



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Aplicación de la metodología DMAIC para la reducción  
de las mermas de producción en la empresa Export Plast  
Perú, Arequipa, 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero Industrial**

**AUTOR:**

Gutierrez Gutierrez, Daniel Arturo (ORCID: 0000-0002-4046-6468)

**ASESOR:**

Mag. Bazán Robles, Romel Darío (ORCID: 0000-0002-9529-9310)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A Dios por la fortaleza e inspiración en este proceso a mis adorados padres y hermanos por apoyarme y acompañarme en esta etapa de vida. Además, a todas las personas de abrieron sus puertas y compartieron sus conocimientos

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a Dios por permitirme culminar mis sueños, Por los padres y hermanos que siempre fueron mi inspiración para seguir adelante, A los docentes en esta prestigiosa UCV Ing. Bazán Robles, Romel Darío por haber dcompartido sus conocimientos a lo largo de esta formativa con actitud positiva y mucha paciencia

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	10
III. METODOLOGÍA .....	18
3.1. Tipo y diseño de Investigación .....	18
3.1.1. Tipo de investigación.....	18
3.1.2. Diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización .....	19
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	21
3.3.1. Población.....	20
3.3.2. Muestra .....	21
3.3.3. Muestreo .....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
3.5. Procedimientos.....	23
3.6. Método de análisis de datos .....	31
3.7. Aspectos éticos .....	32
IV. RESULTADOS .....	33
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES .....	52

VII. RECOMENDACIONES .....	53
REFERENCIAS .....	54
ANEXOS.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de PET procesadas mes a mes (Kg) 2017 - 2021.....	3
Tabla 2. Cantidad botellas recicladas ingresadas (Kg) 2017 - 2021 .....	3
Tabla 3 Priorización de situaciones analizadas en Ishikawa.....	6
Tabla 4 Diagrama de Pareto de situaciones analizadas .....	7
Tabla 5. Criterios de inclusión de población.....	21
Tabla 6. Valores de mermas por Kg producidos - Mejora .....	31
Tabla 7. Registro producción máximo, mínimo y promedio - producción .....	35
Tabla 8. Registro producción máximo, mínimo y promedio - mermas.....	36
Tabla 9. Promedio de producción y mermas registradas .....	36
Tabla 10. Registro producción máximo, mínimo y promedio - Producción.....	37
Tabla 11. Capacidad de Proceso Pre-Test .....	38
Tabla 12. Valores de mermas por Kilogramos producidos - Actual.....	39
Tabla 13. Registro producción máximo, mínimo y promedio - producción .....	40
Tabla 14. Proyecciones de mermas anormales 2021 - actual.....	41
Tabla 15. Capacidad de Proceso Post-Test.....	41
Tabla 16. Proyecciones de mermas anormales 2021 - Mejora .....	42
Tabla 17. Datos de la merma anormal pre-test y post-test .....	43
Tabla 18. Comparación de varianza, desviación estándar y coeficiente de variación de pre-test y pos-test.....	44
Tabla 19. Prueba de Normalidad – Merma anormal .....	45
Tabla 20. Prueba T - Student – Merma anormal.....	46
Tabla 21. Comparación de pre y post test .....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Evolución de la producción Export Plast Perú (Kg) 2017 - 2021 .....	2
Figura 2. Mermas de producción Export Plast Perú (Kg) 2017 - 2021 .....	4
Figura 3. Diagrama de Ishikawa del proceso actual .....	6
Figura 4 Sistema modelador de PET .....	25
Figura 5 Distribución normal de mermas .....	26
Figura 6 Modelo de máquina de modelado en 3D .....	26
Figura 7 Resultado final de modelado de máquina .....	27
Figura 8. Layout del proceso actual de lavado y desinfección .....	28
Figura 9. Banda de traslado con rosca sin fin tapado .....	28
Figura 10. Modelo de ensacado con balanza y alimentación.....	29
Figura 11. Maniobra del operario para retirar las bolsas .....	30
Figura 12 Diagrama de flujo cruzada – proceso productivo .....	34
Figura 13 Producción y material en kilogramos (Kg) .....	35
Figura 14 Mermas normales y anormales en kilogramos (Kg).....	36
Figura 15 Distribución normal de mermas - actual.....	37
Figura 16 Gráfica de control de mermas.....	40
Figura 17 Distribución normal de mermas - Mejora .....	42
Figura 18 Merma Anormal .....	44

## RESUMEN

El presente trabajo denominado “Aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de mermas en la empresa Export Plast Perú, Arequipa 2021” cuyo objetivo principal: minimizar la producción de mermas en el proceso de reciclando de botellas (PET) aplicando la metodología DMAIC.

La investigación de tipo cuantitativa y de diseño cuasi-experimental por su finalidad.

La población tomada se basó en los registros de Órdenes de Pedido (OP) diarios de la empresa, comparados con los registrados reales. El proceso de la investigación se estimó en 03 meses, de los cuales los 02 primeros meses fueron de entendimiento y recopilación de la información, generando en el último mes las propuestas de mejora y registrando los primeros resultados según el plan establecido. utilizando el software Minitab versión 19 para medir la capacidad de proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ) y nivel de significancia del proceso (Sigma). Así mismo se utilizó el software SPSS versión 25 para el análisis de estadística descriptiva. En conclusión, se logró reducir la cantidad de mermas de tipo anormales de 756 kg a 135 kg, incrementando operatividad de la empresa en 1,639.44 soles mensuales. De esta forma se logró comprobarla hipótesis planteada, dando un nivel de significancia menor al 0,05

**Palabras clave:** botella PET, Metodología DMAIC, Mermas.

## ABSTRACT

The present work called "Application of the DMAIC methodology for the reduction of waste in the company Export Plast Peru, Arequipa 2021" had as main objective: To develop a plan to reduce the waste produced in the treatment process of recycled PET from of bottles applying the DMAIC methodology in the Export Plas Peru company.

The type of research used is quantitative because the variables used can be measured, as well as its application purpose, it is a quasi-experimental design research. The base population of the study was made up of the daily Order Orders (OP) processed by the company, these were collected from the production records, in which the amount of planned processed kilograms is shown, compared to those registered in reality. The development process of this research is estimated at 03 months, in which initially there have been months of understanding and compiling the information of the company, so that in the last month the improvement proposals are made and the first implementations are registered. according to the established plan. The processing of the production results was carried out through the statistical software Minitab version 19 for the measurements of process capacity (Cp and Cpk) and level of significance of the process (Sigma). Likewise, the SPSS version 25 software was used for the descriptive statistics analysis. In conclusion, it was possible to reduce the amount of abnormal waste in the process from 756 kg to 135 kg, increasing the operating profit of the company by 1,639.44 soles per month. With this result, it was possible to verify the hypothesis initially raised, since it has a significance level of less than 0.05, therefore, the general and specific hypotheses were accepted.

**Keywords:** Polyethylene terephthalate (PET), PET bottle, DMAIC Methodology, production losses.

## I. INTRODUCCIÓN

**A nivel internacional**, el plástico PET o *polietilén tereftalato* es uno de los más utilizados en la industria mundial debido a sus características de bajo costo de producción, maleabilidad, cristalinidad y termorresistencia. Con estas características se ha masificado su uso y ha logrado desarrollar la logística de diversos sectores a nivel global (Cobos 2016). Sin embargo, existe una creciente preocupación debido a la cantidad de desechos que se han generado a partir del uso del PET, estos se mantienen en tendencia creciente año tras año.

Según el estudio de evaluación global de basura marina y contaminación de plásticos publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Guevara 2021) se estima que para el 2040 habrá 50 kilogramos de plástico por cada metro cuadrado en las zonas costeras del mundo.

**A nivel nacional**, el MINAM (2016) estimó en el 2016 que en el Perú se consumían cerca de 30 kilogramos por ciudadano. Entre este consumo se contabilizaron 3 mil millones de botellas plásticas. En Arequipa se estimó en el 2018 que su consumo estaba por encima de 3 toneladas por semana, siendo los distritos de mayor consumo Hunter, Cerro Colorado, José Luis Bustamante y Rivero, Paucarpata y Selva Alegre (Revista Mercados y Regiones 2018)

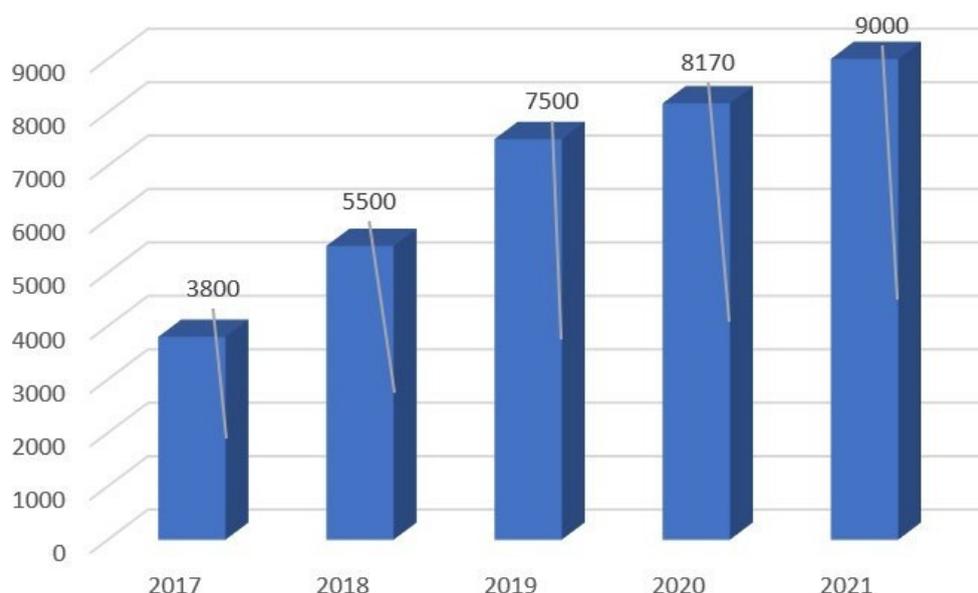
Las botellas plásticas tienen una participación importante en este volumen consumido. Según el portal de noticias Comunicarse (2021), al realizar un estudio previo a la COP26, se determinó que los envases de bebidas son una de las fuentes más importantes de contaminación a nivel mundial y las empresas de bebidas como son Coca-Cola y PepsiCo son también las de mayor producción de contaminantes plásticos del mundo.

Así mismo, se debe considerar que en el mismo proceso de tratamiento del plástico existen mermas. En el trabajo de Martínez (2012) acerca de su estudio para la reducción de mermas en proceso de utilizar PVC y PET, logró estimar en la estructura de costos que pueden generarse de un 30% a un 40% de mermas de materiales, llegando inclusive a un 60% en todo el proceso, calculando que este porcentaje de merma representaría el 24% del costo total del envase producido.

