIC**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

### Entregables esperados

- Matriz de habilidades del personal de la línea EO01
- Plan de mantenimiento autónomo de la línea
- Elaboración de instructivos y procedimientos de la línea.
- Plan de compras y abastecimiento de repuestos de la línea.

### **Declaración del objetivo SMART**

Incrementar el indicador de rendimiento (V2) de la línea EO01 de un 59.94% a 70% en un período de 4 meses

En el **ANEXO A** se podrá visualizar de manera resumida el Project Charter.

## **2.2. Etapa de medición**

En esta etapa se va a determinar la situación actual del indicador de rendimiento (V2), determinando cuales son las paras no programadas que influyen, para que el indicador en mención se encuentre por debajo de lo esperado, para lo cual se va a desarrollar un plan de recolección de datos.

### **2.2.1. Plan de recolección de datos**

El plan de recolección de datos presenta información detallada en el proceso de recolección:

- (Qué) ¿Qué se medirá?;
- (Tipo de dato) Cuantitativo, Cualitativo
- (Cómo) ¿Cómo se obtiene los datos?
- (Factores): Factores de estratificación
- (Muestreo) Tamaño y frecuencia de la muestra
- (Dónde) ¿Dónde se registrarán los datos?

En la tabla 3 permite visualizar el plan de recolección de la información deseada.

Tabla 3 Plan de recolección de datos

Datos		Definición operacional			
Qué	Tipo de dato	Cómo medir	Factores de estratificación	Muestreo	Donde se registra
Tiempos de para programadas y no programados	Continuo	Se ingresará la información cada vez que exista algún tipo de para programada y no programada en la línea Easy Open 01	Por fecha Por turno Por estación Por operador Por tipo de producto Razones de paro *Desgaste de herramientas *Falta de material *Transportadores de tapa *Problemas de barnizadora *Problemas por material *Otros	Se registra toda la información generada durante toda la jornada laboral	En registro de control de paras no programadas y tiempos de calibración

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Para la información requerida se crea documento, tabla 4, el cual permite recolectar toda la información necesaria para el plan de recolección de datos, en el **ANEXO B** se adjunta el listado del plan de recolección de datos.

Tabla 4 Documento para la recolección de datos

Fecha	Turno	Operador	Tipo de tapa	Estación	Tipo de parada	Razón de paro	Hora inicio de parada	Hora final de parada	Tiempo total hrs	Tiempo total min	Producción buena
11/12/2020	A	Aguiar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	11:30:00	12:00:00	0.50	30	433,500
11/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Aguiar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	11:30:00	12:00:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Aguiar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	15:00:00	16:00:00	1.00	60	561,000
11/12/2020	B	Quiroz	307	Convertidora	Para programada	Comida	23:00:00	23:30:00	0.50	30	
12/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	561,000
12/12/2020	B	Quiroz	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	561,000
13/12/2020	A	Aguiar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	10:30:00	11:00:00	0.50	30	369,750
13/12/2020	A	Quintero	307	Troquelado	Para no programada	Falta de material	16:00:00	16:30:00	0.50	30	
13/12/2020	A	Quintero	307	Troquelado	Para no programada	Transportadores de tapas	18:00:00	18:15:00	0.25	15	
14/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	16:30:00	19:30:00	3.00	180	382,500
14/12/2020	B	Fariás	307	Convertidora	Para no programada	Transportadores de tapas	19:30	20:30	1.00	60	
14/12/2020	B	Suarez	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	19:30	22:30	3.00	180	

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

El documento para la recolección de datos está dividido en:



- Fecha: para determinar el día de registro
- Turno: Para determinar si el registro durante el turno A “dia”, turno B “noche”
- Operador: Para determinar que colaborador realiza el registro.
- Tipo de tapa: Para determinar tipo de tapa a producir “tapa 307” o “tapa 211”
- Estación: Para determinar en cuál de las estaciones de la línea se registra la novedad; con esta información se puede enfocar cual es la estación que más problema presenta.
- Tipo de parada: Determinar si es para programada o no programada.
- Razón de paro: Para determinar cuál es el motivo de parada de la línea EO01.
- Hora inicio de parada: Para determinar el momento de inicio de la parada.
- Hora final de parada: Para determinar el momento que se finalizó la parada.
- Tiempo total hrs: Para determinar el tiempo total de parada.

### **2.2.2. Toma de datos**

La manera como se realizó la toma de datos fue durante todos los días de producción, registrando todas las paradas, tanto programadas como no programadas de la línea Easy Open 01.

### **2.2.3. Prueba de confiabilidad del plan de recolección de datos**

Para la prueba de confiabilidad y validación de los datos recolectados a través del registro de paradas programadas y no programadas de la línea Easy Open 01, se realizó lo siguiente:

- Se comparó los tiempos registrados en el formato versus la información que refleja el software de ingreso de producción y tiempos.
- De manera aleatoria el operador seleccionado para realizar la actividad de comprobación de datos, validaba la información entre lo ingresado versus lo del sistema, tal como se muestra en la figura 2.9.

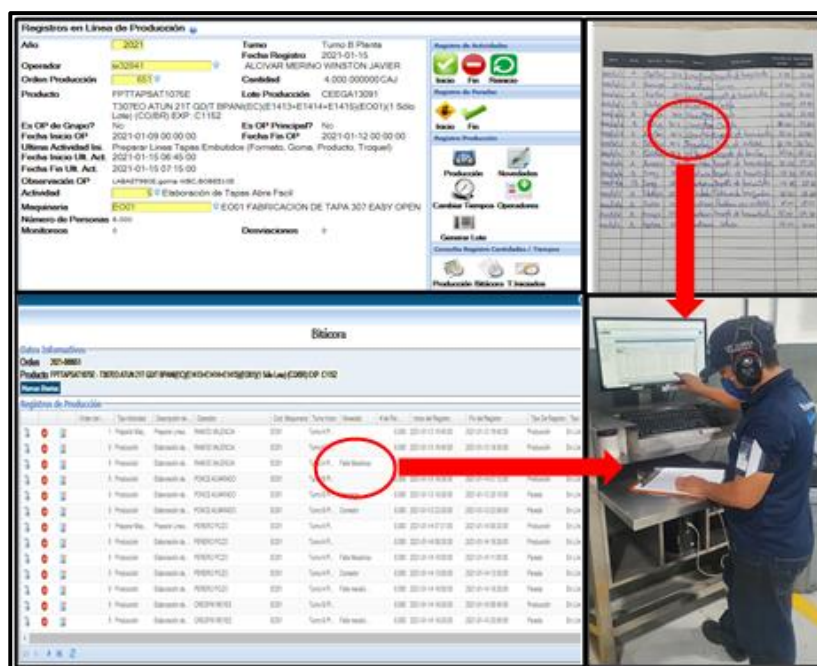


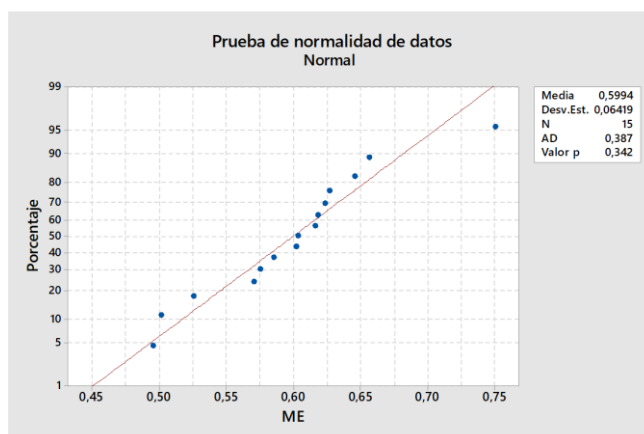
Figura 2.9 Proceso de validación de datos recolectados

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia.

#### 2.2.4. Análisis de estabilidad y capacidad de datos

Para validar el análisis de estabilidad de los datos obtenidos se realizó una prueba de normalidad del porcentaje de V2, con la finalidad de que los pronósticos estadísticos sean respaldados por los datos obtenidos.



**Figura 2.10 prueba de normalidad de datos**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

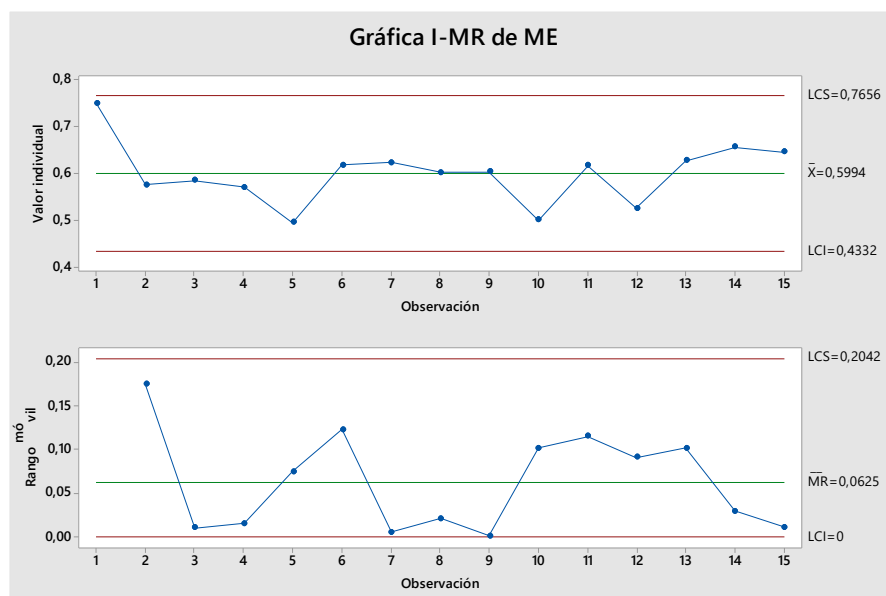
De acuerdo a la figura 2.10 se puede determinar si los datos presentan un comportamiento normal, considerando un grado de confiabilidad del 95%:

$H_0 =$  Los valores tienen un comportamiento normal vs.

$H_1 =$  Los valores no tienen un comportamiento normal

Donde estadísticamente se puede determinar con un valor  $p > 0.05$ , el indicador de rendimiento V2 de la línea tiene un comportamiento normal.

Adicional a esto se realizó las cartas de control, con respecto a los valores del V2, con la finalidad de validar la estabilidad del proceso y que se encuentre bajo control estadístico y que no existan cambios a través del tiempo. La data tomada corresponde a valores semanales, los cuales fueron tomados desde el mes de septiembre del 2020 semana 38 al mes de diciembre del 2020 semana 52.



**Figura 2.11 Gráficas de control de los datos**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Tal como se visualiza en la figura 2.11, se puede determinar estadísticamente que el proceso con respecto al V2 se encuentra estable; y con este resultado, se puede realizar un análisis de capacidad del proceso, con la finalidad de determinar qué tan capaz resulta ser el proceso, con respecto al V2.

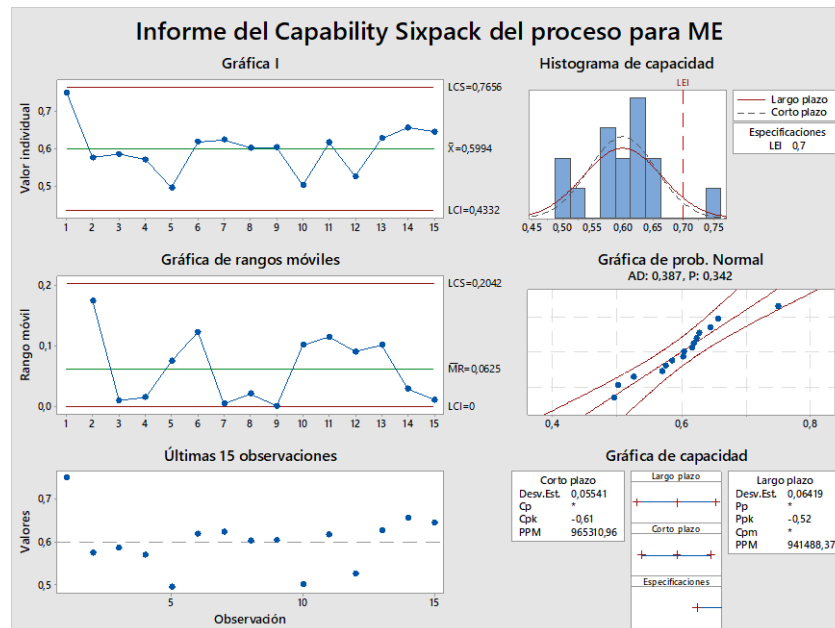
#### 2.2.4.1. Análisis de capacidad del proceso

El análisis de capacidad del proceso se realiza para comparar la variación del proceso, con respecto a los límites de especificación.

Para nuestro proyecto, se analizó la variable de respuesta, el indicador de rendimiento V2, considerando el límite inferior o valor mínimo de rendimiento exigido de la empresa que es el 70%.

Para realizar el análisis, primero se considera la normalidad de los datos, el cual en el análisis de sensibilidad se determinó que los datos siguen una distribución normal.

Luego de esto se procede a realizar el análisis estadístico  $C_p$  y  $C_{pk}$  de la variable de respuesta, en este caso, indicador de rendimiento V2.



**Figura 2.12 Análisis de capacidad del proceso actual**

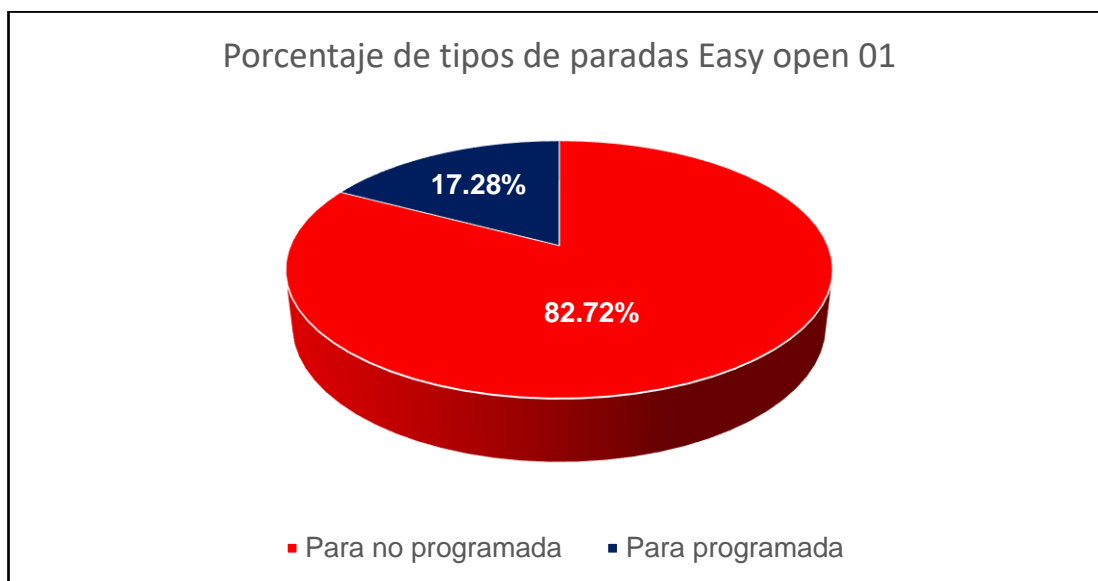
Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo a los datos mostrados en la figura 2.12, nos damos cuenta que el nivel de capacidad del proceso  $C_{pk}$  es de -0.61, de tal manera, se puede determinar que es un proceso no adecuado, y requiere de análisis de manera inmediata.

Se consideró este valor de  $C_{pk}$  como punto de partida y de evaluación para los resultados obtenidos después de realizar el proyecto.

## 2.2.5. Estratificación de los datos

Para la estratificación de datos, primero se determinó el porcentaje del tipo de parada que afecta a la línea Easy Open 01, bien sea paradas no programadas y paradas programadas.

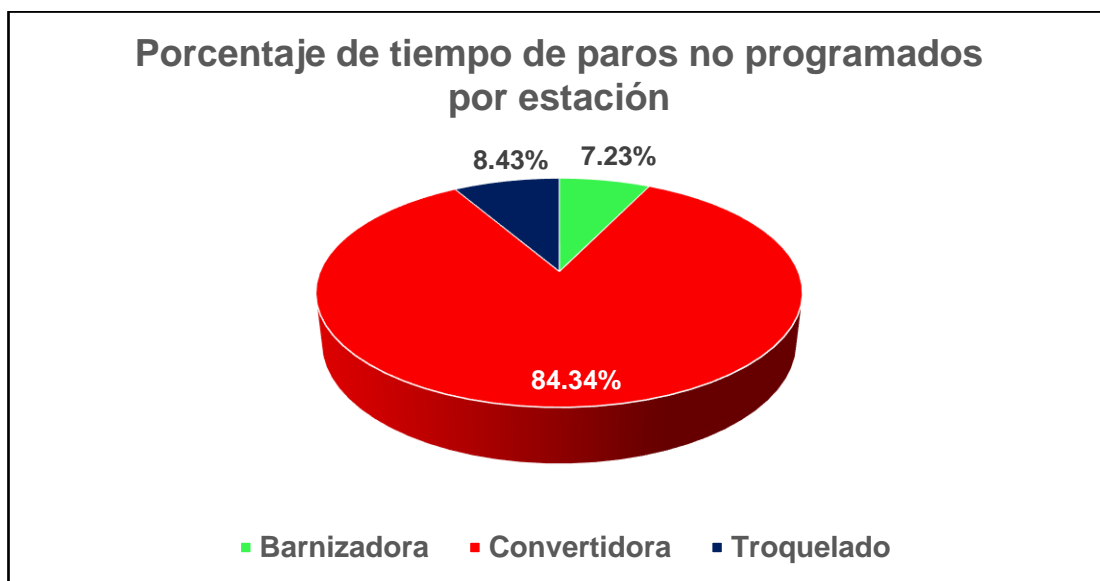


**Figura 2.13 Estratificación de datos por tipos de paradas**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Tal como se muestra en la figura 2.13, se determinó que el principal problema de tipos de paradas que tiene la línea Easy Open 01 son las de tipo no programadas, representando el 82.72% del total de paradas realizadas en el plan de recolección de datos.

Luego de esto se determinó cual es la estación de la línea Easy open 01 que presenta mayor cantidad de tipos de paradas no programadas.

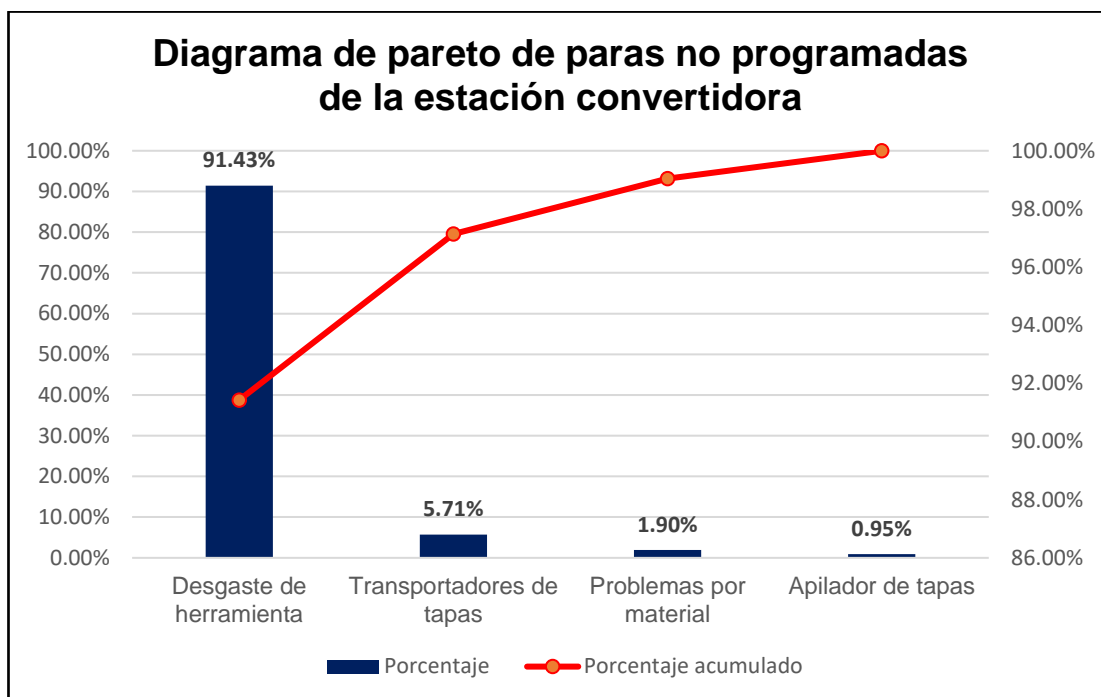


**Figura 2.14 Estratificación de datos por estación de la línea**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 2.14, la línea Easy Open 01 presenta la mayor cantidad de paros no programados en la estación de la convertidora, representando el 84.34% de tiempo de paros no programados totales de la línea.

Con esta información se procedió a estratificar las paradas no programadas en la estación convertidora, para determinar cuál es la que está influyendo más en los tiempos perdidos de la línea.



**Figura 2.15 Diagrama de Pareto de paradas no programadas de la estación convertidora**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Tal como se muestra en la figura 2.15, se determinó que el principal problema de paradas no programadas que generan disminución del V2 de la línea, es el desgaste de herramienta en la convertidora, la cual representa el 91.43% del total de paradas no programadas en la sección convertidora.

### 2.2.6. Problema enfocado

De acuerdo con los datos obtenidos del plan de recolección de datos, se determinó el problema enfocado, el cual fue estructurado de acuerdo a la siguiente tabla:



**Tabla 5 Declaración del problema enfocado**

PREGUNTA	DESCRIPCIÓN
¿Qué?	Incidencias de paradas no programadas
¿Cómo?	Por desgaste de herramientas
¿Dónde?	En la estación de conversión de la línea Easy Open 01
¿Qué tanto?	El 63.79% de las incidencias de paras no programadas
¿Cuándo?	Desde el mes de septiembre del 2020 al mes de diciembre del 2020

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado por la tabla 5, el problema enfocado para el proyecto:

***“El 63.79% de las incidencias de paras no programadas en la estación de conversión de línea EO01 se da por desgaste de herramientas; Desde el mes de septiembre del 2020 al mes de diciembre del 2020”.***

## 2.3. Etapa de Análisis

### 2.3.1. Restablecimiento de condiciones básicas

Una vez determinado el problema enfocado en la etapa de medición, se procede a analizar los datos, pero, antes de comenzar cualquier análisis, se procede a reestablecer las condiciones básicas de la línea easy open 01 para eliminar estos defectos pequeños.

Para esto, se empezó a levantar el plan de condiciones básicas de la línea easy open 01, para determinar cuáles son los puntos o partes de la línea que deben ser solucionadas, lo cual se evidenció que existían partes de las estaciones de la línea que requerían intervención inmediata, debido a que no estaban en las mejores condiciones, lo cual generaba tanto riesgo de paros no programados como condiciones inseguras.

- **Troqueladora**
  - En el tren de rodillos existe atascamiento en la transportación de bultos.
  - Existe variación de presión de aire en la prensa.

- Bajón de energía eléctrica en la troqueladora al encender la convertidora
  - Desgastes de piezas de avances de láminas.
- 
- **Engomadora**
    - Desgastes en los brazos sujetadores de las pistolas de las engomadoras
    - Fuga en la tapa del tanque de la goma
- 
- **Convertidora**
    - Daño en perilla de aire comprimido.
    - Fuga de aceite en bomba del sistema de lubricación.
    - Fuga de aceite en tubería de lubricación de aceite.

El plan de acción que se realizó para el restablecimiento de condiciones básicas de la línea Easy Open 01 se encuentra detallado en el **Anexo C**.

### **2.3.2. Proceso de identificación de causas**

Una vez reestablecida las condiciones básicas de la línea, se procedió a realizar un focus group para el levantamiento de información de causas posibles para el problema enfocado, el cual se determinó que fue el desgaste de herramientas en el convertidora.

Las personas que participaron en el levantamiento de información fueron:

- Operador mecánico de la línea easy open 01.
- 3 operadores de la línea.
- Un inspector de calidad.
- Un supervisor de producción.

Se utilizó el diagrama de Ishikawa para recopilar la información levantada con los operadores

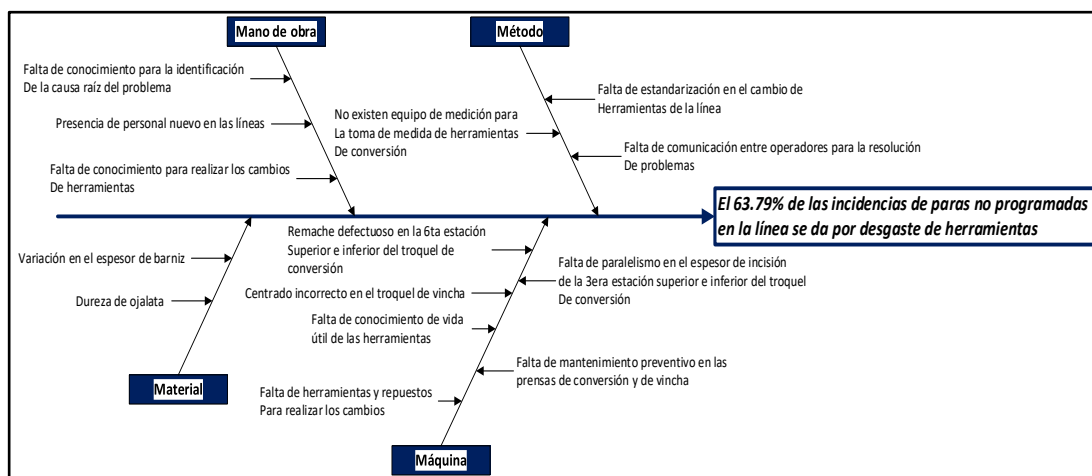


Figura 2.16 Diagrama de Ishikawa que inciden el desgaste de herramientas

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia.

### 2.3.3. Matriz de causa efecto de desgaste de herramientas

La finalidad de generar una matriz causa efecto, es para determinar el nivel de impacto de cada una de las posibles causas que generan el desgaste de herramientas en la línea easy open 01, por lo que:

- Se coloca en la parte superior de la matriz, el problema identificado.
- Se colocan las posibles causas del problema.
- Se establece un nivel de relación entre la causa y el problema, las cuales:
  - Blanco = ninguna relación
  - 1= Correlación muy remota
  - 3= Correlación moderada
  - 9= Correlación fuerte

Considerando estos puntos para la realización de matriz, se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 6 Matriz causa efecto de desgaste de herramientas**

Matriz causa efecto   desgaste de herramientas		Variable de salida Y'S
<b>Variables X'S</b>	<b>Prensa de conversión</b>	
	Falta de paralelismo en el espesor de incisión de la 3ra estación del troquel de conversión	9
	Remache defectuoso de la 6ta estación del troquel de conversión	3
	Falta de conocimiento de vida útil de las herramientas	9
	Falta de herramientas y repuestos para realizar los cambios	9
	Falta de mantenimiento preventivo en la prensa de conversión y vincha	3
	Centrado incorrecto del troquel de vincha	9
	<b>Personal de línea</b>	
	Falta de comunicación entre operadores de cada turno	1
	Falta de estandarización en el cambio de herramientas de la línea	3
	No existe equipos de medición para la toma de medida de herramientas en el área	9
	Falta de conocimiento para la identificación de la causa raíz del problema	3
	Falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas	9
	Presencia de personal nuevo en las líneas	1
	<b>Lámina de hojalata</b>	
	Variación en el espesor de barniz	1
	Dureza de ojalata	1

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

La tabla 6 Matriz Causa y Efecto muestra el nivel de correlación que se obtuvo de las causas posibles que hayan generado el incremento de tiempo de paras no programadas por desgastes de herramientas, luego de esto se establece prioridades para las causas, las cuales son aquellas que obtuvieron la mayor calificación.

Debido a que existen muchos puntos en los cuales tienen alta calificación de correlación, se procede a realizar el AMEF.