En el Perú existe una demanda importante por el uso de plástico, los cuales requieren PET para la fabricación de bolsas de polietileno impreso, baldes, botellas de polietileno, envolturas, frascos, laminados y sacos de polietileno y en la que se estima una demanda potencial de 977 Toneladas para el 2021 (ver Anexo 7) y en cuanto al uso de material plásticos reciclados provenientes de residuos municipales la recopilación de Serrano (2002) acerca de las condiciones de las disposiciones de residuos en Latinoamérica, indica que las fuentes potenciales de costos en el reciclaje son por la falta de cultura en la disposición de los residuos, los tiempos prolongados de almacenamiento de los desperdicios, la lentitud de los procesos en las plantas de tratamiento y la adopción tecnológica.

**A nivel local**, la empresa Export Plast Perú SAC (ExportPlast) es una empresa Arequipeña que inició operaciones desde el 2017 con el objetivo de aprovechar la falta de reciclaje de botellas de plástico de PET en la ciudad. Las botellas recicladas siguen un proceso de tratamiento en las que el producto terminado son hojuelas de PET tratadas, listas para ser utilizadas nuevamente. Desde que la empresa inició sus operaciones no ha dejado de crecer, es así que para este año se estima un incremento de producción del 10% con respecto al año 2020.

**Figura 1.**  
Evolución de la producción Export Plast Perú (Kg) 2017 - 2021



**Fuente:** Información recopilada de la empresa a octubre, 2021. (\*) montos estimados hasta fin de año

En el resultado de hojuelas de PET generadas mes a mes, se muestra a continuación.

**Tabla 1.**  
Cantidad de PET procesadas mes a mes (Kg) 2017 - 2021

	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021*</b>
<b>Enero</b>	240	440	640	640	640
<b>Febrero</b>	200	300	600	600	700
<b>Marzo</b>	240	340	640	640	740
<b>Abril</b>	300	400	800	800	800
<b>Mayo</b>	380	580	580	980	980
<b>Junio</b>	260	460	660	660	660
<b>Julio</b>	220	420	620	620	620
<b>Agosto</b>	200	400	400	700	700
<b>Setiembre</b>	380	480	580	550	850
<b>Octubre</b>	440	540	540	540	720
<b>Noviembre</b>	500	600	600	600	600
<b>Diciembre</b>	440	540	840	840	990
<b>Total</b>	<b>3800</b>	<b>5500</b>	<b>7500</b>	<b>8170</b>	<b>9000</b>

**Fuente:** Información recopilada de la empresa a octubre, 2021. (\*) montos estimados hasta fin de año

Si bien la producción anual tiene un crecimiento constante año tras año, los porcentajes de producción del proceso han permanecido relativamente constantes, lo cual se encuentra alrededor de un 78%.

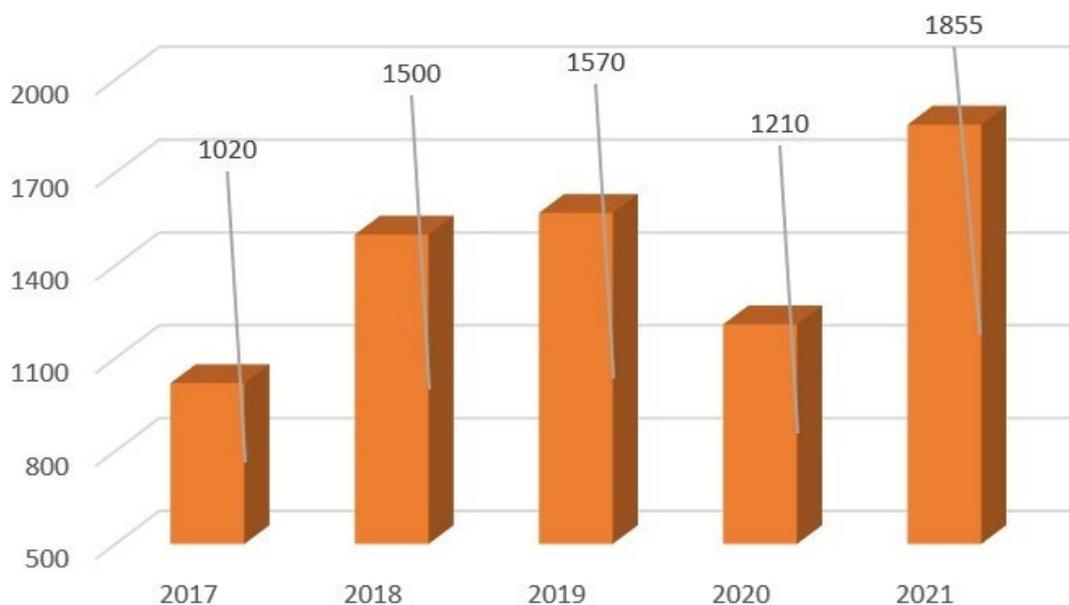
**Tabla 2.**  
Cantidad botellas recicladas ingresadas al proceso (Kg) 2017 - 2021

	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021*</b>
<b>Enero</b>	300	550	800	850	850
<b>Febrero</b>	250	650	850	900	850
<b>Marzo</b>	300	400	800	800	900
<b>Abril</b>	350	500	900	1000	1000
<b>Mayo</b>	450	700	1200	1200	1200
<b>Junio</b>	310	550	800	800	800
<b>Julio</b>	560	550	700	700	750
<b>Agosto</b>	250	500	600	850	850
<b>Setiembre</b>	400	600	700	560	905
<b>Octubre</b>	500	600	750	750	900
<b>Noviembre</b>	600	750	850	850	800
<b>Diciembre</b>	550	650	120	120	1050
<b>Total</b>	<b>4820</b>	<b>7000</b>	<b>9070</b>	<b>9380</b>	<b>10855</b>

**Fuente:** Información recopilada de la empresa a octubre, 2021. (\*) montos estimados hasta fin de año

Los niveles de mermas dentro del proceso también han ido en incremento año tras año; así mismo, el rendimiento por botellas recicladas se encuentra en 27,9% en los dos últimos años.

**Figura 2.**  
Mermas de producción Export Plast Perú (Kg) 2017 - 2021



**Fuente:** Información recopilada de la empresa a octubre, 2021. (\*) montos estimados hasta fin de año

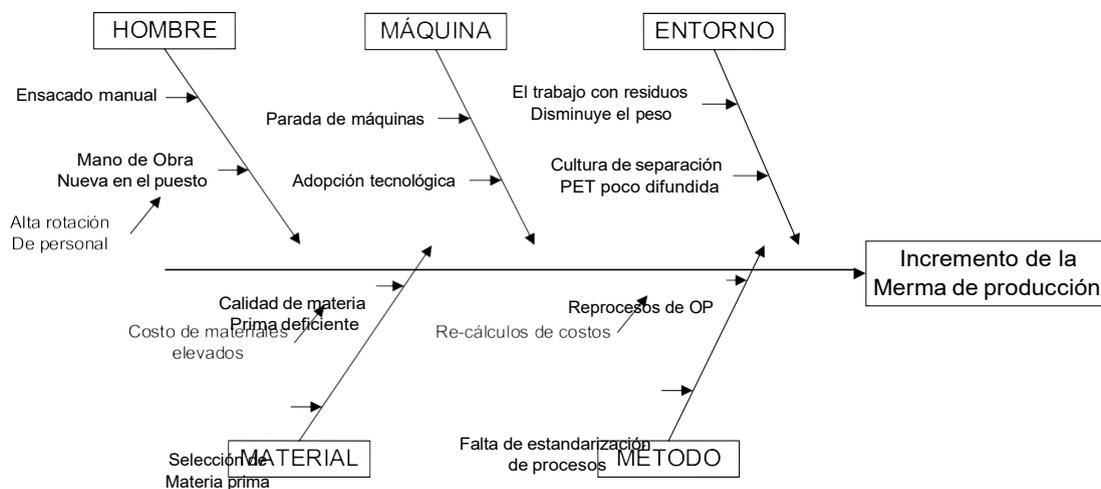
En el análisis del proceso de producción (ver Anexo 5) se conoce que, dentro de las 10 etapas del proceso productivo, las dos primeras etapas que son el triturado y lavado, son las más críticas debido a que, en ellas se realiza la conversión y clasificación del PET que seguirá en el proceso. Al analizar los motivos por los cuales en estas dos etapas se podrían generar mayores mermas, se evaluaron 05 componentes dentro de un diagrama de Ishikawa, obteniendo lo siguiente:

- **Entorno:** a) La falta de cultura de separación de PET en la población hace que la búsqueda de este material para reciclar sea trabajosa para los recicladores y b) El tratamiento de residuos con residuos que no son parte de las botellas PET hace que exista una merma en el peso de materia prima procesada, en esta primera etapa se estima un desperdicio de 20% que no es parte de la materia prima que ingresará al proceso de generación de hojuelas de PET.

- **Maquinaria:** Las máquinas utilizadas para prensado, triturado, lavado y empaque se realiza con máquinas manuales y/o semi-manuales por tanto a) existe paradas de máquina cuando alguna de ellas requiere un mantenimiento o falla de manera inesperada y b) falta de adopción tecnológica dentro del proceso debido a los costos elevados de producción y volumen, aún no es posible adquirir máquinas industriales. En este proceso se generan el 10% de las mermas totales, debido a la forma manual de separación de elementos como también la pérdida de material en el propio proceso.
- **Hombre:** en el proceso tanto la alimentación, como el ensacado del producto al final del proceso, como el control de calidad durante el proceso se realiza de forma manual, por tanto: a) el ensacado del producto terminado es manual y b) la mano de obra por ser nueva en el puesto comete errores en labores manuales. Se estima que el 15% de las mermas son generadas por un factor de malas prácticas del operario.
- **Material:** Habiendo realizado la selección manual, el proceso es alimentado con materia prima que puede contener aún residuos, se estima que el 25% de las mermas totales se puede generar por a) calidad de materia prima deficiente que eleva los costos de materiales por la mezcla que ocurre con el PET y b) una mala selección de los materiales al momento de ser ingresados al proceso.
- **Método:** Finalmente, en al proceso definido como tal no existe documentación que permita seguir los límites o lineamientos establecidos por los clientes, así mismo tampoco existen cartas de control en el reproceso lo que genera a) reproceso de las Ordenes de Producción (OP) por los re - cálculos de costos que se hacen para lograr cubrir el lote de la orden y b) por la falta de estandarización de los mismos procesos, relacionado al factor hombre, anteriormente mencionado. Por ser una situación recurrente, este es el factor de mayor generación de mermas, estimándose en un 30% del total que se generan en el proceso productivo.

A continuación (Figura 3) se resumen en un Diagrama de Ishikawa los factores y sus causantes mencionados.

**Figura 3.**  
Diagrama de Ishikawa del proceso actual



**Fuente:** Elaboración propia con información de los propios trabajadores de la empresa, a setiembre, 2021

Para establecer un orden de priorización de factores y que estos sean abordados desde el de mayor efecto en el incremento de las mermas de producción, se realizó una medición de frecuencias durante un mes para cuantificar estos factores en el mes de setiembre de 2021, dando como resultado que los mayores problemas del incremento de las mermas en producción, se deben a la falta de estandarización del proceso, reproceso de órdenes de pedido (OP), paradas de máquinas y actividades manuales como el ensacado al final del proceso.

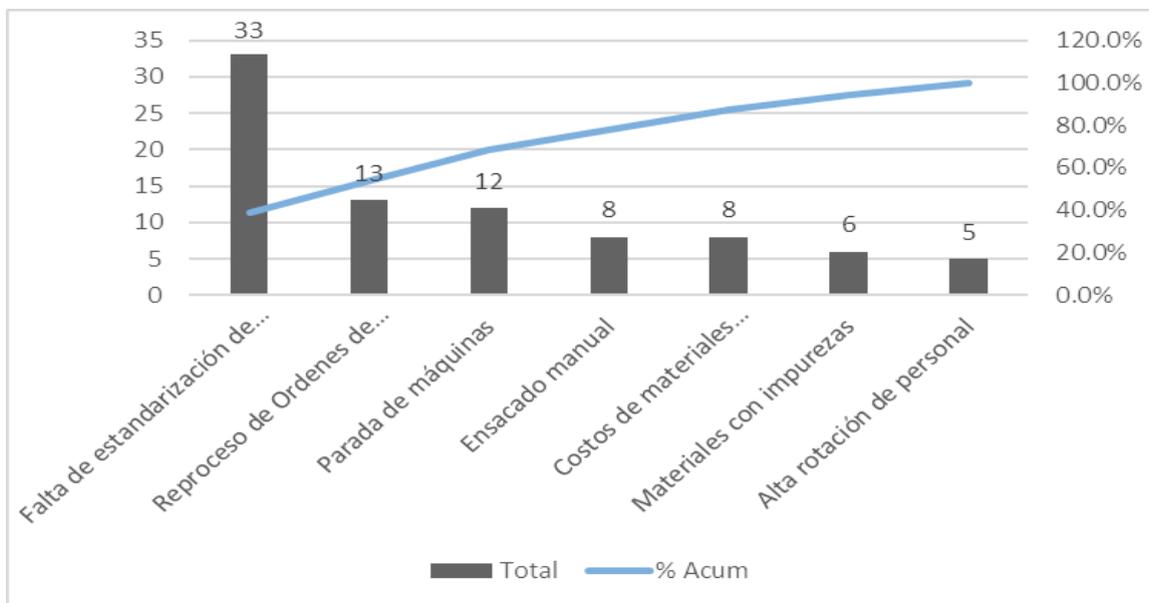
**Tabla 3**  
Priorización de situaciones analizadas en Ishikawa

Situación	S1	S2	S3	S4	Total	%	% Acum
Falta de estandarización de procesos	10	8	6	9	33	38.8%	38.8%
Reproceso de Ordenes de Pedido (OP)	3	2	1	7	13	15.3%	54.1%
Parada de máquinas	2	5	3	2	12	14.1%	68.2%
Ensacado manual	2	2	3	1	8	9.4%	77.6%
Costos de materiales elevados	0	2	2	4	8	9.4%	87.1%
Materiales con impurezas	2	1	0	3	6	7.1%	94.1%
Alta rotación de personal	1	1	1	2	5	5.9%	100.0%
<b>Totales</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>85</b>		

**Fuente:** Elaboración propia con información de los propios trabajadores de la empresa, a setiembre, 2021

Con la información recopilada, se pudo generar un análisis de diagrama de Pareto para comparar las frecuencias de las situaciones identificadas.

**Tabla 4**  
Diagrama de Pareto de situaciones analizadas



**Fuente:** Elaboración propia con información de los propios trabajadores de la empresa, a setiembre, 2021

Con toda la información recopilada el **problema general** se puede definir como:  
¿En qué medida la aplicación de la metodología DMAIC reduce las mermas de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021?

Los **problemas específicos** planteados son los siguientes:

**PE1:** ¿Cómo la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021?

**PE2:** ¿Cómo la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas totales del proceso de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021?

Para continuar con el estudio y proponer logros de este, será necesario exponer las razones justificadas por las cuales el planteamiento es requerido (Hernández, Fernández y Baptista, 2014); por tanto, a continuación, se exponen las debidas justificaciones de la presente investigación. En cuanto a la **justificación teórica**, el presente trabajo busca mejorar los procesos a través de la metodología

DMAIC, por tanto, se realizarán mediciones y se seguirán los pasos indicados para dicha metodología, es importante resaltar que, la presente investigación no pretende crear nuevas teorías, pero sí busca aplicar las teorías ya existentes de la metodología DMAIC y comparar los resultados obtenidos con los de otros investigadores.

Desde la **justificación práctica**, el presente trabajo se justificó debido a que la metodología DMAIC se aplicará a una realidad actual de una industria creciente como es el reciclaje de plástico en la ciudad de Arequipa, aplicando los conocimientos adquiridos en la Carrera de Ingeniería Industrial, para optimizar el proceso actual de la empresa objeto de estudio.

Sobre la **justificación económica**, se justifica la investigación dado que, al generar una menor cantidad de mermas, se generaron menores costos para la empresa Export Plast Perú, logrado incrementar la utilidad operativa dada la disminución de costos de ventas.

Desde la **justificación metodológica**, el presente trabajo se justifica en su metodología debido a que se encuentra definida en sus pasos, es de amplia difusión y conocida por estudiosos en la profesión. Desde el aspecto de la metodología de la investigación, el trabajo se alinea a lo exigido por el método científico.

Finalmente, en cuanto a la **justificación estratégica**, se formularán mejoras dentro de la empresa Export Plast Perú, logrado reducir los costos de ventas y por lo tanto incrementar la utilidad operativa de la empresa, haciéndola más competitiva.

Con respecto a los objetivos desarrollados para el presente trabajo. El **objetivo general** del presente trabajo es: Determinar la manera en que la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

Los **objetivos específicos** son los siguientes:

**OE1:** Estimar cómo es que la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

**OE2:** Estimar cómo es que la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas totales del proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ) de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

Finalmente, en función al problema y objetivos, se plantea la siguiente **hipótesis general:** La aplicación de la metodología DMAIC reducirá las mermas de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

Las **hipótesis específicas** son las siguientes:

**HE1:** Con la aplicación de la metodología DMAIC es factible reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

**HE2:** Con la aplicación de la metodología DMAIC es factible reducir las mermas totales del proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ) de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a las bases teóricas del presente trabajo, se mencionan a continuación los diversos autores que han estudiado realidades de empresas manufactureras, en específico sobre la reducción de las mermas de producción a través del uso de la metodología DMAIC.

En cuanto a los **antecedentes internacionales**, se recopilaron los siguientes:

ARAFAH (2015) en su trabajo denominado “Combining Lean Concepts & Tools with the DMAIC Framework to Improve Processes and Reduce Waste” (Arafah, 2015) aplicó la metodología six sigma DMAIC para mejorar la productividad en una empresa especializada en la fabricación de puertas, ventanas y marcos metálicos de seguridad y resistencia al fuego. Finalmente, se introducen nuevas políticas y programas de tutoría para mantener las mejoras.

GUPTA et al (2016) en su trabajo “Productivity Improvement in the Chassis Preparation Stage of the Amplifier Production Process: A DMAIC Six Sigma Methodology” estudió el proceso para la preparación del chasis de un proceso de producción de un amplificador y se implementó el modelo Six Sigma DMAIC para identificar las causales de variación, además de poner en práctica las medidas de mejora e implementar medidas de control para inspeccionar el desempeño del proceso en la etapa posterior a la implementación. La implementación de la metodología DMAIC optimizó el desempeño del proceso y otorgó medidas para mantener una calidad constante en el proceso.

JANARDHAN y SOUNDARARAJAN (2020) en su trabajo de título “Mejora de la productividad y la calidad a través de DMAIC en PYMES” consideró como objetivo el incremento de la productividad y la calidad de una empresa que fabrica piezas fundidas mediante la herramienta DMAIC, por ello se realizó una investigación previa en cuanto a conformidad de los clientes para verificar el estado actual de la calidad del producto entregado, luego se desarrolló una lluvia de ideas para la definición del problema y mediante una secuencia de proceso se ve la medición con la ayuda del tiempo de demora por cada proceso, con el diagrama de Pareto se pudo analizar y se complementó con pruebas de materiales para ver el estado del producto lo que permitió la mejora de los tiempos por operaciones y para que haya control en la producción se tuvo que

realizar una hoja de instrucciones de trabajo lo que permitió el incremento de 1049 unidades con tiempos reducidos a un 42.83%.

GIRMANOVÁ et al. (2017) en su trabajo de título “Application of Six Sigma using DMAIC methodology in the process of product quality control in metallurgical operation” consideró como objetivo mejorar la calidad de los productos metalúrgicos y evitar el incremento de costos relacionados con la baja calidad del producto. Para ello, se utilizó técnicas y herramientas como diagramas de flujo; histogramas; diagrama de Pareto; análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF); diagrama causa y efecto; y análisis lógico. Estas herramientas y técnicas fueron utilizadas en las diferentes fases de la implementación de la metodología y permitieron definir el proceso en detalle y analizar las posibles causas de defectos en el producto final, para luego utilizar esta información y encontrar la causa principal de la baja calidad estos. Los resultados obtenidos después del análisis e implementación de la metodología ayudaron a reducir la cantidad de productos defectuosos y costos de procesamiento, además de elevar el nivel Sigma en un 13%.

ULUSKAN y PINAR (2019) en su trabajo titulado “A thorough Six Sigma DMAIC application for household appliance manufacturing systems” que consideró como objetivo analizar los defectos presentados en el alineamiento del panel de las puertas de hornos para empotrar fabricados en la planta de una empresa de electrodomésticos, debido a que estos defectos afectan la preferencia y satisfacción del cliente. Este estudio cubrió un vacío dentro de la implementación de la metodología DMAIC al realizar pruebas de hipótesis y un análisis del sistema de medida de la apariencia del producto, además de otras herramientas comunes de la metodología como diagrama de flujo, análisis de Pareto, cuadros de control, análisis de la capacidad de procesos, y diagrama de causa y efecto. Como resultados, se logró aumentar el nivel Sigma a 4.4 de un nivel inicial de 3.1 superando las expectativas, teniendo una meta mínima de un nivel Sigma de 4. Este incremento trajo consigo una gran disminución de los defectos de alineamiento encontrado en los productos.

GAIKWAD et al. (2017) en su trabajo titulado “Application of DMAIC and SPC to Improve Operational Performance of Manufacturing Industry” consideró como objetivo de mejorar la tasa de rechazo en la industria manufacturera de equipos

médicos mediante un enfoque DMAIC y el control estadístico de procesos (SPC), debido a que son excelentes herramientas para mejorar la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Las técnicas y herramientas utilizadas en la fase de definición del proceso según la metodología DMAIC, fue el mapa de procesos; para la fase de análisis se utilizó el análisis de los 5 porques y el diagrama causa y efecto; para la fase de mejora continua se utilizó el método Kaizen; y para la fase de control se utilizó cuadros de control con la ayuda de SPC. Como resultados después de la implementación de DMAIC y SPC en los procesos se logró superar las expectativas de una meta inicial de 0.76%, y se obtuvo una tasa de rechazo del 0%. Además, el estudio reflejó que estas herramientas son útiles tanto para la industria manufacturera como para la de servicios.