#### **2.3.4. Análisis de modo y efecto de falla del desgaste de herramientas**

Debido a que no se tuvo muy claro las causas generadas en la matriz de causa efecto, fue necesario elaborar un AMEF para identificar y generar las acciones de mejoras, así teniendo mayor confiabilidad en

las mejoras que se van a proponer en el proceso. La terminología utilizada para realizar el AMEF son las siguientes:

**Tabla 7 Matriz de calificación AMEF por severidad**

	Severidad o Efecto	Calif.
Extrema	Puede dañar la máquina o al operador. Peligro sin advertencia.	10
	Puede dañar la máquina o al operador. Peligro con advertencia.	9
Alta	Interrupción mayor de la línea de producción. Pérdida de la función primaria, 100% de desperdicio.	8
	Reducción del desempeño de la función primaria. El producto requiere clasificación, algo de desperdicio.	7
Moderada	Interrupción menor en la producción. Algo de desperdicio. Pérdida del desempeño de la función secundaria.	6
	Interrupción menor a la producción. 100% de retrabajo. Desempeño reducido de la función secundaria.	5
	Defecto menor identificado por casi todos los clientes. El producto requiere clasificación y algo de retrabajo.	4
Baja	Ajuste y Acabado/Artículo con chillido o ruido. Defecto menor identificado por algunos clientes.	3
	Los defectos pueden ser retrabajados en el lugar. Defecto menor identificado por un cliente observador.	2
Nula	No hay efecto	1

Fuente: Buestán, 2019.  
Ing. De la Calidad

**Tabla 8 Matriz de calificación AMEF por ocurrencia**

	Probabilidad de ocurrencia	Fallas	Capacidad	Calif.
Muy alta	La falla es casi inevitable	1 en 2	< .33	10
		1 en 3	> .33	9
Alta	El proceso no está en control estadístico. Procesos similares tienen problemas experimentados.	1 en 8	> .51	8
		1 en 20	> .67	7
Moderada	El proceso está en control estadístico pero con fallas aisladas. Procesos previos tienen fallas ocasionales experimentadas o condiciones fuera de control.	1 en 80	> .83	6
		1 en 400	> 1.00	5
		1 en 2000	> 1.17	4
Baja	El proceso está en control estadístico.	1 en 15k	> 1.33	3
Muy Baja	El proceso está en control estadístico. Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 150k	> 1.50	2
Remota	La falla es improbable. No se conocen fallas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 1.5M	> 1.67	1

Fuente: Buestán, 2019.  
Ing. De la Calidad

**Tabla 9 Matriz de calificación AMEF por detección**

	Probabilidad de que el control detecte la falla	DPPM	Probabilidad	Calif.
Muy baja	No se conocen controles disponibles para detectar el modo de falla.	100,000	1 en 10	10
Baja	Los controles tienen una remota posibilidad de detectar la falla.	50,000	1 en 20	9
		20,000	1 en 50	8
Moderada	Los controles pudieran detectar la existencia de una falla.	10,000	1 en 100	7
		5,000	1 en 200	6
		2,000	1 en 500	5
Alta	Los controles tienen una buena oportunidad de detectar la existencia de una falla.	1,000	1 en 1,000	4
		500	1 en 2,000	3
Muy alta	El proceso detecta automáticamente la falla. Los controles casi siempre detectará la existencia de una falla.	200	1 en 5,000	2
		100	1 en 10,000	1

Fuente: Buestán, 2019.  
Ing. De la Calidad

Donde el número prioritario de riesgo es el producto de la severidad, ocurrencia y detección.

$$NPR = SEV \times OCU \times DET$$

Una vez determinado la terminología del AMEF y la forma de calificación de cada uno de los riesgos, se procede a realizar la matriz del AMEF.

**Tabla 10 AMEF de desgaste de herramientas**

Paso de proceso	Modo de falla potencial	Efectos potenciales de la falla	Severidad	Causas potenciales/mecanismos de falla	Ocurrencias	Control de proceso actual	Detección	NPR
Proceso de conversión de tapas	Falta de paralelismo en el espesor de incisión de la 3ra estación del troquel de conversión	Desgastes constante en la estampa e insertos de la 3ra estación del troquel de conversión	6	Desgastes en el troquel superior de la prensa	6	No existe un control periódico del mantenimiento de esta sección	7	252
Cambio de herramientas en el proceso de conversión	Falta de conocimiento de vida útil de las herramientas	Trabajar con herramientas desgastadas en el proceso de conversión	6	Falta de instructivo de frecuencia de cambio de herramientas	6	No se encuentra definido frecuencias de cambios de herramientas del proceso de conversión	8	288
Cambio de herramientas en el proceso de conversión	Falta de herramientas y repuestos para realizar los cambios	Colocación de suples y lymas para complementar el desgastes de las herramientas	8	Falta de control de adquisición de repuestos y herramientas del troquel de conversión y vincha	6	No se encuentra definido frecuencias de cambios de herramientas del proceso de conversión	8	384
Proceso de conversión de tapas	Centrado incorrecto del troquel de vincha	Desgastes de las herramientas de las 6 estaciones del troquel de vinchas	5	Desgastes en las columnas del troquel de vincha	6	No existe un control periódico del mantenimiento de esta sección	7	210
Calibración y medición de herramientas de conversión	No existe equipos de medición para la toma de medida de herramientas en el área	Colocación de herramientas sin la medida adecuada en el troquel de conversión, usando el método prueba y error	8	Solo se ha trabajado con un equipo de medición ubicado en el taller, el cual está lejano a la sección	6	A través de la producción de tapas, cumpliendo los parámetros de calidad	7	336
Calibración y medición de herramientas de conversión	Falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas	Pérdida de tiempo para la realización de los cambios de herramientas	8	Falta de capacitación para realizar los cambios de herramientas	6	Evaluaciones anuales	7	336

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Luego de determinar el AMEF del problema enfocado, se procede a realizar el plan de verificación de cada causa, en piso planta.

### 2.3.5. Plan de verificación de causas

Cada causa potencial fue verificada en piso planta, realizando GEMBA o Go to see, adicional se verificó el comportamiento de análisis de capacidad  $C_p$  y  $C_{pk}$  de una variable de calidad en la línea que es POP, tal como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11 Plan de verificación de causas**

N.	Causa Potencial	Impacto que genera la causa potencial	Como se verifica la causa potencial	Status
1	Falta de herramientas y repuestos para realizar los cambios	Pérdida de tiempo para ajustar herramientas desgastadas y colocarlas en la línea	En el GEMBA, GO-See	Cerrado
2	No existe equipos de medición para la toma de medida de herramientas en el área	Se colocan la herramientas en la línea sin la medida adecuada. Pérdida de tiempo por utilización del método prueba y error para la colocación de la herramienta en la línea	En el GEMBA, GO-See	Cerrado
3	Falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas	Pérdida de tiempo para la calibración y colocación de herramientas en la línea	En el GEMBA, GO-See	Cerrado
4	Falta de paralelismo en el espesor de incisión de la 3ra estación del troquel de conversión	Demoras en la calibración de esta estación, debido a que los parámetros de especificación de la tapa "POP" tienen tendencia a salirse de los límites	En el GEMBA, GO-See, análisis del comportamiento de capacidad $C_p$ y $C_{pk}$ de la especificación POP	Cerrado
5	Falta de conocimiento de vida útil de las herramientas	Se pierde tiempo en la revisión de que herramienta es la que está desgastada	En el GEMBA, GO-See	Cerrado
6	Centrado incorrecto del troquel de vincha	Demoras en la calibración del troquel de vinchas, debido a que se produce tapas con desprendimiento de vincha	En el GEMBA, GO-See	Cerrado

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 11, se validó en piso planta las causas potenciales que generan el desgaste de herramientas, de tal manera que:

- Se verificó que en el armario de repuestos y herramientas de la convertidora no había stocks de herramientas, tal como se visualiza en la figura 2.17.

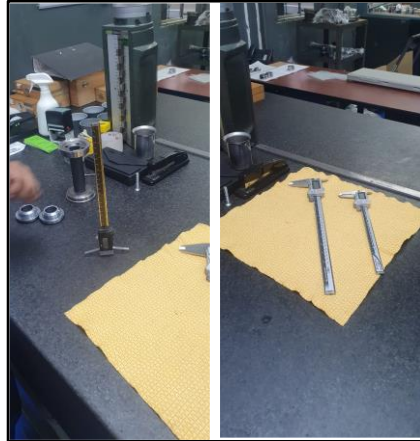


**Figura 2.17 Falta de stocks de herramientas**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

- Se verificó que en la línea no existe un equipo de medición, por lo cual los operadores tienen que dirigirse al taller para realizar tomas de medidas de herramientas, lo que genera retrasos e improvisaciones en la línea utilizando el método prueba y error con la colocación de lYNas o suples, tal como se visualiza en la figura 2.18.





**Figura 2.18 Falta de equipos de medición**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

- Se validó la falta de conocimiento que tienen los operadores para realizar los cambios de herramientas, el cual colocaban mal las herramientas en el troquel de conversión y se demoraban demasiado para dejar operativa la línea.



**Figura 2.19 Falta de conocimiento para cambios de herramientas**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

- Se verificó que uno de los problemas que generaba desgastes de herramientas de la tercera estación del troquel de conversión es la falta de paralelismo en el espesor de incisión;

la incisión de la tapa es la que genera la apertura de abre fácil de la tapa, si existe desnivel en la incisión, se requiere nivelar las estampas de la incisión, a través de suples o lYNas, lo cual no es una condición normal del proceso.

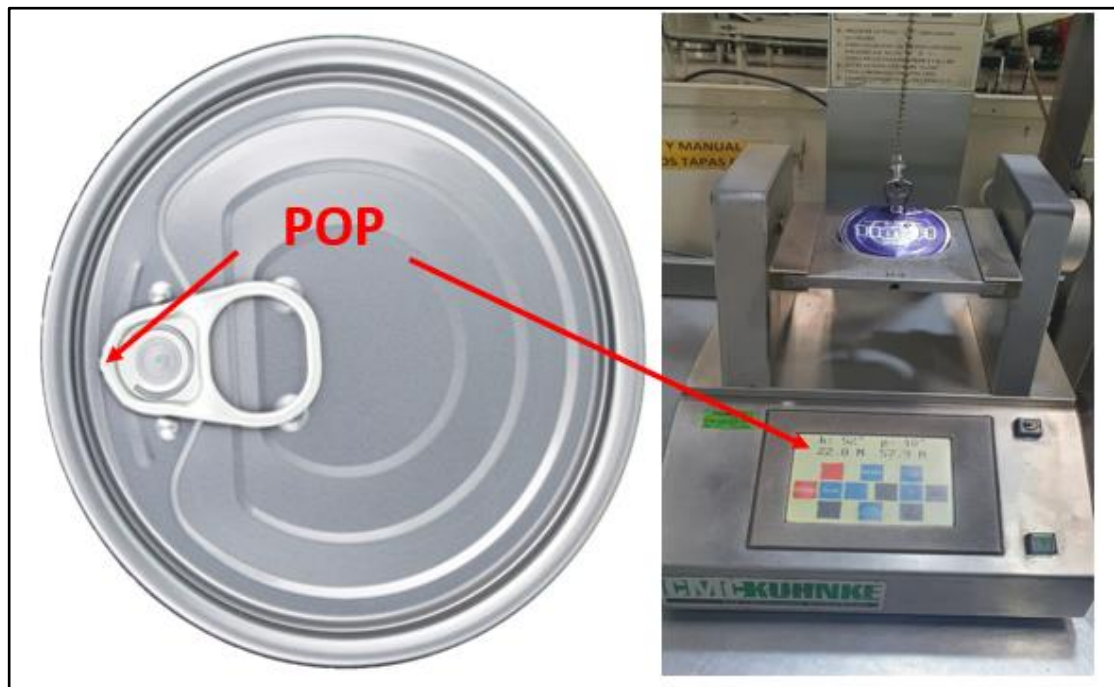


**Figura 2.20 Falta de paralelismo en la estación de la incisión**

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia.

Para validar la condición de la incisión, se requirió un análisis de capacidad de la variable de calidad que controla incisión, en este caso es el POP, el cual mide la apertura de la tapa easy open, tal como se visualiza en la figura 2.21.



**Figura 2.21 Prueba de calidad de la incisión POP**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

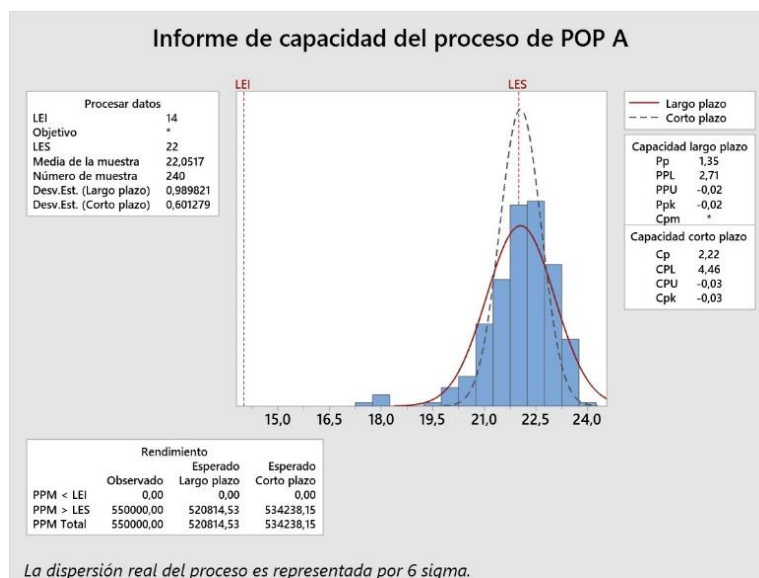
Se realizó un análisis de capacidad  $C_p$  y  $C_{pk}$  de la variable de calidad POP, con la finalidad de determinar en qué nivel se encuentra la línea en esta variable, y con este análisis, evaluar estatus de paralelismo en el espesor de la incisión.