Con respecto a los **antecedentes nacionales**, se puede mencionar los siguientes:

BERNAL (2019) en su trabajo titulado “Metodología DMAIC y productividad del proceso de distribución de combustibles líquidos en una estación distribuidora PECSA en el año 2018” para la obtención del Grado Académico de Maestro en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”. Tuvo como objetivo principal demostrar que la metodología DMAIC influye a la mejora de la productividad en la estación distribuidora PECSA, mediante una investigación del tipo aplicada con diseño cuasi experimental. Se observaron mejoras en el proceso ya que la eficiencia inicial era de 96.37% y se pudo obtener un incremento a 97.61% asimismo, la eficacia incrementó a 97.30% ya que se tenía anteriormente 95.70%.

GUIMAREY, HERNÁNDEZ Y VASQUEZ (2021) en su investigación que tiene por título “Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC”. Se buscó el incremento de la productividad de una empresa empleando la metodología DMAIC debido a que se tenía una producción de 1.93 unidades por cada hora de trabajo; mensualmente producían 452 unidades por cada trabajador, también se producían 4.4 unidades por cada kilogramo de materia prima y 0.17 unidades por cada sol de costo. Se empleó para cada etapa distintas herramientas como el FODA, Ishikawa y Diagrama SIPOC para la etapa de Definir, para la etapa de Medir se obtuvo el índice Cp y Cpk, para la etapa de Analizar se utilizó la matriz AMEF, en la Implementación se tuvo en cuenta las 5

S's y finalmente en la etapa de Control se utilizó el diagrama de Gantt y una hoja de verificación. Los resultados que se obtuvieron fueron favorables ya que se incrementó a 2.17 unidades por hora hombre, 508.68 unidades mensuales por trabajador, 4.85 unidades por cada kilogramo de materia prima y 0.189 unidades por cada sol de costo; la propuesta resultó rentable debido al Beneficio Costo de 1.85.

ALCÁNTARA (2017) desarrolló la investigación titulada "Análisis y mejora de procesos en una empresa de automatización industrial y electrificación aplicando la metodología DMAIC" para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Se buscó reducir la variabilidad del proceso dentro de la empresa de automatización y electrificación mediante la aplicación de la metodología DMAIC. En la primera fase de definir, se describió el proceso en detalle junto a sus variables medibles relacionadas con el cliente. En la fase de medir se recopiló datos para un análisis estadístico de cada variable y una medición de la capacidad del proceso actual. En la fase de análisis, se utilizó herramientas de la metodología para identificar las causas raíz de los problemas principales como la demora en la entrega o alta cantidad de revisiones. Luego de identificar las causas raíz se desarrolló el análisis modal de fallas y efectos para priorizar las causas raíz críticas. En la fase de mejora se propusieron mejoras basadas en los resultados de las fases previas. Se propuso la implementación de herramientas de mejora como Poka Yoke, estandarización del proceso de ingeniería y un plan de capacitación. Por último, en la fase de controlar, se propuso una matriz de seguimiento por tipo de documento con el objetivo de monitorear el cumplimiento del objetivo de entrega a tiempo. Como resultados, se obtuvo una reducción del tiempo de entrega en un 71% y con la automatización de documentos hubo una reducción de las horas anuales que representa una disminución del 75%.

QUISPE (2017) realizó una investigación de título "Aplicación de Six Sigma para incrementar la Eficiencia General de los Equipos en el área de producción de una empresa manufacturera de pañales, Ate-2017" para obtener el Título Profesional en Ingeniería Industrial en la Universidad César Vallejo. Se buscó incrementar la efectividad de la máquina principal del área de producción de una manufacturera de pañales mediante la aplicación de DMAIC. Para cada fase de

la aplicación de la metodología DMAIC se definieron indicadores y fórmulas para evaluar las entradas y salidas de cada una. Para la fase de definir se utilizó el indicador de cumplimiento de actividades de Project Charter para comparar el avance de los entregables en porcentaje. Para la fase de medir se utilizó el indicador de cumplimiento de entrega de cuadros de control programados. Para la fase de analizar se utilizó el indicador de análisis de causas por diagrama Ishikawa realizados. Para la fase de mejora se utilizó un indicador que midiera las tareas del AMEF realizadas. Por último, para la fase de controlar se utilizó un indicador para medir las inspecciones realizadas del plan de inspección. Respecto a las herramientas utilizada en la primera fase para la recaudación de información están diagrama de SIPOC, diagrama de Macroprocesos, diagramas de Flujos y para la segunda fase se aplicó formatos para la recolección de datos. Además, se sabe que se utilizó el software estadístico SPSS para la variable de eficiencia de la máquina que señalo que después de la implementación de la metodología se registró un incremento en la efectividad de la máquina en un 6.7%, en la disponibilidad y rendimiento del área de producción con un aumento en las ganancias en un 2.73% y 3.47%, respectivamente y en la calidad del área de producción con una ganancia de 0.98%

PASTOR (2018) desarrolló un trabajo de nombre “Propuesta de mejora del proceso de producción aplicando la metodología Six Sigma para reducir defectos en la empresa RMB Sateci S.A.C.” para obtener el Título Profesional en Ingeniería Industrial en la Universidad Privada del Norte. Se buscó aplicar la metodología DMAIC mediante la identificación las principales causas de la variabilidad con el objetivo de mejorar la calidad del producto y reducir las pérdidas económicas. Se calculó el nivel sigma del proceso de 1.26 sigma que representa un nivel de error de 59.4%, la capacidad del proceso del 0.42 y el índice de capacidad de proceso de -0,08. Para la aplicación de la metodología se utilizaron herramientas y técnicas como el diagrama de Pareto, diagrama de Causa Efecto, gráficos de control y se realizó un análisis estadístico de los defectos presentados en los procesos identificados como: corte, pintura y soldadura. Se identificó la causa principal de la variabilidad dentro del área de pintura, por lo que se propuso instalar una cabina de granallado. Como resultados se obtuvo un nivel sigma 2.36 sigma que representa un nivel de error

27.65%, la capacidad del proceso del 0.54 y el índice de capacidad de proceso de 0.30.

En todos los trabajos propuestos se menciona el uso de la herramienta de DMAIC. Smetkowska, M. & Mrugalka, B. (2018) indica que es una metodología de mejora de procesos para conseguir reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), se entiende como defecto o cualquier evento en que un producto o servicio que no cumple los requisitos del cliente.

**La metodología DMAIC** utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, sigma es la desviación que nos permite ver la capacidad en un proceso y el objetivo de la metodología es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente. **Se desarrollan 05 fases.**

**En la fase definir.** Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018) indica que en esta etapa se debe identificar el proceso y las características de calidad que intervienen, así como también los objetivos de la calidad. En esta etapa se utilizarán herramientas como los diagramas de flujo, diagramas de operaciones, SIPOC y la voz del cliente.

**En la fase medir.** Fletcher J. (2018) explica que medir es una etapa clave en el camino de Six Sigma y ayuda al equipo a refinar el problema y comenzar a buscar las causas raíz, lo que será el objetivo de la etapa analizar de DMAIC.

Se debe utilizar métricas para que ayuden a monitorear el progreso con respecto a los objetivos definidos en la etapa definir, las herramientas que se van a utilizar son las hojas de recogida de datos y medición de capacidad de proceso (Cp y Cpk).

**En la fase analizar.** Fletcher J. (2018) indica que es aquí en la etapa del análisis el momento de elaborar teorías sobre la causa de los defectos. Sin embargo, no se puede adoptar una hipótesis a la primera. En esta etapa las herramientas que se van a utilizar son los siguientes: diagramas de Pareto y Diagrama de Ishikawa, en esta última Statsenko, E., Omarov, R., Shlykov, S., Nesterenko, A. & Koneiva,

O. (2021) indica que es una herramienta muy eficaz para desarrollar un análisis estructurado o discusión sobre un problema o tema concreto. Ayuda a la identificación de las posibles causas de un efecto, es necesario aplicar un análisis para identificar las variables que causan el error, para tal caso se plantea el uso de Diseño de Experimentos (DoE).

**En la fase mejorar.** Fletcher J. (2018) indica que en esta etapa se trata de mejorar el proceso para eliminar los defectos. Gracias a la etapa de análisis se obtuvieron las causas de cada uno de los defectos y cuáles son los que más afectan al proceso. Las herramientas que se van a utilizar son los Poka Yoke y la filosofía Kaizen.

Finalmente, **en la fase controlar.** Fletcher J. (2018) explica que una vez que las mejoras han sido implantadas y los resultados documentados, debe de seguir midiendo el rendimiento del proceso de forma continua ajustando su funcionamiento cuando los datos le indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente. Para evitar confusiones debemos aclarar que por “controlar” nos estamos refiriendo al hecho de mantener un proceso que funciona de forma estable, predecible y que cumple con los requisitos del cliente. Conseguir que su proceso alcance ese estado es el objetivo de DMAIC. Sin los esfuerzos de controlar, el proceso mejorado tiene muchas posibilidades de volver a su estado.

En la **definición de mermas** indicada por Bayona (2020) explica que son las pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto.

Para la cuantificación de las **mermas de producción** se utilizará la definición dada por Díaz, R., Velarde, G., & Lino, G (2021), que indica que en todo proceso productivo existe un porcentaje de pérdida, dado por el material sobrante del proceso, material no utilizando en el proceso o elementos ajenos que deterioran la calidad del producto final. Dicha cuantificación de la pérdida es la que se denomina merma.

**En cuanto a la clasificación de la merma.** Existe una merma normal que son asumidas por las mismas características del proceso y que se cuantifican en el costo de producción como también existen mermas anormales que no están

planificados dentro de los costos de producción y que son asumidos a través del gasto en el periodo (Díaz, R., Velarde, G., & Lino, G., 2021)

En **cuanto a la cuantificación de las mermas**. El trabajo de Cárdenas y García (2016) en su estudio acerca de las mermas producidas en la industria de plástico en la realidad peruana y calcula el valor de la merma a través del consumo de materia prima, considerando que teóricamente y de forma contable en un 5% como merma normal de producción y que la diferencia de merma anormal es la merma que debe cuantificarse como pérdida para la organización. Por tanto, la fórmula a utilizar para el cálculo de la merma anormal es la siguiente:

$$\text{Merma anormal (M)} = \text{Merma producida real (m)} - \text{Merma normal del proceso productivo (n)}$$

*Donde:*

M = Merma anormal

m = Merma producida real

n = Merma normal del proceso que es calculada multiplicando por 5% el consumo de materia prima

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de Investigación

Según Valderrama (2015) indica que las investigaciones aplicadas buscan aplicar las teorías a fin de resolver aspectos de la realidad. En tal sentido se busca reducir las mermas del proceso productivo de la empresa ExporPlast.