La variable POP indica el nivel de esfuerzo que se aplica para abrir la tapa easy open, la cual los límites de especificación son:

LSE 22 psi

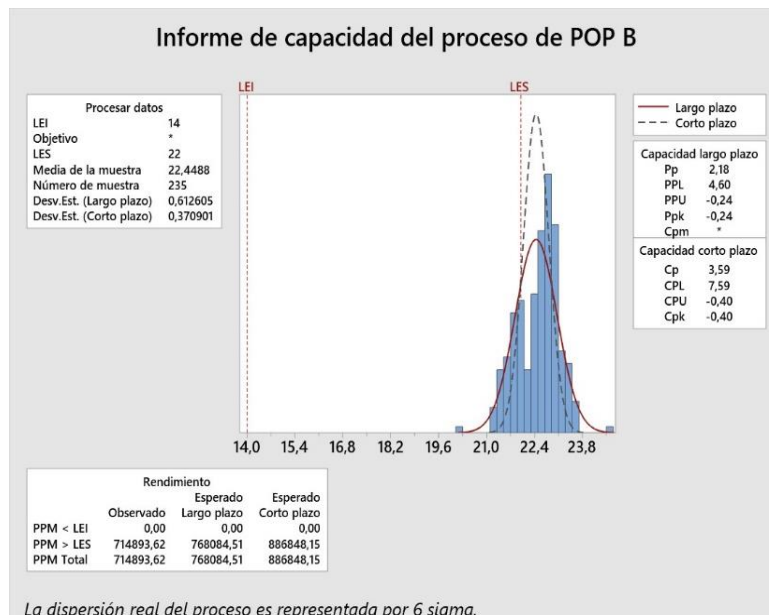
LIE 14 psi

Sin embargo, al momento de realizar el análisis estadístico  $C_p$  y  $C_{pk}$  del pop de ambos lados de la línea, presenta un valor que indica análisis de inmediato:



**Figura 2.22 Informe de capacidad del proceso de POP lado A**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

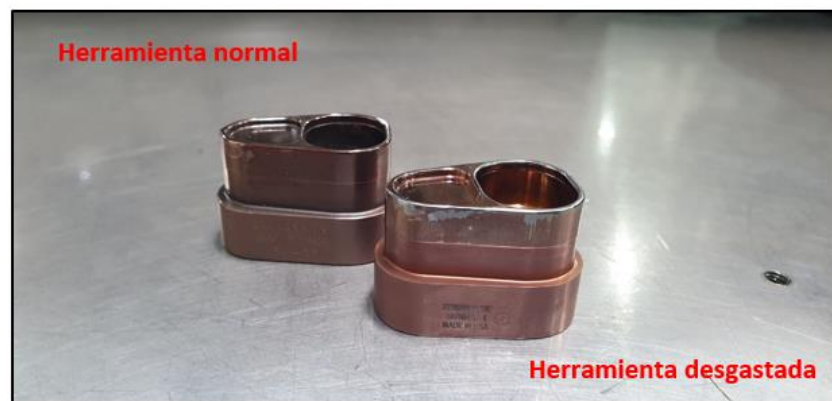


**Figura 2.23 Informe de capacidad del proceso de POP lado B**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Debido a esto, la línea easy open 01, muestra un problema de falta de paralelismo en el espesor de la estación de la incisión.

- Otro de los problemas que se validó con el GEMBA, fue la presencia de herramientas desgastadas en la prensa, lo cual generaba retrasos por calibración y colocación de lYNas para nivelar las herramientas, tal como se visualiza en la figura 2.24.



**Figura 2.24 Visualización de herramientas desgastadas**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

- Otro de los problemas que se validó con el GEMBA, fue de que existió centrado incorrecto del troquel de vincha, lo cual toca suplementar las herramientas, debido a que esto genera desprendimiento de vinchas de la tapa easy open, tal como se visualiza en la figura 2.55.



**Figura 2.25 Verificación del centrado incorrecto del troquel de vincha**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

### 2.3.6. Verificación de causas de desgastes de herramientas

Para identificación de causa raíz se utilizó la herramienta 5 porque's:

Xs potenciales	1er Por qué?	Hipótesis	2do Por qué?	Hipótesis	3er Por qué?	Hipótesis	4to Por qué?	Hipótesis	5to Por qué?	Hipótesis	Acción
Falta de herramientas y repuestos para realizar los cambios	Por qué existe falta de herramientas de la línea para realizar los cambios?	Si									
	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;">                     Porque no se tiene un inventario de las herramientas que se requieren para el funcionamiento de la línea                 </div>	<div style="text-align: center;"> </div>									<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px;">                         Se levantará información de todas las piezas que requiere la troquelera de conversión y vincha, y se establecerá un modelo KANBAN para el abastecimiento de las piezas                     </div>

**Figura 2.26 Identificación de la causa raíz mediante el 5 porque's**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Tal como se visualiza en la figura 2.26, en una de las causas potenciales que se describe anteriormente por falta de herramientas y repuestos, se utilizó la herramienta 5 por qué para determinar la causa raíz, lo cual resultó que, en planta no se tiene el inventario correcto de herramientas necesarias para el funcionamiento de la línea.

Para el resto de causas potenciales, se realizó el 5 porque's y se encuentran en el **ANEXO D**.

Obteniendo como resultado la tabla 12, en la cual se identifica causa raíz y solución:

**Tabla 12 Plan de verificación de causas**

Potential Causes X's	Causa raíz	Solución
Falta de herramientas y repuestos para realizar los cambios	Porque no se tiene un inventario de las herramientas que se requieren para el funcionamiento de la línea	Se levantará información de todas las piezas que requiere la troquelera de conversión y vincha, y se establecerá un modelo KANBAN para el abastecimiento de las piezas
No existe equipos de medición para la toma de medida de herramientas en el área	Porque solo se maneja un equipo de medición ubicado en el área de taller, el cual se encuentra a una distancia lejana de la sección	Colocación de equipo de medición para herramientas en la línea Easy Open 01: *Micrómetro digital *Base para indicadores *Indicadores digitales *Gage block *Microscopio óptico
Falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas	Porque no hubo la debida inducción del personal para realizar la calibración de la línea	Elaboración de un plan de capacitación para la calibración de la línea, elaboración de matriz de polivalencia para seguimiento
Falta de paralelismo en el espesor de incisión de la 3ra estación del troquel de conversión	Porque existe desgaste en los bocines de la biela de la prensa de conversión	Se envía a rectificar las partes de la prensa tanto biela como bocines y se define frecuencia de revisión y cambio de los bocines de la biela de la prensa de conversión, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo
Falta de conocimiento de vida útil de las herramientas	Debido a que el fabricante de las piezas y herramientas no ha provisto a la línea, la información del tiempo de vida útil de cada pieza	Se va a solicitar la información al fabricante sobre la vida útil de las piezas, y se va a realizar el registro de cambio de piezas
Centrado incorrecto del troquel de vincha	Porque existe fuga y desgaste en las columnas de troquel de vincha	Se envía a embocar las columnas del troquel de vincha y se define frecuencia de revisión y rectificación de las columnas del troquel de vincha, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

## 2.4. Etapa de implementación

En esta etapa se determinó el plan de implementación de mejoras que se va a realizar para eliminar las causas raíces detectadas que generan el desgaste de herramientas en la sección de la convertidora de la easy open 01, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 13 Plan de implementación de mejoras**

Potential Causes X's	Causa raíz	Solución	Status
Falta de herramientas y repuestos para realizar los cambios	Porque no se tiene un inventario de las herramientas que se requieren para el funcionamiento de la línea	Se levantará información de todas las piezas que requiere la troquelera de conversión y vincha, y se establecerá un modelo KANBAN para el abastecimiento de las piezas	Parcialmente cerrado
No existe equipos de medición para la toma de medida de herramientas en el área	Porque solo se maneja un equipo de medición ubicado en el área de taller, el cual se encuentra a una distancia lejana de la sección	Colocación de equipo de medición para herramientas en la línea Easy Open 01: *Micrómetro digital *Base para indicadores *Indicadores digitales *Gage block *Microscopio óptico	Cerrado
Falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas	Porque no hubo la debida inducción del personal para realizar la calibración de la línea	Elaboración de un plan de capacitación para la calibración de la línea, elaboración de matriz de polivalencia para seguimiento	Parcialmente cerrado
Falta de paralelismo en el espesor de incisión de la 3ra estación del troquel de conversión	Porque existe desgaste en los bocines de la biela de la prensa de conversión	Se envía a rectificar las partes de la prensa tanto biela como bocines y se define frecuencia de revisión y cambio de los bocines de la biela de la prensa de conversión, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo	Cerrado
Falta de conocimiento de vida útil de las herramientas	Debido a que el fabricante de las piezas y herramientas no ha provisto a la línea, la información del tiempo de vida útil de cada pieza	Se va a solicitar la información al fabricante sobre la vida útil de las piezas, y se va a realizar el registro de cambio de piezas	Parcialmente cerrado
Centrado incorrecto del troquel de vincha	Porque existe fuga y desgaste en las columnas de troquel de vincha	Se envía a embocinar las columnas del troquel de vincha y se define frecuencia de revisión y rectificación de las columnas del troquel de vincha, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo	Cerrado

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

### 2.4.1. Elaboración de un modelo Kanban para pedido de repuestos

Para la implementación de esta mejora, se determinó lo siguiente:

- **TE=** Tiempo de entrega de cada pedido de herramienta, considerando que todas las piezas son de importación.
- **U=** Ubicación o cantidad de tarjetas Kanban a utilizar, la cual se va a utilizar como referencia 2 tarjetas, debido a que es un proyecto que recién se va a iniciar, de esta manera se asegura la continuidad en el proceso de surtimiento.
- **%SS=** El stock de seguridad, se determinó que es el 10%.
- **D=** Demanda de cada ítem.

Una vez determinado esto, se procede a realizar el levantamiento de piezas o herramientas que se requiere en la sección de la convertidora de la línea easy open 01, tal como se muestra en el **ANEXO E**. Se procedió a utilizar la fórmula para determinar la cantidad de unidades por tarjeta Kanban.

$$\text{Piezas por Kanban} = D \times TE \times U \times (1 + \%SS)$$

Por lo cual luego de realizar la fórmula del Kanban (Socconini, 2017), se obtuvo la cantidad de piezas que se debe de tener por cada, para lo cual se obtuvo la siguiente tabla:



Tabla 14 Cantidad de artículos por Kanban

N. SKU	DESCRIPCION	CODIGO	UND. X TROQUEL	FRECUENCIA DE CAMBIO	ARTICULOS POR KANBAN
1	BURBUJA	INSERTZ0176	2	12 meses	1
2	ESTAMPA SUPERIOR	CREAR CODIGO	2	24 meses	1
3	ESTAMPA BASE	CREAR CODIGO	2	24 meses	1
4	TAPA DE ESTAMPA	CREAR CODIGO	2	24 meses	1
5	FORMADOR BURBUJA	INSERTZ0179	2	12 meses	1
6	CENTRADOR DE BURBUJA	CREAR CODIGO	2	12 meses	1
7	INSERTO DE 2da OPERACIÓN	INSERTZ0174	2	12 meses	1
8	BIGOTES	INSERTZ0182	4	6 meses	4
9	SOPORTES DE VINCHA	INSERTZ0175	4	2 meses	11
10	ESTAMPA BASE	CREAR CODIGO	2	24 meses	1
11	TAPA DE ESTAMPA		2	24 meses	1
12	FORMADOR 2da	INSERTZ0184	2	12 meses	1
13	PANEL GRANDE	INSERTO234	2	12 meses	1
14	PANEL MEDIANO	INSERTO235	2	12 meses	1
15	PANEL PEQUEÑO	INSERTO242	2	12 meses	1
16	INSERTO GRANDE	CREAR CODIGO	2	12 meses	1
17	INSERTO DE 3era OPERACIÓN	INSERTZ0226	2	12 meses	1
18	INSICION INFERIOR	TAPASSZ0225	2	12 meses	1
19	TAPA DE CERAMICA	CONSULTAR STOLLE	2	24 meses	1
20	FORMADOR 3era	INSERTZ0185	2	12 meses	1
21	INSERTO DE 4ta OPERACIÓN	INSERTZ0228	2	12 meses	1
22	PANEL GRANDE	INSERTZ0241	2	2 meses	6
23	PANEL CENTRAL	INSERTZ0240	2	2 meses	6
24	ESTAMPA BASE	TAPASSZ0222	2	2 meses	6
25	INSERTOS DE FORMACION	INSERTZ0224	4	2 meses	11
26	TAPA DE ESTAMPA	ESPACIZ0064	2	24 meses	1
27	FORMADOR 4ta	INSERTZ0178	2	12 meses	1
28	INSERTO DE 5ta OPERACIÓN	INSERTZ0177	2	12 meses	1
29	ESTAMPA BASE	BASESSZ0547	2	36 meses	1
30	TAPA DE ESTAMPA	CREAR CODIGO	2	36 meses	1
31	PUPO DEL REMACHE	MATRIZZ0093	2	2 meses	6
32	INSERTOS DE CENTRADO	INSERTZ0236	4	2 meses	11
33	ESTAMPA BASE	ESTAMPZ0020	1	2 meses	3
34	TAPA DE ESTAMPA	CREAR CODIGO	1	24 meses	1
35	BOCIN CENTRADOR	BOCINSZ0414	2	24 meses	1
36	PISADOR REMACHADOR	PISADOZ0017	2	6 meses	2
37	RESORTE REMACHADORA	RESORTZ0594	2	12 meses	1
38	REMACHADORA	PUNZONZ0429	2	12 meses	1
39	BOCIN REMACHADOR	BOCINSZ0422	2	24 meses	1
41	SOPORTES DE VINCHA		4	12 meses	2
42	CENTRADOR DE VINCHA		2	36 meses	1
43	ESTAMPA BASE		2	36 meses	1
44	TAPA DE ESTAMPA		2	36 meses	1
48	REMACHADORA	PUNZONZ0429	2	12 meses	1
49	BOCIN REMACHADOR	BOCINSZ0422	2	24 meses	1
50	BOCIN ANILLO	BOCINSZ0413	2	24 meses	1
51	VIRADOR DE OREJA	PUNZONZ0428	4	8 meses	3
52	LETRA A	PUNZONZ0422	1	24 meses	1
53	LETRA B	PUNZONZ0423	1	24 meses	1
54	PUNZON REDONDO PEQUEÑO	PUNZONZ0413	2	6 meses	2
55	PUNZON OVALADO	PUNZONZ0419	2	6 meses	2
56	PUNZON TRIANGULAR GRUESO	PUNZONZ0414	2	6 meses	2
57	PUNZON TRIANGULAR FINO	PUNZONZ0415	2	6 meses	2
58	PILOTO GUIA	PILOTOZ0050	2	12 meses	1
59	MATRIZ REDONDO PEQUEÑO	MATRIZZ0082	2	6 meses	2
60	MATRIZ OVALADA	MATRIZZ0081	2	6 meses	2
61	MATRIZ TRIANGULAR GRUESO	MATRIZZ0076	4	6 meses	4
62	MATRIZ TRIANGULAR FINO	MATRIZZ0075	4	6 meses	4
63	MATRIZ CUERPO DE GUITARRA	MATRIZZ0084	2	6 meses	2
64	EXPULSOR CUERPO DE GUITARRA		1	12 meses	1
65	PUNZON CUERPO DE GUITARRA	PUNZONZ0427	2	6 meses	2
66	PLACA EXPULSOR CUERPO D GUITARRA		1	12 meses	1
67	MATRIZ DE PRE DOBLADO	X. VERIFICAR	2	24 meses	1
68	MATRIZ DE FORMACION	X. VERIFICAR	2	24 meses	1
69	DEDO CENTRADOR	PUNZONZ0416	2	24 meses	1
70	PRENSACHAPA O EXPULSOR FORMACI	X. VERIFICAR	1	24 meses	1
71	PUNZON DE PRE DOBLADO	X. VERIFICAR	2	24 meses	1
72	PUNZON DE FORMACION	MATRIZZ0078	2	24 meses	1
73	CENTRADOR PUNZON DE FORMACION	X. VERIFICAR	2	24 meses	1
74	PUNZON VIRADO HACIA ABAJO	PUNZONZ0418	2	12 meses	1
75	EXPULSOR VIRADO HACIA ABAJO	MATRIZZ0001	2	12 meses	1
76	DEDO CENTRADOR	PUNZONZ0417	2	12 meses	1

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

De igual manera se realizó la tarjeta de identificación Kanban para establecer el punto de reorden del producto, en la cual se describe la sección en la que se utiliza, el número de partes o código, la descripción, cantidad de reorden, y el mínimo y máximo por Kanban.

<b>PUNTO DE REORDEN</b>			
<b>SECCION</b>		<b>CONVERSION</b>	
NUMERO DE PARTE		E-161364	
DESCRIPCIÓN		REMACHADORA	
CANTIDAD DE REORDEN		1	
<b>MIN</b>	1	<b>MAX</b>	2
			

**Figura 2.27 Tarjeta de identificación de Kanban**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

#### **2.4.2. Adquisición de equipos de medición para el área de convertidora**

De acuerdo a una de las mejoras propuestas en el área fue la adquisición de equipos de medición que se encuentren en la sección, para lo cual se requirió lo siguiente:

- Micrómetro digital
- Base para indicadores
- Indicadores digitales
- Gage block
- Microscopio óptico

Todo esto fue con la finalidad de disminuir el tiempo perdido de dirigirse al taller para la toma de medición de piezas y herramientas, y también para evitar colocar piezas en la convertidora sin tener conocimiento de la medida que se está utilizando.



**Figura 2.28 Equipos de medición para piezas y herramientas**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

### 2.4.3. Plan de capacitación para la calibración de la convertidora easy open 01

Para realizar este plan de capacitación, se realizó un levantamiento de conocimiento de cada uno de los operadores, con respecto a la convertidora de la línea easy open 01, para esto, se elaboró una matriz de habilidades o polivalencia de acuerdo al **ANEXO F**.

De acuerdo con la calificación obtenida en la matriz de habilidades, se observa que uno los puntos más débiles de conocimiento por parte de los operadores de la línea son:

- Calibración de la línea.
- Mantenimiento de la línea.
- Análisis de falla.

Para lo cual se elaboró una matriz para gestionar el plan de capacitación de los operadores con respecto a las necesidades de la línea, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 15 Plan de capacitación de colaboradores**

5's	Sistema	Indicadores de gestión
Clasificar	Conocimiento del SPFadesa	Importancia de indicadores de Tiempo , velocidad, calidad
Ordenar	Ingreso de tiempos en línea	Conceptualización de costos de No Calidad
Limpiar	Reportes físicos y control de inventarios	Conceptualización de análisis de capacidad Cp y Cpk
Estandarizar		
Autodisciplina		
Conocimiento del Equipo	Operación de los equipos	Mantenimiento de los equipos
Prensa	Arranque y encendido de equipo	Mantenimiento autónomo de la línea
Troquelera de conversión	Colocación de fleje en la máquina	Mantenimiento preventivo de la línea
Troquelera de vinchas		
Sistema hidráulico		
Sistema neumático		
Análisis de Fallas	Calibración de la línea	Aseguramiento de Calidad
Concepto de falla	Revisión de medidas de las herramientas de la prensa	Defectos
Tipos de falla	Toma de medidas de las herramientas de la prensa	Puntos críticos de control
Causas de las fallas	Colocación correcta de herramientas en la prensa	Límites de control
	Validación de la calibración de la línea	Metrología
	Registro de actividades realizadas	Control de medidas

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

#### 2.4.4. Frecuencia de revisión de bocines de la prensa de conversión y columnas del troquel de vincha

Debido a que actualmente no se contaba con una frecuencia de revisión de la biela y bocines de la prensa de conversión, fue necesario implementar un plan de control de condiciones básicas de la prensa en mención tal como se ve en el **ANEXO G**, y adicional a esto se estableció un plan de mantenimiento autónomo de la línea tal como se ve en el **ANEXO H**, con la finalidad de darle seguimiento al status de la prensa de conversión y vincha.

### 2.4.5. Establecimiento de cambios de herramientas

Tal como se levantó la información para la realización del Kanban, se estableció los cambios de herramientas, considerando la frecuencia de cambio o desgastes de piezas, tal como se observa en el **ANEXO E**

## 2.5. Etapa de control

En esta etapa se propone a la empresa realizar el siguiente plan de control, con la finalidad de mantener el indicador V2 dentro de las especificaciones solicitadas en la línea easy open 01.

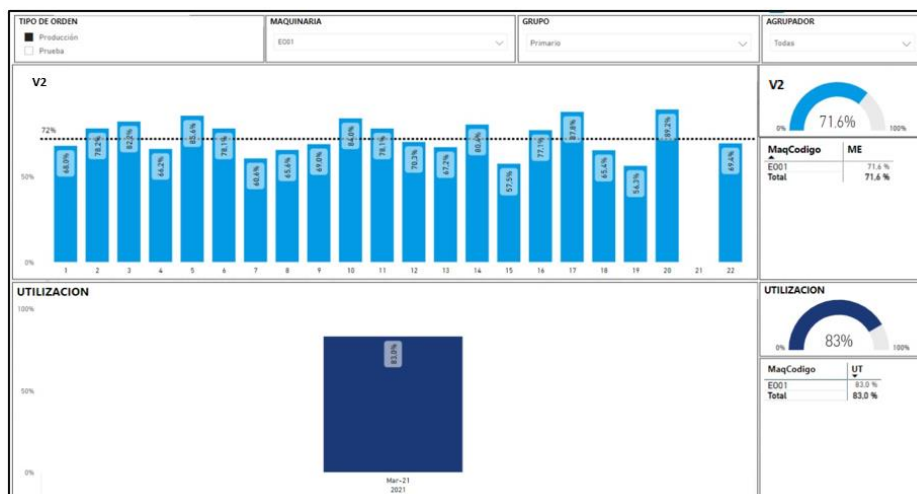
El plan de control describe lo siguiente:

- Solución
- Qué voy a controlar?
- Por qué voy a controlar?
- Qué cantidad?
- Cuándo lo voy a controlar?
- Quién lo va a controlar?
- Cómo lo voy a controlar?
- Dónde lo voy a controlar?

El plan se encuentra descrito en el **ANEXO I**, en el cual existe tres actividades con estatus pendiente, debido a que se encuentran como propuestas a desarrollar:

- Elaboración de tableros de control Kanban para la revisión mensual de sku's de herramientas.
- Elaboración de registros de medición de cada pieza desgastada, a través de la utilización de los equipos de medición adquiridos para la línea.
- Revisión de la matriz de polivalencia, con los avances de capacitación de cada operador, cuya revisión será de manera semestral.
- Elaboración del indicador de variabilidad de procesos, cuya revisión será diaria, a través del software power bi.

Adicional a esto, se propuso una revisión de manera semanal del comportamiento del indicador de rendimiento V2 de la línea easy open 01, con los líderes de la línea, supervisores y jefe de sección, utilizando power Bi para mostrar los resultados tal como se muestra en la figura 2.29.



**Figura 2.29** Tablero de control de indicador V2

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia.

Además, una de las maneras de controlar, que se propone, es de determinar que tan variable resulta el proceso, considerando la cantidad de paras no programadas que presenta la línea, es por esta razón que uno de los indicadores que se propone es la medición de los niveles de variabilidad del proceso.

Para lo cual la variabilidad del proceso se lo va a medir de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 16** Tablero de control de niveles de variabilidad

Niveles de variabilidad		Rango	
		Inicial (	Final ]
Low Variability	LV	0	0.75
Moderate variability	MV	0.75	1.33
High variability	HV	1.33	$\infty$

Fuente: Wallace Hopp, 2000.  
Factory Physics Second Edition .

Para determinar los valores del indicador de variabilidad del proceso, se requiere la siguiente fórmula (Wallace Hopp, 2000):

$$C_e = \frac{\sigma_e^2}{t_e^2} = C_o^2 + (1 + C_r^2)A(1 - A)\frac{m_r}{t_0}$$

Donde:

- $C_e$ = Coeficiente de variabilidad efectivo
- $C_o$ = Coeficiente de variabilidad natural del proceso
- $C_r$ = Coeficiente de variabilidad de los tiempos de reparación= $\frac{\sigma_r}{m_r}$
- $A$ = Disponibilidad
- $m_r$ = Tiempo medio de reparación
- $t_0$ = Tiempo base del proceso

Para determinar la disponibilidad del proceso:

$$A = \frac{m_r}{m_r + m_f}$$

Donde:

- $m_f$ = Tiempo medio entre fallas

Con este indicador se va a determinar qué tan variable puede ser el proceso, y así poder controlar las fuentes de variabilidad externas al proceso tales como paros no programados y paros programados.

Este indicador será revisado de manera diaria por el supervisor, el cual será encargado de recolectar la información de las variables que se necesitan para llevar el indicador diario, y además, se va a revisar en las reuniones semanales propuestas con los líderes de la línea, supervisores y jefe de sección, usando el power Bi para mostrar los resultados.

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS

Una vez realizada todas las mejoras, se procede a revisar el comportamiento de la línea easy open 01 con respecto al indicador de rendimiento V2:

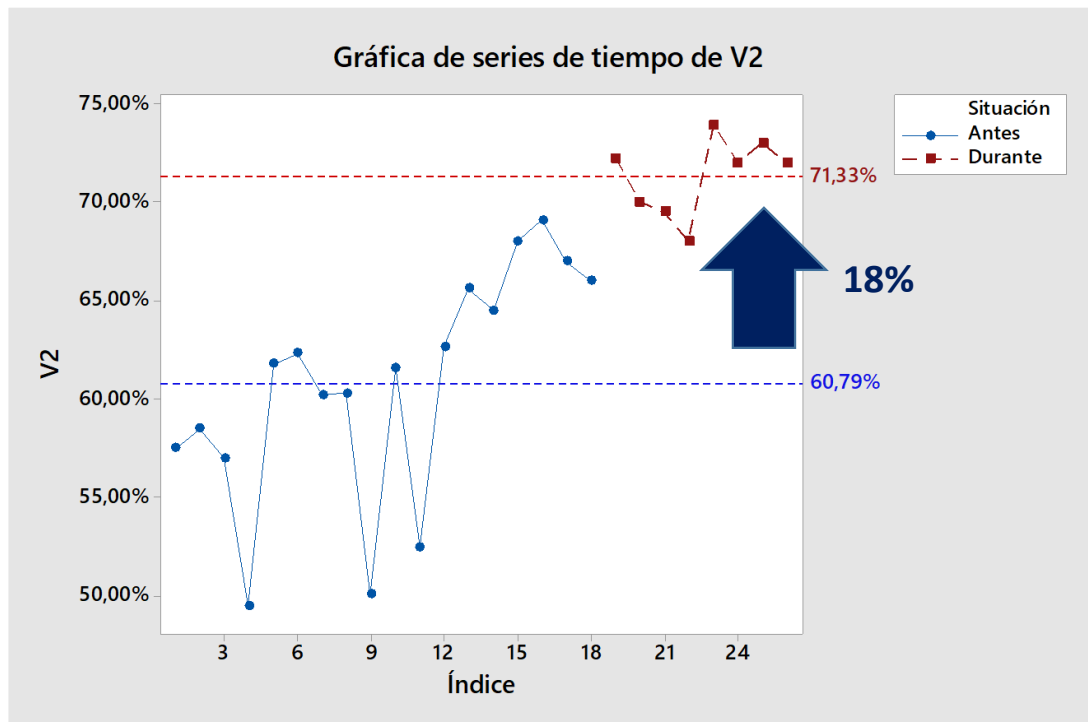


Figura 3.1 Gráfica comparativa antes y durante el proyecto

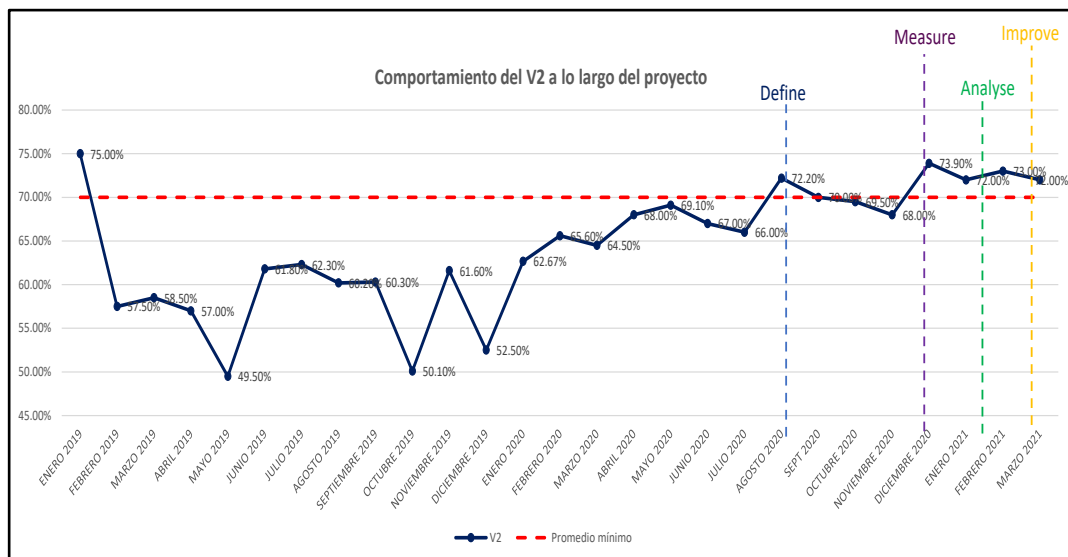
Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Tal como se observa en la figura adjunta, durante el desarrollo del proyecto, se ha mejorado el indicador de rendimiento V2 de la línea Easy open 01, de tal forma que el valor promedio durante el desarrollo del proyecto es del 71.33%, generando un incremento del 18%, con respecto al antes de gestionar las mejoras.