##### 3.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo es de tipo explicativa, debido a que se enfoca en responder las situaciones actuales identificadas (Valderrama, 2015). Como es el caso del incremento de las mermas registradas en la empresa ExportPlast.

En cuanto al **enfoque de investigación** es de tipo cuantitativa, debido a que la información se evalúa de manera independiente a las observaciones realizadas en la realidad, a manera de enriquecer la interpretación de los resultados que se alinean al objetivo planteado (Valderrama, 2015). En este caso las mermas y los planes de producción se encuentran documentados y medidos dentro de la empresa ExportPlast.

##### 3.1.2. Diseño de la investigación

Según lo indicado por Hernández et al (2018) las investigaciones de diseño preexperimental manipulan una de las variables para efecto de otra. Por tanto, en el presente trabajo se realizará la manipulación de la variable independiente para ver su efecto en la cantidad de mermas generadas en el proceso, haciendo una comparación antes y después de la implementación de la metodología DMAIC, dando paso a la ejecución de un preexperimental con preprueba y posprueba con un solo grupo.

G:     01       X       02

Dónde: X es la variable independiente (Metodología DMAIC) en la que:

01: se realiza la medición de la situación actual.

02: se efectúa la medición de posteriores a la implementación.

### 3.2. Variables y operacionalización

La **variable independiente** propuesta es la metodología DMAIC. Desde su definición conceptual, autores como Bernal (2019) y Fletcher (2018) indican que es una metodología de mejora de procesos para conseguir reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. Desde su definición operacional, la metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componen: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa.

Se medirá la variable metodología de DMAIC a través de cinco dimensiones, las cuales serán medidas a través de una escala de razón.

- Definir (D)

La dimensión definir se medirá a través de:

$$\frac{\text{Producción defectuosa}}{\text{Producción total}} \times 100$$

- Medir (M)

La dimensión medir se medirá a través de:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$

- Analizar (A)

La dimensión analizar se medirá a través de:

$$Kg \text{ de mermas anormales} \times PrecPPo \text{ de Kg de Hoja de PET}$$

- Mejorar (I)

La dimensión mejorar se medirá a través de:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$

- Controlar (C)

La dimensión controlar se medirá a través de:

$$\frac{\# \text{ ComPptés de Calidad Planificados} \times 100}{\# \text{ ComPptés de Calidad Realizados}}$$

## La **variable dependiente**

Desde la definición conceptual, Bayona (2020) Son pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto. Desde la definición operacional, Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.

La variable dependiente se medirá a través de dos dimensiones, la merma normal y la merma anormal.

- **Merma normal**

La merma normal se medirá a través de:

$$n = \text{Materia Prima Ingresada} \times 5\%$$

- **Merma anormal**

La merma anormal se medirá a través de:

$$M = m - n$$

Donde:

M = Merma de tipo anormal

m = Mermas totales producidas

n = Merma de tipo normal

En el Anexo 1 se describen la definición conceptual, operacional, indicadores y escala de medición de la metodología DMAIC y de las mermas, como parte de la operacionalización de las variables.

### **3.3. Población, muestra, muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Hernández et al (2018) define a la población como el conjunto de elementos definidos por sus propias características. La población objetivo del estudio es la

producción de la empresa generada en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2021. La empresa cuenta con el plan de producción estimado para estos meses en kilogramos de hojuelas de PET, siendo en total 217 kilogramos que se esperan producir, por tanto, esta es la población definida.

En tal sentido se han definido los criterios de inclusión para la **muestra** los cuales son hojuelas de PET producidas con las siguientes características.

**Tabla 5.**  
Criterios de inclusión de población

Características	Valor	Parámetros
Color	100% Clear	Visual
Humedad	<1,5	%
Metal	<20	PPM
Material flotante	<50	PPM
Etiquetas	<50	PPM
Low melt	<50	PPM
PVC	<20	PPM
Otros	<50	PPM
Colores	<200	PPM
PET Celeste	<500	PPM
Densidad	>=350	Kg/m <sup>3</sup>
Polvillo	<=1	%
	Rango	
	>14 mm	
Tamaño de hojuela	11-14 mm	% de Hojuela
	9-11 mm	
	2,5-9 mm	
	< 2,5	

**Fuente:** Elaboración propia con información de la propia empresa a setiembre, 2021

Como criterio de exclusión, no debe considerarse todos los productos fuera de los parámetros establecidos para las hojuelas de PET, ni tampoco producto fuera del período de recolección determinado.

### 3.3.2. Muestra

La muestra es un subconjunto que simboliza al universo a la población, donde representa idénticamente a las características a la población para el adecuado muestreo de aplicación de técnicas (Valderrama, 2014).

El desarrollo del plan muestral y la selección de la muestra se llevará a cabo tomando como población la cantidad kilogramos generados en un periodo, a esta cantidad se aplicará la fórmula de obtención de tamaño de muestra para una

población finita, considerando como unidad muestral el proceso productivo de las hojuelas PET, la fórmula a emplear se detalla a continuación.

$$n = N * Z^2 * p * q / e^2 * (N-1) + Z^2 * p * q$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de población

Z = Nivel de confianza (90%)

e = Error de estimación máximo aceptado (10%)

p = Probabilidad de éxito (50%)

q = Probabilidad de rechazo (50%)

Sabiendo que la producción total en un periodo de 90 días se estima en 217 Kilogramos al aplicar la fórmula se estima una muestra de 52 Kilogramos de deben ser muestreadas de forma aleatoria durante los 03 meses planificados para el análisis. La muestra de la investigación queda definida como probabilística, ya que depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación.

### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo representa a la selección de un proceso de una población, para la evaluación del parámetro de la población. El parámetro se caracteriza el valor numérico de un estudio de la población (Valderrama, 2014). En el presente trabajo el muestreo se ha realizado a través de la recopilación de las cantidades de merma producidas en Kilogramos en el periodo indicado, aplicando un muestreo de tipo probabilístico, dado que los datos se han recopilado de acuerdo con los períodos planteados por el investigador.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La **técnica** de recolección de datos es un conjunto de procedimientos para la actividad de agrupar datos referentes a concepto o variables al análisis del caso

(Valderrama, 2014). Para la recolección de datos se aplicará la técnica de la observación en la empresa ExportPlast, con datos del 2021.

La investigación ha utilizado como principal **instrumento** una ficha de observación, la cual es un registro sistemático, de forma verídica de las situaciones observadas. Se plantea realizar la observación en un pretest y un postest, para lo cual se utilizará una única ficha de observación, la cual se muestra en el Anexo 3. El instrumento obtenido debe de tener un grado de **validez** para que la data sea confiable, este instrumento debe ser validada por un juicio de experto (Valderrama, 2014).

En este proyecto para su validez se fijará el juicio de expertos, lo cual concederá su respectiva aprobación de los instrumentos que utilizará, que sean el correcto para esta investigación. En este proyecto, el juicio de experto concederá la validez a los instrumentos que se empleará para el registro y sus posteriores evaluaciones de datos, por la cual estos integrados por tres expertos de la Universidad Cesar Vallejo de la Escuela de Ingeniería Industrial, que decidirán el apropiado valor de los instrumentos dando la validación y confiabilidad.

Sobre la **confiabilidad**, un instrumento es verídico si causa resultados coherentes en la aplicación, consecutiva a un mismo sujeto objeto que obtiene resultados iguales, donde se analiza la relación entre resultados adquiridos (Valderrama, 2014). Con referencia al grado de confiabilidad, con los datos actuales en la cual se utilizará los instrumentos que son precisos y seguros lo que permitirá una medición de tiempo y movimientos estén destinados a la investigación, utilizaremos las herramientas la balanza industrial que tiene la empresa y que cuenta con el respectivo certificado de calibración para la realización de sus despachos.

### **3.5. Procedimientos**

Se realizó la **recolección de la información** de los indicadores correspondientes a los procesos productivos para las hojuelas de PET en la organización y de los indicadores de productividad de la base de datos de la empresa, mediante la técnica de la observación directa que se realizaron en las áreas internas de la empresa. La recolección de datos se desarrolló en las horas de atención de la empresa, por un periodo de 03 meses, para lo que se realizó

la verificación de la cantidad de materia prima ingresada al proceso y el peso final de los productos a entregar al cliente, analizando las actividades realizadas en cada uno de los procesos.

Por lo tanto, el instrumento fue aplicado en diversos tiempos durante el periodo de observación, en la primera fase se aplicó el levantamiento de los procesos para que sean definidos, informándoles al trabajador que realice su trabajo de manera habitual, para poder observar y anotar la información de exacta del procedimiento productivo realizado en su entorno natural, para así lograr un mejoramiento de los tiempos estándar actuales y mejorar el proceso productivo mediante las técnicas del diagrama de procesos (DOP), de análisis de procesos (DAP) y de recorrido.

Para la **manipulación y control de las variables**, en el caso de la variable independiente que es la metodología DMAIC, se siguieron los pasos sugeridos por los autores como Fletcher (2018), como también de los antecedentes analizados, implementando y manipulando progresivamente la metodología DMAIC en la empresa objeto de estudio, logrando mejoras progresivas en la variable dependiente que son las mermas de producción.

En el caso de la variable dependiente, denominada mermas de producción, se realizaron las mediciones de la merma de producción real y la merma de producción normal, con lo que fue posible calcular la merma anormal y sobre ello realizar el análisis del proceso para mejorarlas y reducir la cantidad de mermas generadas en cada una de las partes del proceso. Por tanto, la variable dependiente fue afectada por la actuación de la variable independiente en el mismo.

En cuanto a las **coordinaciones institucionales requeridas** como parte de las gestiones realizadas con la empresa, las visitas fueron programadas en los 3 meses, a manera de recolectar los datos anotados por el propio personal y además de una verificación de la data alcanzada con información propia de la empresa. Por ser una empresa privada, lo único que se requirió es realizar la formalidad de la presentación del trabajo y su finalidad académica al dueño de la empresa.

## **Etapa Mejorar (I)**

Para mejorar el proceso, se vieron que los problemas identificados están alrededor del trabajo de manipulación que se realiza al momento se realizar el proceso, por tanto, se establecieron las siguientes medidas en los procesos de mayor afectación de generación de mermas anormales.