Adicional en la figura 3.2 se muestra el comportamiento del indicador de rendimiento V2 a lo largo de todos los meses incluyendo el periodo de desarrollo del proyecto desde agosto del 2020, que se empezó a



definir el problema, hasta marzo del 2021 que se gestionó la implementación de las mejoras.



**Figura 3.2 Comportamiento del V2 a lo largo del proyecto**

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

Luego de obtener los datos del V2 antes y durante del proyecto, se procedió a realizar el comparativo de capacidad del proceso. Tal como se visualiza en la figura 3.3 existe un incremento en la capacidad del proceso con respecto al indicador de rendimiento de la línea V2, de tal forma que el  $C_{pk}$  de antes de realizar el proyecto que fue de **-0.61**, subió durante el proyecto a **0.25**, validando que las acciones tomadas en la línea están obteniendo buenos resultados.

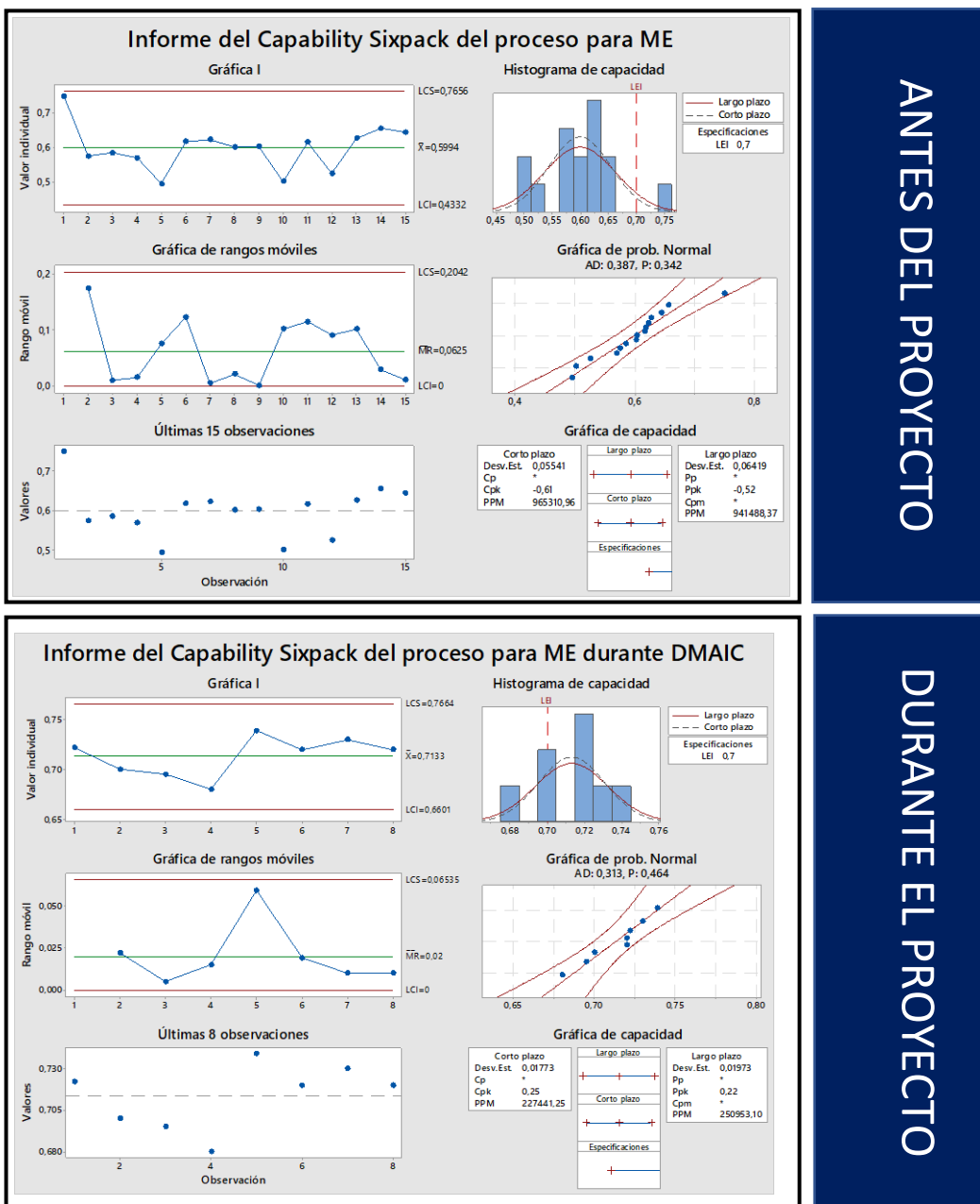


Figura 3.3 Comparativo del  $C_p$  y  $C_{pk}$  antes y durante el proyecto

Fuente: Alcívar, 2021.  
Elaboración propia.

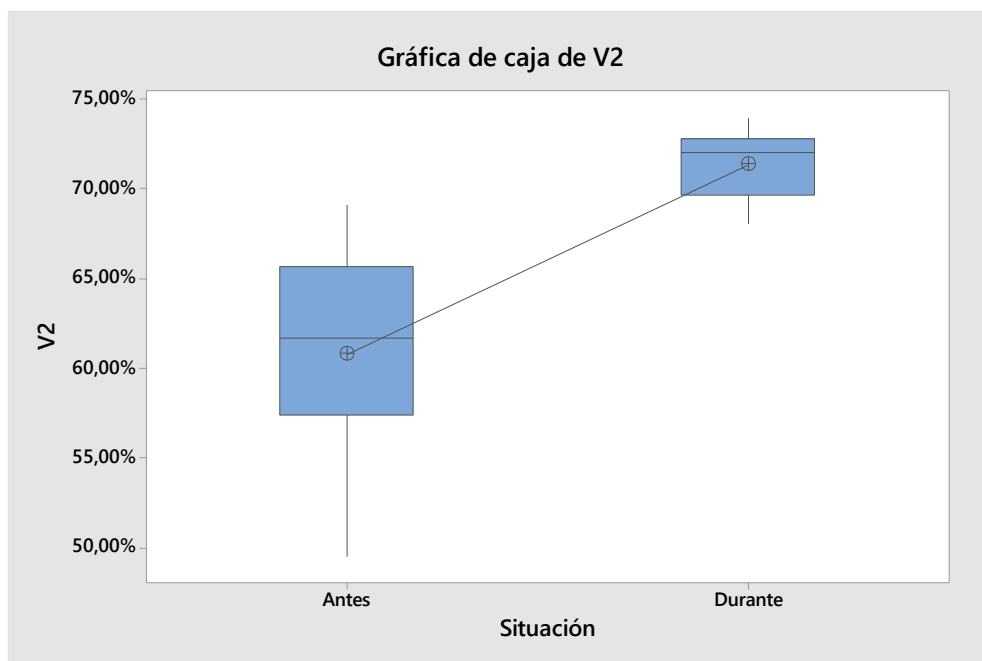
Para verificar la diferencia de medias del antes y durante el proyecto se realizó un análisis estadístico de comparación de 2 medias.

## Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-4,96	24	0,000



**Figura 3.4 Comparativo de 2 medias V2 antes y durante el proyecto**

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia.

Tal como se observa en la figura 3.2, estadísticamente se puede determinar, con un valor de  $P < 0.05$ , que existe diferencia significativa entre las medias del antes vs. durante el proyecto de incremento de V2.

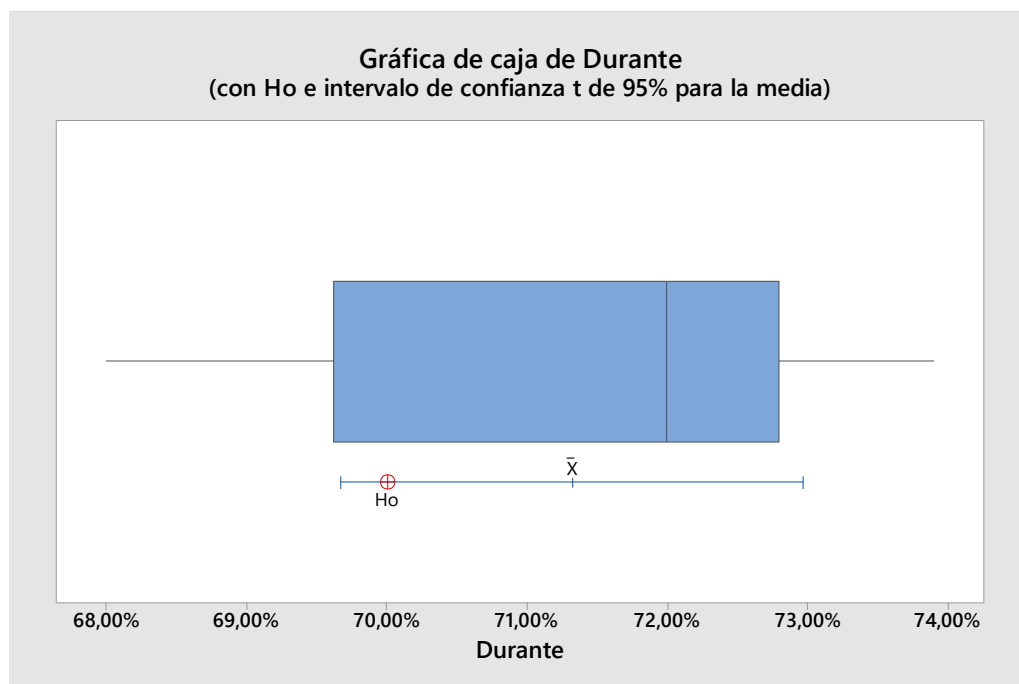
De igual manera, se realizó un análisis estadístico para comparar el V2 promedio durante el proyecto, con el V2 exigido por la empresa, que es el 70%.

### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu = 0,7$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu \neq 0,7$

Valor T	Valor p
1,90	0,099



**Figura 3.5 Comparativo de medias del V2 durante el proyecto vs. El V2 ideal**

Fuente: Alcívar, 2021.

Elaboración propia.

Tal como se puede apreciar en la figura 3.5, estadísticamente se determina con un valor de  $P > 0.05$ , que el promedio de V2 durante el proyecto es igual al  $V2 = 70\%$ , que es el valor exigido por la empresa.

## CAPÍTULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el proyecto realizado, se considera que la metodología DMAIC, es una herramienta muy importante para lograr determinar la raíz de los problemas planteados, tal es así que para este proyecto se logró determinar el motivo por el cual el indicador de rendimiento V2 de la línea easy open 01, no alcanzaba el valor mínimo esperado por la empresa que es el 70%, y de la misma manera, durante el desarrollo del proyecto, se logró alcanzar el indicador mínimo, incluso logrando mantenerlo estable.

#### 4.1. Conclusiones

- Se detectó que el principal problema detectado en la línea easy open 01 era el desgaste de herramientas, lo cual representaba el 63.79% de paras no programadas, generando disminución del V2.
- Se logró determinar que los motivos que generaban el problema detectado son los siguientes:
  - Falta de herramientas y repuestos
  - Falta de equipos de medición de herramientas
  - Falta de conocimiento de calibración por parte del personal.
  - Problemas de paralelismo en la estación de la incisión.
  - Falta de conocimiento de vida útil de las herramientas.
  - Falta de control de revisión de las columnas del troquel de vincha.
- Se implementó un modelo KANBAN de tarjeta para el abastecimiento de herramientas y repuestos.
- Se adquirió equipos de medición de herramientas y repuestos para la convertidora de la easy open 01.
- Se estableció plan de mantenimiento autónomo y plan de condiciones básicas para dar voz de alarma cuando exista daños o desgastes de piezas o herramientas.
- Se incrementó el V2 de la línea de un 59.94% a un promedio de 71.3%, incrementando en un 18%.
- Se incrementó la capacidad del proceso  $C_{pk}$  de -0.61 a 0.25.
- El desarrollo de la visualización semanal del rendimiento V2 de la línea easy open 01 en power Bi, permite el monitoreo y socialización de los resultados con el equipo de trabajo.

## 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda la revisión mensual del mantenimiento del Kanban de tarjetas, validando el correcto control de abastecimiento de las piezas y herramientas de la convertidora de la easy open 01.
- Se recomienda elaborar un registro de medición efectuado para cada pieza, con la finalidad de la utilización de los equipos de medición
- Se recomienda revisar semestralmente, el conocimiento de los operadores con respecto a la calibración de la línea en la matriz de habilidades.
- Se recomienda revisar de manera mensual el informe de cambios de herramientas y repuestos.
- Se recomienda la revisión del cumplimiento de tareas de la matriz de condiciones básicas y del plan de mantenimiento autónomo de la línea.
- Se recomienda implementar un indicador que analice la variabilidad del proceso, con la finalidad de ir evaluando que tan variable puede ser el proceso, y verificar que acciones debe realizar la empresa para ir disminuyendo estos tiempos de paras no programadas e implementar planes de capacitación para transformar a los operadores en técnicos, al momento se deberá calcular con tabulaciones internas, hasta que en el mes de mayo la empresa adquiera el software SHOPLOGIX el cual automáticamente muestra el indicador de variabilidad del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

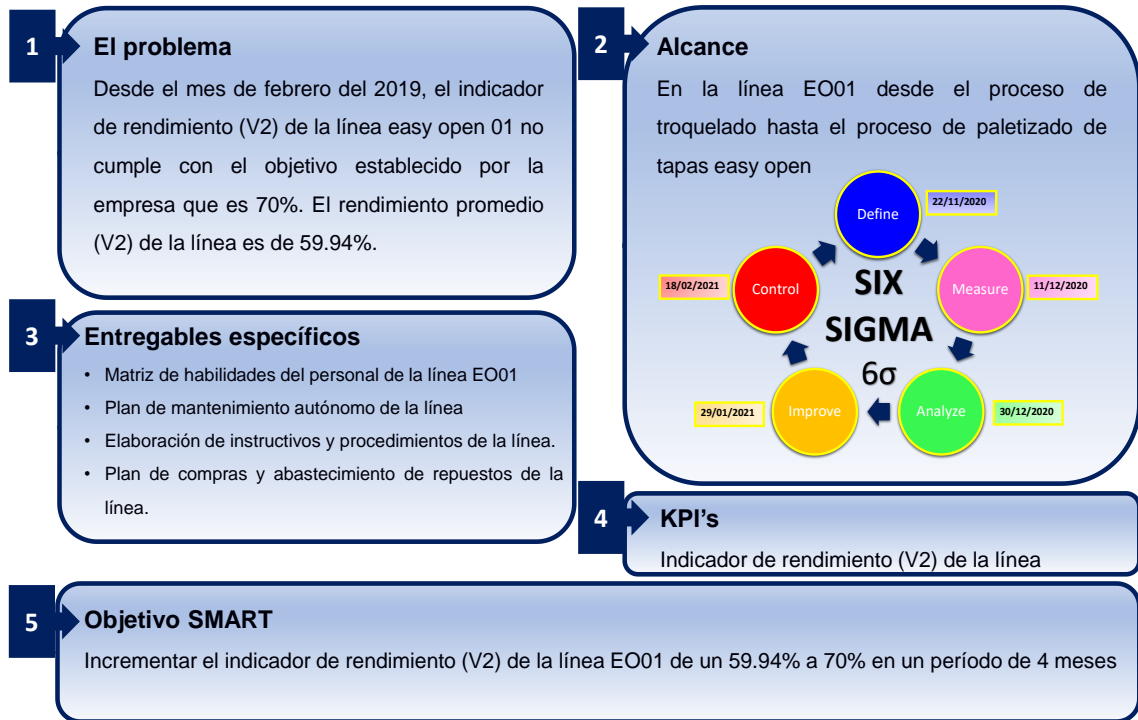
- 50Minutos. (2016). *El Método Seis Sigma: Mejore Los Resultados de su Negocio*. Ixelles, Bélgica: Lemaitre Publishing.
- Gomez, M. F. (2014). *Lean Manufacturing en Español: Como Eliminar Desperdicios e Incrementar Ganancias* . Estados Unidos: Editorial Imagen .
- Jorge, M. (2018). *Trabajo estándar para líderes y Gemba Walks (Vol. I)*. Tijuana, Baja California, Mexico: Joel Flores.
- Procel, J. C. (2018). *Producción de tapas*. Guayaquil.
- Socconini, L. (2017). *Lean Manufacturing paso a paso*. Guadalajara, Jalisco, Mexico: Punto&Coma.
- Wallace Hopp, M. S. (2000). *Factory Physics Second Edition*. New York, EEUU: McGraw-Hill/Irwin.

## **ANEXOS**



# ANEXO A

## PROJECT CHARTER



# ANEXO B

## RECOLECCION DE DATOS DE LA ETAPA DE MEDICION

Fecha	Turno	Operador	Tipo de tapa	Estación	Tipo de parada	Razón de paro	Hora inicio de parada	Hora final de parada	Tiempo total hrs	Tiempo total min	Producción buena
11/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	11:30:00	12:00:00	0.50	30	433,500
11/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	11:30:00	12:00:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	15:00:00	16:00:00	1.00	60	561,000
11/12/2020	B	Quiroz	307	Convertidora	Para programada	Comida	23:00:00	23:30:00	0.50	30	
12/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	561,000
12/12/2020	B	Quiroz	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30:00	13:00:00	0.50	30	561,000
13/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	10:30:00	11:00:00	0.50	30	369,750
13/12/2020	A	Quintero	307	Troquelado	Para no programada	Falto de material	16:00:00	16:30:00	0.50	30	
13/12/2020	A	Quintero	307	Troquelado	Para no programada	Transportadores de tapas	18:00:00	18:15:00	0.25	15	
14/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	16:30:00	19:30:00	3.00	180	
14/12/2020	B	Fariás	307	Convertidora	Para no programada	Transportadores de tapas	19:30	20:30	1.00	60	382,500
14/12/2020	B	Suarez	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	19:30	22:30	3.00	180	
15/12/2020	A	Soledispa	307	Troquelado	Para no programada	Problemas de barnizadora	18:00:00	18:30:00	0.50	30	561,000
15/12/2020	B	Fariás	307	Convertidora	Para no programada	Problemas por material	18:00:00	18:30:00	0.50	30	561,000
16/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	8:00:00	9:30:00	1.50	90	0
17/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para programada	Setups	8:00:00	16:00:00	8.00	480	
11/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	11:30	12:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30	13:00	0.50	30	
11/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	15:00	16:00	1.00	60	561,000
11/12/2020	B	Quiroz	307	Convertidora	Para programada	Comida	23:00	23:30	0.50	30	
12/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para programada	Comida	12:30	13:00	0.50	30	561,000
12/12/2020	B	Quiroz	307	Convertidora	Para programada	Comida	23:00	23:30	0.50	30	561,000
13/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	10:30	11:00	0.50	30	382,500
13/12/2020	A	Quintero	307	Troquelado	Para no programada	Falto de material	16:00	16:30	0.50	30	
14/12/2020	A	Arreaga	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	16:30	19:30	3.00	180	280,500
14/12/2020	B	Suarez	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	19:30	22:30	3.00	180	
14/12/2020	B	Suarez	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	19:30	22:30	3.00	180	
15/12/2020	A	Soledispa	307	Barnizadora	Para no programada	Problemas de barnizadora	18:00	18:30	0.50	30	
15/12/2020	B	Fariás	307	Convertidora	Para no programada	Problemas por material	18:00	18:30	0.50	30	561,000
16/12/2020	A	Quintero	307	Troquelado	Para no programada	Transportadores de tapas	8:00	9:30	1.50	90	331,500
17/12/2020	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	8:00	9:30	1.50	90	
4/1/2021	A	Quintero	307	Troquelado	Para no programada	Transportadores de tapas	16:00	18:00	2.00	120	
4/1/2021	B	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	7:30	15:00	7.50	450	204,000
4/1/2021	B	Ramos	307	Convertidora	Para programada	Comida	23:00	23:30	0.50	30	561,000
5/1/2021	A	Soledispa	307	Barnizadora	Para no programada	Problemas de barnizadora	8:30	9:00	0.50	30	76,500
5/1/2021	A	Quintero	307	Barnizadora	Para no programada	Problemas por material	10:00	10:30	0.50	30	
5/1/2021	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	13:00	19:30	6.50	390	
6/1/2021	A	Quintero	307	Convertidora	Para no programada	Aplador de tapas	9:00	9:30	0.50	30	
6/1/2021	A	Quintero	307	Convertidora	Para no programada	Transportadores de tapas	10:00	12:00	2.00	120	484,500
7/1/2021	B	Ramos	307	Barnizadora	Para no programada	Transportadores de tapas	1:30	3:30	2.00	120	
11/1/2021	A	Aguliar	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	9:30	19:30	10.00	600	76,500
11/1/2021	B	Suarez	307	Convertidora	Para no programada	Desgaste de herramienta	19:30	21:00	1.50	90	459,000
14/1/2021	B	Ramos	307	Barnizadora	Para no programada	Transportadores de tapas	1:30	2:30	1.00	60	

## ANEXO C

### MATRIZ DE CONDICIONES BASICAS EASY OPEN 01

Estaciones	Parte de la máquina	Problema detectado	Acción a implementar	Responsable	Validación (GEMBA)	Fecha de cierre	Status
<b>Troqueladora</b>	Tren de rodillos	En ocasiones al transportar bulto se queda	Cambio de piñones y cadenas de rodillos	Mecánicos		ene-21	Cerrado
	sistema de aire comprimido	Existe variación de presión de aire en la prensa troqueladora	Purgar el sistema de entrada principal de aire y cambio de filtros principales	Servicios generales		ene-21	Cerrado
	Transportadores bloque 1y2	cuando linea convertidora prende vacio ocasiona un bajon de energia y manda a reiniciar el sistema de la linea prensa troqueladora y en ocasiones se pierde la referencia , actualmente se apagan tambien los transportadores	Calibración de bancos de corrientes de la línea	Electricos		ene-21	Cerrado
	Pinzas de avance	Desgastes de pinzas de avance de lámina	Rectificar pinzas del brazo de alimentación	Operadores		ene-21	Cerrado
<b>Engomadora</b>	Pistola engomadora	Desgastes en los brazos sujetadores de la pistola engomadora	Cambio o rectificación del brazo sujetador de la pistola engomadora	Operadores		ene-21	Cerrado
	Tanques de goma	Fuga en la tapa del tanque de goma	Sellar el tanque de goma	Operadores		ene-21	Cerrado
<b>Convertidora</b>	sistema de aire comprimido	Daño en perilla de paso de aire comprimido	Colocar una nueva perilla de aire comprimido	Operadores		ene-21	Cerrado
	Bomba de vacío	Fuga de aceite en bomba de vacío de la convertidora	Colocación de nuevos empaques de la bomba de vacío	Mecánicos		ene-21	Cerrado
	Bomba de lubricación	Fuga de aceite en bomba del sistema de lubricación	Colocación de nueva bomba de lubricación	Mecánicos		ene-21	Cerrado
	Sistema de lubricación	Fuga de aceite en tubería de lubricación de aceite de la convertidora	Cambio de tubería de lubricación	Mecánicos		ene-21	Cerrado

## ANEXO D

### 5 PORQUE'S PARA VERIFICACION DE CAUSA RAIZ

Xs potenciales	1er Por qué?	2do Por qué?	3er Por qué?	4to Por qué?	5to Por qué?	Acción
<b>Falta de herramientas y repuestos para realizar los cambios</b>	<p>Por qué existe falta de herramientas de la línea para realizar los cambios?</p> <p>Porque no se tiene un inventario de las herramientas que se requieren para el funcionamiento de la línea</p>	SI	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CAUSA RAIZ</div>			<p>Se levantará información de todas las piezas que requiere la troquelera de conversión y vincha, y se establecerá un modelo KANBAN para el abastecimiento de las piezas</p>

Xs potenciales	1er Por qué?	2do Por qué?	3er Por qué?	4to Por qué?	5to Por qué?	Acción
<b>No existe equipos de medición para la toma de medida de herramientas en el área</b>	<p>Por qué no existen equipos de medición para la toma de medida de herramientas en el área?</p> <p>Porque solo se maneja un equipo de medición ubicado en el área de taller, el cual se encuentra a una distancia lejana de la sección</p>	SI	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CAUSA RAIZ</div>			<p>Colocación de equipo de medición para herramientas en la línea Easy Open 01:                      *Micrómetro digital                      *Base para indicadores                      *Indicadores digitales                      *Gage block                      *Microscopio óptico</p>

Xs potenciales	1er Por qué?	2do Por qué?	3er Por qué?	4to Por qué?	5to Por qué?	Acción
<b>Falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas</b>	<p>Poque los operadores tienen falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas?</p> <p>Porque el personal no fue entrenado para realizar los cambios de herramientas de la convertidora</p>	SI	<p>Poque los operadores tienen falta de conocimiento para realizar los cambios de herramientas?</p> <p>Porque no hubo la debida inducción del personal para realizar la calibración de la línea</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CAUSA RAIZ</div>		<p>Elaboración de un plan de capacitación para la calibración de la línea, elaboración de matriz de polyvalencia para seguimiento</p>

Xs potenciales	1er Por qué?	2do Por qué?	3er Por qué?	4to Por qué?	5to Por qué?	Acción
<b>Falta de paralelismo en el espesor de incisión de la 3ra estación del troquel de conversión</b>	<p>Por qué existe falta de paralelismo en el espesor de incisión de la 3ra estación del troquel de conversión?</p> <p>Porque existe desgaste en los bocines de la biela de la prensa de conversión</p>	SI	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CAUSA RAIZ</div>			<p>Se envía a rectificar las partes de la prensa tanto biela como bocines y se define frecuencia de revisión y cambio de los bocines de la biela de la prensa de conversión, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo</p>

Xs potenciales	1er Por qué?	2do Por qué?	3er Por qué?	4to Por qué?	5to Por qué?	Acción
<b>Falta de conocimiento de vida útil de las herramientas</b>	<p>Por qué no existe conocimiento de vida útil de la herramientas?</p> <p>Debido a que el fabricante de las piezas y herramientas no ha provisto a la línea, la información del tiempo de vida útil de cada pieza</p>	SI	<p style="text-align: center;"><b>CAUSA RAIZ</b></p>			<p>Se va a solicitar la información al fabricante sobre la vida útil de las piezas, y se va a realizar el registro de cambio de piezas</p>

Xs potenciales	1er Por qué?	1er Por qué?	3er Por qué?	4to Por qué?	5to Por qué?	Acción
<b>Centrado incorrecto del troquel de vincha</b>	<p>Por qué existe centrado incorrecto del troquel de vincha?</p> <p>Porque existe fuga y desgaste en las columnas de troquel de vincha</p>	SI	<p style="text-align: center;"><b>CAUSA RAIZ</b></p>			<p>Se envía a embocar las columnas del troquel de vincha y se define frecuencia de revisión y rectificación de las columnas del troquel de vincha, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo</p>