### **Triturar botellas PET**

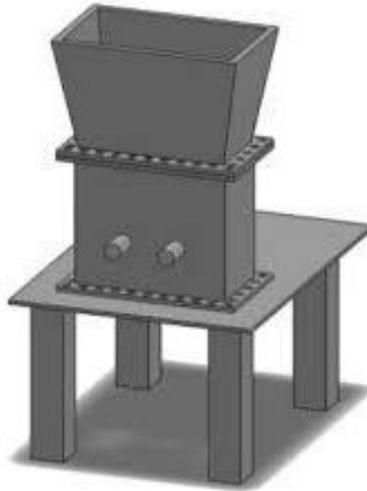
El proceso de triturado de botellas genera por la velocidad de las cuchillas desperdicio del PET que sale por fuera del proceso porque contiene una alimentadora pequeña al inicio del proceso. Por tanto, se proponer realizar un cambio en cuanto al diseño de almacenamiento a manera de evitar la salida del producto final, por tanto, se reduciría la cantidad de hojuelas PET que se pierden dentro del proceso.

**Figura 4**  
Sistema modelador de PET



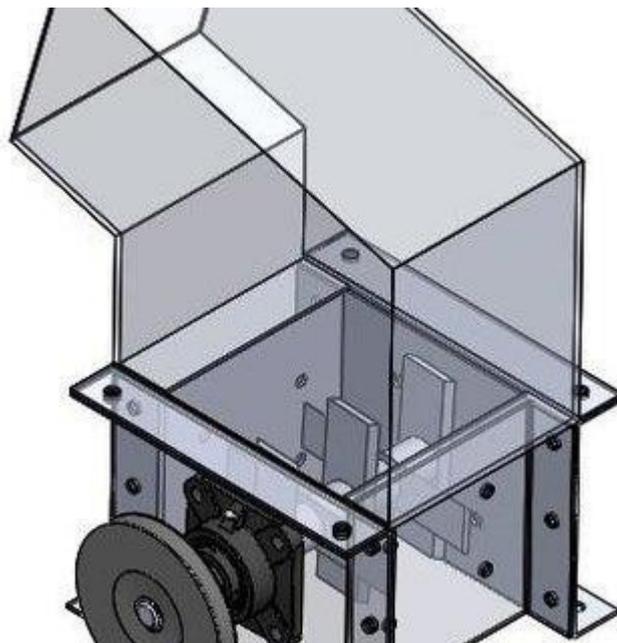
Fuente: Imagen de sistema moedor de PET que utiliza la máquina actual de la empresa.

**Figura 5**  
Distribución normal de mermas



Fuente: Imagen de referencia del montaje actual de la empresa en el proceso de molienda de botella de PET.

**Figura 6**  
Modelo de máquina de modelado en 3D



Fuente: Modelo de máquina obtenido de la empresa AR racking, soluciones empresariales. Obtenido en el siguiente enlace: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/242683-Que-son-las-maquinas-trituradoras-de-plasticos-y-para-que-sirven.html>

**Figura 7**  
Resultado final de modelado de máquina



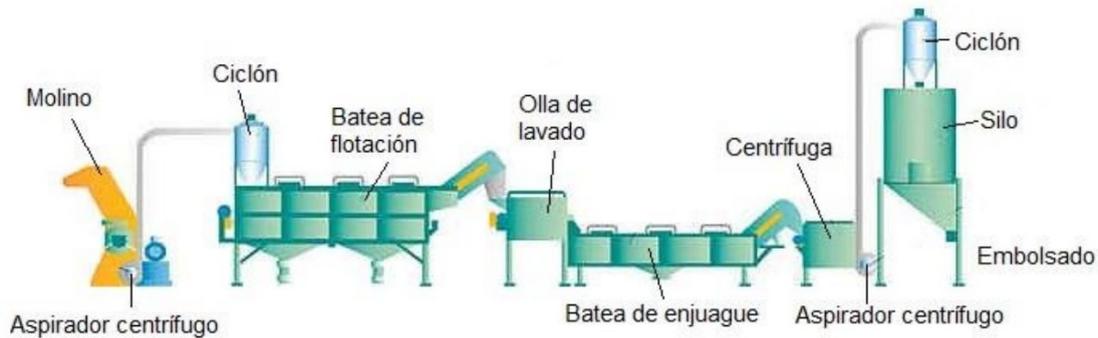
Fuente: Modelo de máquina obtenido de la empresa AR racking, soluciones empresariales. Obtenido en el siguiente enlace: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/242683-Que-son-las-maquinas-trituradoras-de-plasticos-y-para-que-sirven.html>

## Lavar y desinfectar PET triturado

En la etapa de lavado y desinfección es necesario que sea unificado en una sola etapa del proceso, en la actualidad el proceso se realiza a través de una banda de lavado, y que se realiza en dos etapas.

**Figura 8.**

Layout del proceso actual de lavado y desinfección



Fuente: Imagen referencias del proceso actual, obtenido del siguiente enlace: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx>).

Se recomienda el cambio de diseño de las bandejas de lavado utilizando bandas de traslado utilizando la gravedad y con un tubo sin fin a manera de evitar que queden hojuelas en el proceso y reducir las mermas.

**Figura 9.**

Banda de traslado con rosca sin fin tapado



Fuente: Imagen referencias del proceso actual, obtenido del siguiente enlace: <https://www.machinio.es/anuncios/52912389-yatong-botella-pet-de-plastico-reciclado-de-la-linea-de-lavado-lavado-maquina-de-reciclaje-de-la-linea-de-escamas-de-pet-en-shanghai-china>

## Validar densidad de PET

No se realizaron mayores cambios en esta etapa debido a que lo que no se tenía como política es que para el proceso de validación de densidad, solo se puede retirar 100 gramos de material para validar el proceso. Por tanto, el mínimo que se logrará es de 100 gramos o menos que será retirado de la orden de pedido. Este valor se puede recuperar ingresando 100 gramos más de material al inicio del proceso, por tanto, el valor de pérdida sería 0 en esta etapa.

## Ensaca Hojuelas PET trituradas

Finalmente, en el ensacado de hojuelas PET se proponer que al final se cargue con una máquina automática de alimentación por peso con una balanza. Así mismo que las bolsas de ensacado tengan la alimentación por la parte lateral para su alimentación.

**Figura 10.**  
Modelo de ensacado con balanza y alimentación.



Fuente: Imagen referencias del proceso mejorado, obtenido del siguiente enlace:  
<https://www.youtube.com/watch?v=WY0GdSr4SKk&t=6s>

**Figura 11.**  
Maniobra del operario para retirar las bolsas



Fuente: Imagen referencias del proceso mejorado, obtenido del siguiente enlace:  
<https://www.youtube.com/watch?v=WY0GdSr4SKk&t=6s>

Por tanto, con estos cambios se esperaría reducir al máximo la cantidad de mermas anormales,

Con estos cambios se estima que se generará mejoras en las mermas que se producen, en las actividades, reduciendo de 8,5% a 1,5% las mermas anormales, y logrando los siguientes resultados por las actividades.

**Tabla 6.**  
Valores de mermas por Kg producidos - Mejora

Nro	Actividad	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12
1	Acopio de botellas PET	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Revisar Orden de Pedido (OP)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Calcular Materia prima para proceso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Enviar Materia Prima a Operaciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Llevar a molino	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Triturar botellas PET seleccionadas	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8
7	Llevar a área de lavado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Lavar PET triturado	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
9	Desinfectar PET triturado	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
10	Validar densidad de PET triturado	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
11	Ensacar Hojuelas PET tratadas	0.35	0.3	0.4	0.35	0.3	0.4	0.35	0.3	0.35	0.3	0.35	0.3
12	Recoger sacos de Hojuelas de PET	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Etiquetar sacos PET con OP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	Disponer para recojo de cliente o envío	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTAL (Merma total)</b>		<b>2.2</b>	<b>2.0</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.0</b>	<b>2.1</b>	<b>2.0</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.0</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se espera un resultado de capacidad de proceso mejorado, a manera de cumplir con los límites máximos producidos. Con este resultado se sabe que con un Cp mayor a 2 la calidad del proceso es próximo al six sigma. Así mismo se espera que el proceso se encuentre dentro de los márgenes

### 3.6. Método de análisis de datos

Para el **método de análisis de datos**, se aplicarán dos tipos de análisis, el análisis descriptivo y el análisis inferencial.

**Análisis descriptivo:** La información del diagnóstico se analizó mediante Diagramas de causa-efecto de Ishikawa y Pareto. Se hizo uso de Hojas de cálculo de Excel, para estimar los indicadores de rendimiento de la zona de producción de la empresa. Se realiza un análisis descriptivo, con la presentación de tablas y gráficos de frecuencias.

Para la constatación de la hipótesis se realizó un análisis de distinción de grupos, aplicando pruebas estadísticas para hacer un análisis de diferencias significativas entre los grupos de control y experimental.

**Análisis inferencial:** Para la medición de la capacidad de las etapas del proceso, es decir para saber si es que estas cumplen con los parámetros esperados para no incurrir en mermas. Herrera, R., Palomino, K., Reyes, F. & Valencia, G. (2018), explica que esta medición se realiza a través de la siguiente fórmula.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

En donde se mide la desviación del proceso en función a sus límites y en donde un Cp menor a 0,67 indica que no es adecuado para el trabajo que desempeña, por lo que requiere modificaciones, a diferencia de un Cp mayor a 2, es el de alta calidad como lo que se esperaría en Seis Sigma.

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$

El Cpk es un índice complementario que mide el nivel de desviación de la media del proceso, con la media del objetivo. Un Cpk negativo indica que el proceso se encuentra por fuera de las especificaciones, mientras que, si es mayor a 1, es mejor de lo que exigen las propias especificaciones. Por tanto, se reducen el nivel de defectos del proceso.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo ha sido desarrollado en función a la normativa propia de la universidad, respetando los lineamientos solicitados que garantizan la originalidad del presente trabajo, el beneficio esperado del trabajo original es el incremento de conocimientos para el autor y la comunidad académica, siendo el principal objetivo, se buscó no generar ningún perjuicio a los involucrados, por el contrario la autonomía del trabajo permitió seleccionar una organización del entorno industrial de Arequipa a manera de que se vea beneficiada con los conocimientos adquiridos por el autor del trabajo en beneficio al desarrollo de sus actividades.

Así mismo, el investigador del presente estudio ha actuado bajo una conducta responsable, respetando los lineamientos dados por la Empresa Export Plast Perú S.A.C., obteniendo una carta de autorización debidamente firmada por el representante legal de la Empresa, la cual se muestra en el Anexo 13.

## **IV. RESULTADOS**

### **Etapa Definir (D)**

Para la etapa de definir se identificaron todas las actividades que corresponden al proceso productivo de producción de Hojuelas de PET a través del uso del diagrama SIPOC, en el que se identificaron los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, así mismo los facilitadores del proceso. A continuación, se detalla cada una de estas etapas del SIPOC.