# ANEXO E

## CUADRO DE FRECUENCIA DE DESGASTE Y CAMBIOS DE HERRAMIENTAS DE LA CONVERTIDORA

N. SKU	DESCRIPCION	CODIGO	# DE PARTE	UND. X TROQUEL	SALDO EN BODEGA	FRECUENCIA DE CAMBIO	ARTICULOS POR KANBAN
1	BURBUJA	INSERTO176	C 152861	2	3	12 meses	1
2	ESTAMPA SUPERIOR	CREAR CODIGO	222069801	2	0	24 meses	1
3	ESTAMPA BASE	CREAR CODIGO	222069802	2	0	24 meses	1
4	TAPA DE ESTAMPA	CREAR CODIGO	222069803	2	0	24 meses	1
5	FORMADOR BURBUJA	INSERTO179	C-172320	2	4	12 meses	1
6	CENTRADOR DE BURBUJA	CREAR CODIGO	C166071	2	0	12 meses	1
7	INSERTO DE 2da OPERACIÓN	INSERTO174	222015290	2	3	12 meses	1
8	BIGOTES	INSERTO182	222015670	4	4	6 meses	4
9	SOPORTES DE VINCHA	INSERTO175	B-161221	4	0	2 meses	11
10	ESTAMPA BASE	CREAR CODIGO	222069797	2	0	24 meses	1
11	TAPA DE ESTAMPA		X. VERIFICAR	2	0	24 meses	1
12	FORMADOR 2da	INSERTO184	B-155228	2	2	12 meses	1
13	PANEL GRANDE	INSERTO234	222069933	2	2	12 meses	1
14	PANEL MEDIANO	INSERTO235	222069935	2	2	12 meses	1
15	PANEL PEQUEÑO	INSERTO242	222069937	2	2	12 meses	1
16	INSERTO GRANDE	CREAR CODIGO	C 161218	2	0	12 meses	1
17	INSERTO DE 3era OPERACIÓN	INSERTO226	222035476	2	1	12 meses	1
18	INSICION INFERIOR	TAPASSO225	222069901	2	2	12 meses	1
19	TAPA DE CERAMICA	CONSULTAR STOLLE		2	0	24 meses	1
20	FORMADOR 3era	INSERTO185	222035522	2	2	12 meses	1
21	INSERTO DE 4ta OPERACIÓN	INSERTO228	222081061	2	2	12 meses	1
22	PANEL GRANDE	INSERTO241	222069940	2	0	2 meses	6
23	PANEL CENTRAL	INSERTO240	222069938	2	1	2 meses	6
24	ESTAMPA BASE	TAPASSO222	222069942	2	0	2 meses	6
25	INSERTOS DE FORMACION	INSERTO224	C181831	4	4	2 meses	11
26	TAPA DE ESTAMPA	ESPACIZO064	C-171276	2	1	24 meses	1
27	FORMADOR 4ta	INSERTO178	C-16581	2	3	12 meses	1
28	INSERTO DE 5ta OPERACIÓN	INSERTO177	C 169490	2	2	12 meses	1
29	ESTAMPA BASE	BASESSO547	222069811	2	2	36 meses	1
30	TAPA DE ESTAMPA	CREAR CODIGO	222070108	2	0	36 meses	1
31	PUPO DEL REMACHE	MATRIZO093	222067547	2	0	2 meses	6
32	INSERTOS DE CENTRADO	INSERTO236	C-181807	4	4	2 meses	11
33	ESTAMPA BASE	ESTAMPZO020	222070059	1	2	2 meses	3
34	TAPA DE ESTAMPA	CREAR CODIGO	222024126	1	0	24 meses	1
35	BOCIN CENTRADOR	BOCINSO414	222048014	2	2	24 meses	1
36	PISADOR REMACHADOR	PISADOZ0017	222048015	2	1	6 meses	2
37	RESORTE REMACHADORA	RESORTO594	222048154	2	2	12 meses	1
38	REMACHADORA	PUNZONZO429	E-161364	2	4	12 meses	1
39	BOCIN REMACHADOR	BOCINSO422	222036069	2		24 meses	1
41	SOPORTES DE VINCHA		X VERIFICAR	4		12 meses	2
42	CENTRADOR DE VINCHA		X VERIFICAR	2		36 meses	1
43	ESTAMPA BASE		X VERIFICAR	2		36 meses	1
44	TAPA DE ESTAMPA		X VERIFICAR	2		36 meses	1
48	REMACHADORA	PUNZONZO429	E-161364	2	2	12 meses	1
49	BOCIN REMACHADOR	BOCINSO422	222036069	2	2	24 meses	1
50	BOCIN ANILLO	BOCINSO413	222058303	2	2	24 meses	1

N. SKU	DESCRIPCION	CODIGO	# DE PARTE	UND. X TROQUEL	SALDO EN BODEGA	FRECUENCIA DE CAMBIO	ARTICULOS POR KANBAN
51	VIRADOR DE OREJA	PUNZONZ0428	D-157420	4	4	8 meses	3
52	LETRA A	PUNZONZ0422	C-166021-1	1	2	24 meses	1
53	LETRA B	PUNZONZ0423	C-166021-2	1	2	24 meses	1
54	PUNZON REDONDO PEQUEÑO	PUNZONZ0413	222015689	2	2	6 meses	2
55	PUNZON OVALADO	PUNZONZ0419	C-156629	2	3	6 meses	2
56	PUNZON TRIANGULAR GRUESO	PUNZONZ0414	222023316	2	7	6 meses	2
57	PUNZON TRIANGULAR FINO	PUNZONZ0415	222023317	2	7	6 meses	2
58	PILOTO GUIA	PILOTOZ0050	B-165492	2	8	12 meses	1
59	MATRIZ REDONDO PEQUEÑO	MATRIZZ0082	C-160743	2	2	6 meses	2
60	MATRIZ OVALADA	MATRIZZ0081	C-160742	2	2	6 meses	2
61	MATRIZ TRIANGULAR GRUESO	MATRIZZ0076	222015558	4	2	6 meses	4
62	MATRIZ TRIANGULAR FINO	MATRIZZ0075	222015557	4	4	6 meses	4
63	MATRIZ CUERPO DE GUITARRA	MATRIZZ0084	E-161444	2	5	6 meses	2
64	EXPULSOR CUERPO DE GUITARRA			1	EN TALLE	12 meses	1
65	PUNZON CUERPO DE GUITARRA	PUNZONZ0427	D-160746	2	6	6 meses	2
66	PLACA EXPULSOR CUERPO D GUITARRA			1	0	12 meses	1
67	MATRIZ DE PRE DOBLADO	X. VERIFICAR		2		24 meses	1
68	MATRIZ DE FORMACION	X. VERIFICAR		2		24 meses	1
69	DEDO CENTRADOR	PUNZONZ0416	222025376	2	10	24 meses	1
70	PRENSACHAPA O EXPULSOR FORMACI	X. VERIFICAR		1		24 meses	1
71	PUNZON DE PRE DOBLADO	X. VERIFICAR		2		24 meses	1
72	PUNZON DE FORMACION	MATRIZZ0078	222028976	2	0	24 meses	1
73	CENTRADOR PUNZON DE FORMACION	X. VERIFICAR		2		24 meses	1
74	PUNZON VIRADO HACIA ABAJO	PUNZONZ0418	222031432	2	4	12 meses	1
75	EXPULSOR VIRADO HACIA ABAJO	MATRIZZ0001	222032225	2	6	12 meses	1
76	DEDO CENTRADOR	PUNZONZ0417	222031430	2	2	12 meses	1

## ANEXO F

### MATRIZ DE HABILIDADES DEL PROCESO DE CONVERSION DE LA LINEA EASY OPEN 01

Matriz de habilidades del proceso de conversión de la línea easy open 01												
Cod del operador	Centro de costos	Conocimiento del equipo					Operación del equipo					Promedio por operador
		Prensa	Troquel de conversión	Troquel de vincha	Sistema hidráulico de la prensa	Sistema neumático de la prensa	Operación del equipo	Calibración de línea	Realización de pruebas de calidad	Mantenimiento de la línea	Análisis de falla	
1074	TAPAS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	4.00
42	TAPAS	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	2.60
8830	TAPAS	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	1.80
448	TAPAS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3.40
28850	TAPAS	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	2.40
28764	TAPAS	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	2.50
<b>Promedio por actividad</b>		<b>2.67</b>	<b>3.17</b>	<b>3.17</b>	<b>3.17</b>	<b>3.17</b>	<b>3.17</b>	<b>2.33</b>	<b>3.17</b>	<b>2.00</b>	<b>1.83</b>	

Tipo	Descripción
○	La persona es nueva y entra a la etapa de inducción
◐	La persona recibe la capacitación teórica y queda constancia de la misma
◑	La persona realiza la actividad con acompañamiento
◒	La persona realiza la actividad sola y se desempeña excelentemente en ella
●	La persona realiza y enseña la actividad



## ANEXO G

### MATRIZ DE CONDICIONES BASICA CONVERTIDORA

Condiciones básicas convertidora							
Estaciones	Partes de máquina	Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Semana 06
Entrada de tapa shell	Transportadora Godan	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Transportador flotante	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Cuchillas separadoras	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Micros de seguridad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Guardas de seguridad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Prensa	Transportadora de tapa shell	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Troquel de conversión superior	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Troquel de conversión inferior	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Remachadoras	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Puente del fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensor de fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Cuchilla cortadora de fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motor principal	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Embrague	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Cigüeñal	✗	✗	✗	✗	✗	✓
	Sistema de transmisión para la alimentación de fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rodillo de fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Troquel de vincha superior	✗	✗	✗	✗	✗	✓
	Troquel de vincha inferior	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Reservorio de lubricante para fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Banda de transmisión principal	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Bomba de vacío BUSCH	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Bomba de lubricación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sistema de lubricación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Bomba de vacío para recolector de desperdicio de fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Ducto para desperdicio de fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Micros de seguridad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Guardas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Desbobinador de fleje	Motor de desbobinador de fleje	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Plato desbobinador	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rulimanes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rodillo desbobinador	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Máquina PC01	Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Semana 06
Total de partes:	32	27	27	27	27	27
Condiciones buenas:	30	25	25	25	25	27
% Condiciones buenas:	94%	93%	93%	93%	93%	100%
Condiciones sub estandar:	2	2	2	2	2	0
% Condiciones sub estandar:	6%	7%	7%	7%	7%	0%







## ANEXO I

### PLAN DE CONTROL PARA DISMINUCION DE DESGASTE DE HERRAMIENTA

N°	Solución	¿Qué voy a controlar?	¿Porqué voy a controla?	¿Qué cantidad?	¿Cuándo lo voy a controlar?	¿Quién lo va a controlar?	¿Cómo lo voy a controlar?	¿Dónde lo voy a controlar?	Estado
1	Se levantará información de todas las piezas que requiere la troquería de conversión y vincha, y se establecerá un modelo KANBAN para el abastecimiento de las piezas	El abastecimiento a tiempo de las piezas y herramientas del troquel de conversión y de vincha	Para evitar desabastecimiento de piezas y repuestos en la línea y evitar paradas de la línea por falta de piezas	Se revisa el 100% del total de sku's levantados del troquel de conversión y vincha	Frecuencia mensual	Supervisor de producción	A través de la revisión del tablero Kanban	En bodega de repuestos	Pendiente
2	Colocación de equipo de medición para herramientas en la línea Easy Open D1: *Micrómetro digital *Base para indicadores *Indicadores digitales *Gage block *Microscopio óptico	Las medidas de las piezas de repuestos y herramientas del troquel de conversión y vincha	Para evitar desgastes de las piezas de los troqueles	Cada pieza que va cumpliendo su ciclo de desgastes	Cada vez que se requiera revisar las medidas de cada pieza	El operador de producción	A través de registros de medición efectuado a cada pieza	En la convertidora	Pendiente
3	Elaboración de un plan de capacitación para la calibración de la línea, elaboración de matriz de polivalencia para seguimiento	El nivel de conocimiento de cada operador con respecto a la calibración de la línea	Para disminuir los desgastes de herramientas por mala calibración de la línea	Todos los operadores de la convertidora de la easy open D1	Se establecerá una frecuencia de revisión semestral	RRHH y jefe de producción	A través de la matriz de habilidades o polivalencia	En la convertidora	Pendiente
4	Elaboración de indicador de variabilidad de procesos	La variabilidad del proceso con respecto a los tiempos entre fallas y tiempo de reparación	Para verificar que paradas se van generando, que tiempo toma la reparación de cada falla y proceder a ir disminuyendo estos tiempos	Todos los tiempos de paradas no programadas	Diaria	Supervisor de producción	A través del indicador de variabilidad de procesos que será publicado a través de power bi	En la convertidora	Pendiente
5	Se envía a rectificar las partes de la prensa tanto biela como bocines y se define frecuencia de revisión y cambio de los bocines de la biela de la prensa de conversión, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo	Desgastes de las herramientas de la prensa de conversión	Para evitar falta de paralelismo en la incisión y evitar desgastes de estas piezas	La prensa de la convertidora	Se establecerá una frecuencia de revisión semestral	Operadores de línea y supervisor de producción	A través de la matriz de condiciones básicas y plan de mantenimiento autónomo de la línea, adicional con el control de análisis de capacidad con respecto a la variable POP de la tapa	En la convertidora	Completo
6	Se va a solicitar la información al fabricante sobre la vida útil de las piezas, y se va a realizar el registro de cambio de piezas	Piezas y herramientas en buen estado	Para evitar desgastes de las piezas y herramientas	Todos los items levantados de la línea	Se establecerá la revisión del listado de manera mensual	Operadores de línea y supervisor de producción	A través del informe de cambio de herramientas y repuestos	En la convertidora	Completo
7	Se envía a embocinar las columnas del troquel de vincha y se define frecuencia de revisión y rectificación de las columnas del troquel de vincha, ingresando este punto en la matriz de condiciones básicas y en el plan de mantenimiento autónomo	Estado de las columnas del troquel de vincha	Para evitar desgastes de las herramientas del troquel de vincas	La prensa de la convertidora	Se establecerá una frecuencia de revisión semestral	Operadores de línea y supervisor de producción	A través de la matriz de condiciones básicas y plan de mantenimiento autónomo de la línea	En la convertidora	Completo