#### **Proveedores**

- Encargado del área de ventas
- Clientes solicitante de hojuelas PET

#### **Entradas**

- Orden de Pedido (OP)
- Requerimientos de pedidos en detalle

#### **Salidas**

- Hojuelas PET
- Precio de venta
- Mermas
- Documentos de ventas

#### **Clientes**

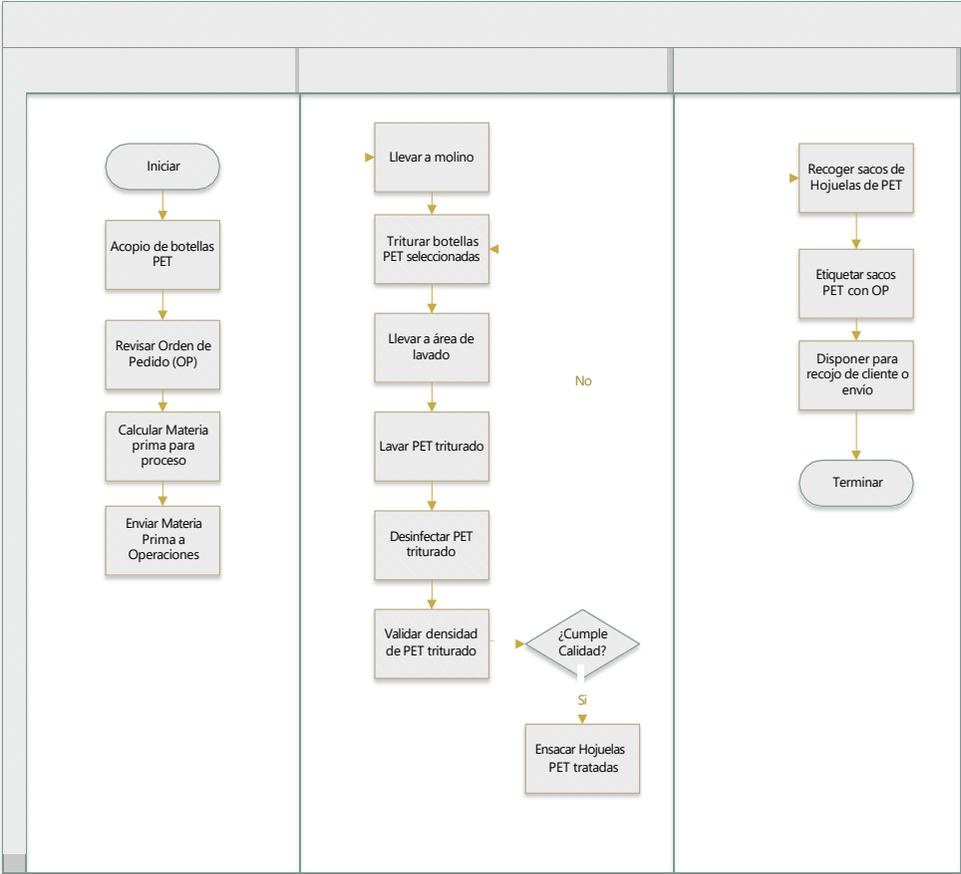
- Cliente solicitante

#### **Facilitadores**

- Cartera de clientes de la empresa
- Atención de reclamos y quejas

A continuación, se detalla el diagrama de procesos de todas las actividades del proceso productivo.

**Figura 12**  
Diagrama de flujo cruzada – proceso productivo



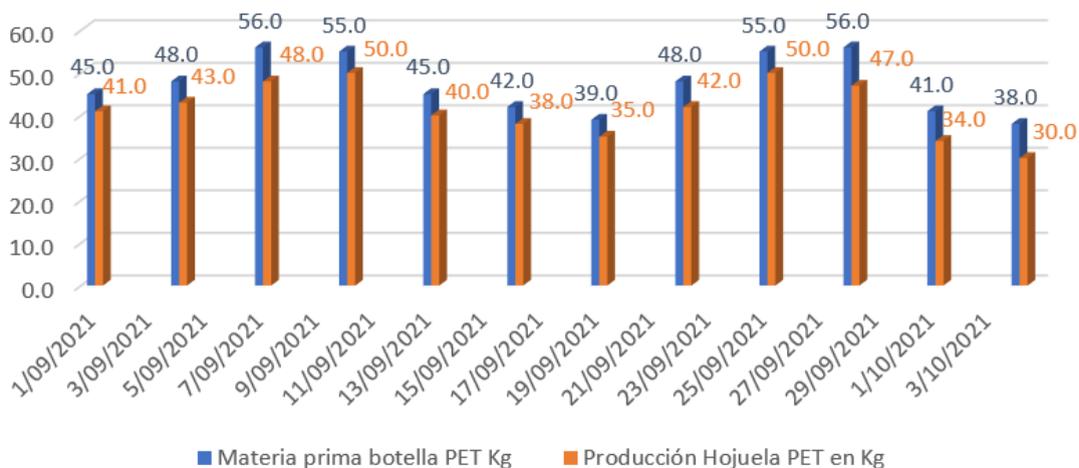
Fuente: Elaboración propia

El proceso en total tiene un conjunto de 14 actividades que componen el proceso producto, con la actuación de 03 áreas y que siguen el mismo proceso en cada Orden de Pedido de forma constante a medida que van atendiendo las ordenes de pedido en la medida que son colocados.

### Etapa Medir (M)

Para la medición del proceso, se realizaron las mediciones de la producción de lo producido de Hojuelas PET entre los meses de setiembre y octubre, con los siguientes resultados obtenidos.

**Figura 13**  
Producción y material en kilogramos (Kg)



**Fuente:** Elaboración propia

El registro de producción máxima se dio el día 10 de setiembre con 50 kilogramos procesados y que equivalen a 55 kilogramos de botellas de PET y el día de menor producción fue el 04 de octubre con 30 kilogramos y que fueron necesarias 38 kilogramos de botellas PET.

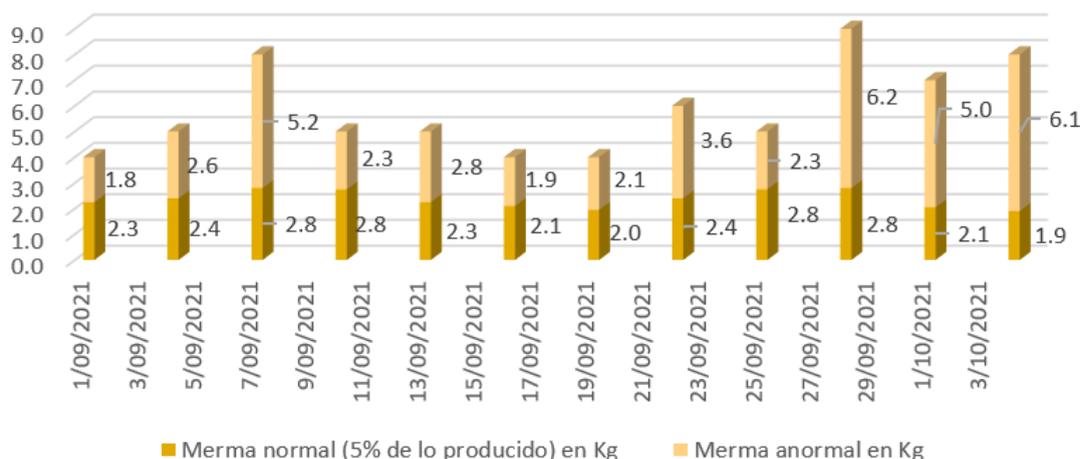
**Tabla 7.**  
Registro producción máximo, mínimo y promedio - producción

Max	50.0
Min	30.0
Promedio	41.5

**Fuente:** Elaboración propia

En el proceso se registraron también las mermas producidas en el mismo rango de estudio, para analizar los montos de mermas producidas, viendo que en todos los casos se excede del 5%, siendo el mayor día de producción de mermas el 29 de setiembre, siendo 6,2 kg de mermas anormales y 2,8 de mermas normales.

**Figura 14**  
 Mermas normales y anormales en kilogramos (Kg)



**Fuente:** Elaboración propia

El registro de merma máxima se dio el día 29 de setiembre con 9 kilogramos y que está compuesto por 6,2 Kg de mermas normales y 2,8 de mermas normales y el día de menor producción de mermas fueron el 01,16 y 19 de setiembre con 4 kilogramos y que tuvieron 1,8, 1,9 y 2,1 de kilogramos de mermas anormales respectivamente.

**Tabla 8.**  
 Registro producción máximo, mínimo y promedio - mermas

Max	9.0
Min	4.0
Promedio	5.8

**Fuente:** Elaboración propia

Al realizar las mediciones de las mermas producidas en cada una de las actividades del proceso se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 9.**  
 Promedio de producción y mermas registradas

Kg producidos:	42
Kg merma:	2.10

**Fuente:** Elaboración propia

Así mismo se desglosó sobre la media, la cantidad de Kg de merma que se pueden generar como máximo por cada actividad identificada, a continuación, los parámetros.

**Tabla 10.**

Registro producción máximo, mínimo y promedio - Producción

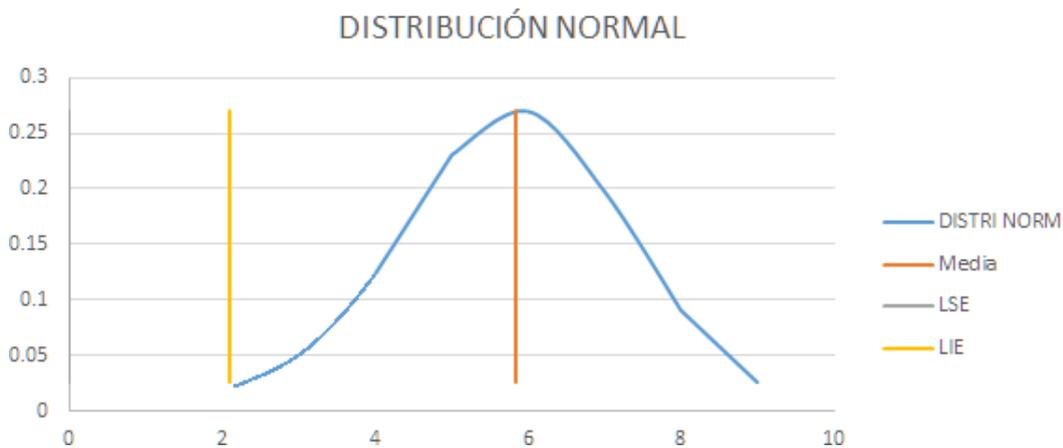
Nro	Actividad	Responsable	Merma en Kg
1	Acopio de botellas PET	Encargado de logística	0.0
2	Revisar Orden de Pedido (OP)	Encargado de logística	0.0
3	Calcular Materia prima para proceso	Encargado de logística	0.0
4	Enviar Materia Prima a Operaciones	Encargado de logística	0.0
5	Llevar a molino	Encargado de operaciones	0.0
6	Triturar botellas PET seleccionadas	Encargado de operaciones	0.8
7	Llevar a área de lavado	Encargado de operaciones	0.0
8	Lavar PET triturado	Encargado de operaciones	0.5
9	Desinfectar PET triturado	Encargado de operaciones	0.3
10	Validar densidad de PET triturado	Encargado de operaciones	0.0
11	Ensacar Hojuelas PET tratadas	Encargado de operaciones	0.5
12	Recoger sacos de Hojuelas de PET	Encargado de APT	0.0
13	Etiquetar sacos PET con OP	Encargado de APT	0.0
14	Disponer para recojo de cliente o envío	Encargado de APT	0.0
<b>TOTAL (Merma total)</b>			<b>2.1</b>

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo y normalizar los datos se obtuvo la campana de Gauss que muestra como los resultados se encuentran por fuera de los límites establecidos.

**Figura 15**

Distribución normal de mermas - actual



Fuente: Elaboración propia

También se realizaron los cálculos de Cp y Cpk

**Tabla 11.**

Capacidad de Proceso Pre-Test

Empresa:	Export Plast Perú
Proceso:	Producción Hojuelas PET
Fecha:	03/10/2021
Elaborado por:	D.A.G.G.
USL =	2.10
LSL =	0
Xmed =	5.833333333
Cp =	0.23878272
Cpl =	1.32657069
Cpu =	-0.84900524
Cpk=	-0.84900524

**Fuente:** Elaboración propia

Con estos resultados se puede interpretar que Cp es no adecuado para el trabajo realizado, así mismo requiere diversas modificaciones el proceso para cumplir con los estándares esperados y Cpk de igual forma indica que el proceso no cumple con las especificaciones.

### **Etapa Analizar (A)**

Al realizar las mediciones de las ordenes de pedido por los días en los que se realizaron las mediciones, identificando que las actividades que tienen mayores desviaciones son en el triturado de botellas, lavar PET triturado, desinfectar PET triturado, validar densidad de triturado y finalmente ensacar Hojuelas PET tratadas.

**Tabla 12.**

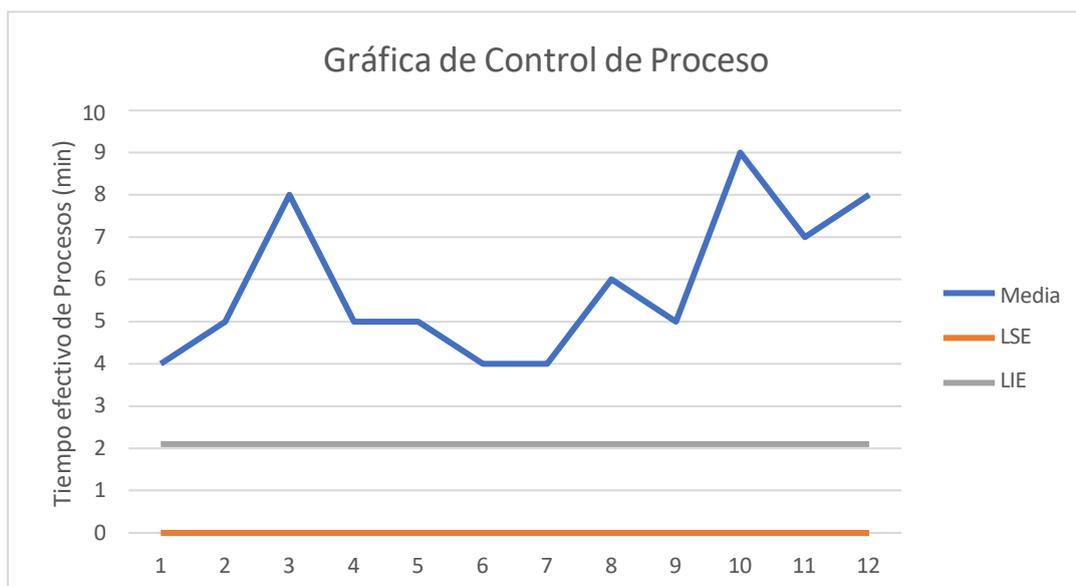
Valores de mermas por Kilogramos producidos - Actual

Nro	Actividad	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	Minigraficos
1	Acopio de botellas PET	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	Revisar Orden de Pedido (OP)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	Calcular Materia prima para proceso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	Enviar Materia Prima a Operaciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	Llevar a molino	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
6	Triturar botellas PET seleccionadas	1.4	1.7	2.8	1.7	1.7	1.4	1.4	2.0	1.7	3.4	2.6	3.0	
7	Llevar a área de lavado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	Lavar PET triturado	1.0	1.0	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.2	1.8	
9	Desinfectar PET triturado	0.7	1.0	1.8	1.0	1.0	0.7	0.7	1.8	1.0	1.8	2.0	2.0	
10	Validar densidad de PET triturado	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	
11	Ensacar Hojuelas PET tratadas	0.8	1.2	1.5	1.2	1.2	0.8	0.8	1.0	1.2	1.6	1.1	1.1	
12	Recoger sacos de Hojuelas de PET	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13	Etiquetar sacos PET con OP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	Disponer para recojo de cliente o envío	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>TOTAL (Merma total)</b>		<b>4.0</b>	<b>5.0</b>	<b>8.0</b>	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	<b>4.0</b>	<b>4.0</b>	<b>6.0</b>	<b>5.0</b>	<b>9.0</b>	<b>7.0</b>	<b>8.0</b>	

Fuente: Elaboración propia

Con esta misma información se realizó el cálculo de la desviación estándar, en todos los casos la merma está por encima de los valores establecidos porque se generan mermas anormales.

**Figura 15**  
Gráfica de control de mermas



**Fuente:** Elaboración propia

Al realizar los cálculos adicionales que se han generado por las mermas anormales se muestra a continuación según las fechas de medición, el precio por Kg de Hojuelas de PET es de 0.66 dólares americanos, al tipo de cambio actual que es de 4 soles por cada dólar, el Kg de PET es de 2,64 soles, por tanto, el cálculo realizado es el siguiente.

La media de merma anormal, equivalente a la producción total es de 8.4%. Por tanto, el precio de la merma anormal en los meses de setiembre a diciembre es de 700,8 soles.

**Tabla 13.**  
Registro producción máximo, mínimo y promedio - producción

	2021	Setiembre
Producción		850
% merma anormal promedio		8.4%
Merma anormal		71.4
Precio por Kg		2.64
Precio total		188.5

**Fuente:** Elaboración propia

Anualizando el precio de la merma anormal generada se estima que, en un año, la pérdida por mermas en el nivel estimado de producción para el 2021 es de 1995.84 soles.

**Tabla 14.**

Proyecciones de mermas anormales 2021 - actual

<b>2021</b>	<b>Merma anormal</b>	<b>Precio Merma anormal</b>
<i>Enero</i>	53.76	141.9264
<i>Febrero</i>	58.8	155.232
<i>Marzo</i>	62.16	164.1024
<i>Abril</i>	67.2	177.408
<i>Mayo</i>	82.32	217.3248
<i>Junio</i>	55.44	146.3616
<i>Julio</i>	52.08	137.4912
<i>Agosto</i>	58.8	155.232
<i>Setiembre</i>	71.4	188.496
<i>Octubre</i>	60.48	159.6672
<i>Noviembre</i>	50.4	133.056
<i>Diciembre</i>	83.16	219.5424
<b>Total</b>	<b>756</b>	<b>1995.84</b>

Fuente: Elaboración propia

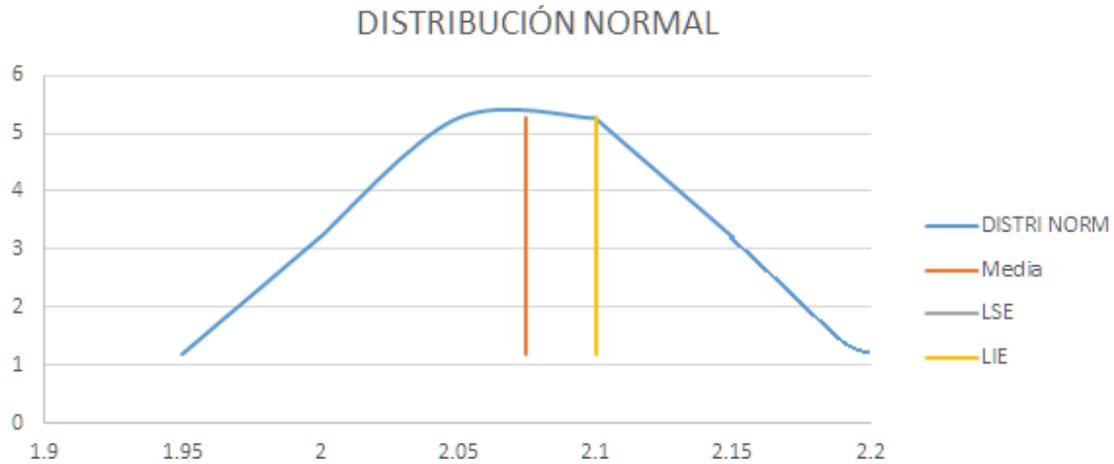
**Tabla 15.**

Capacidad de Proceso Post-Test

Empresa:	Export Plast Perú
Proceso:	Producción Hojuelas PET
Fecha:	03/10/2021
Elaborado por:	D.A.G.G.
USL =	2.10
LSL =	0
Xmed =	2.075
Cp =	4.9242485
Cpl =	9.731253
Cpu =	0.11724401
Cpk =	0.11724401

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 17**  
Distribución normal de mermas - Mejora



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 16.**  
Proyecciones de mermas anormales 2021 - Mejora

<b>2021</b>	<b>Merma anormal</b>	<b>Precio Merma anormal</b>
<i>Enero</i>	9.6	25.344
<i>Febrero</i>	10.5	27.72
<i>Marzo</i>	11.1	29.304
<i>Abril</i>	12	31.68
<i>Mayo</i>	14.7	38.808
<i>Junio</i>	9.9	26.136
<i>Julio</i>	9.3	24.552
<i>Agosto</i>	10.5	27.72
<i>Setiembre</i>	12.75	33.66
<i>Octubre</i>	10.8	28.512
<i>Noviembre</i>	9	23.76
<i>Diciembre</i>	14.85	39.204
<b>Total</b>	<b>135</b>	<b>356.4</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### **Etapa Controlar (C)**

Finalmente, el control de las mejoras se estableció un cronograma de reuniones de calidad a manera de evaluar periódicamente el proceso y la cantidad de mermas producidas, para esto se espera que se realice una vez por mes y que los participantes sean por lo menos un representante de la dirección, y 2 operarios para que con ello se puede cumplir con la variedad de opiniones del

proceso. De momento no es posible evaluar su cumplimiento por el corto tiempo de implementación.

## ANÁLISIS DESCRIPTIVO

### Merma Anormal

Se presenta en la tabla 16, un análisis de la merma anormal obtenida través de 12 mediciones diarias, las cuales 12 corresponden al pretest y 12 corresponden al postest. Para el cálculo de la merma anormal, se aplicó la fórmula detallada en la matriz de operacionalización de las variables.

$$M = m - n$$

Donde:

M = Merma de tipo anormal

m = Mermas totales producidas

n = Merma de tipo normal

**Tabla 17.**

Datos de la merma anormal pre-test y pos-test

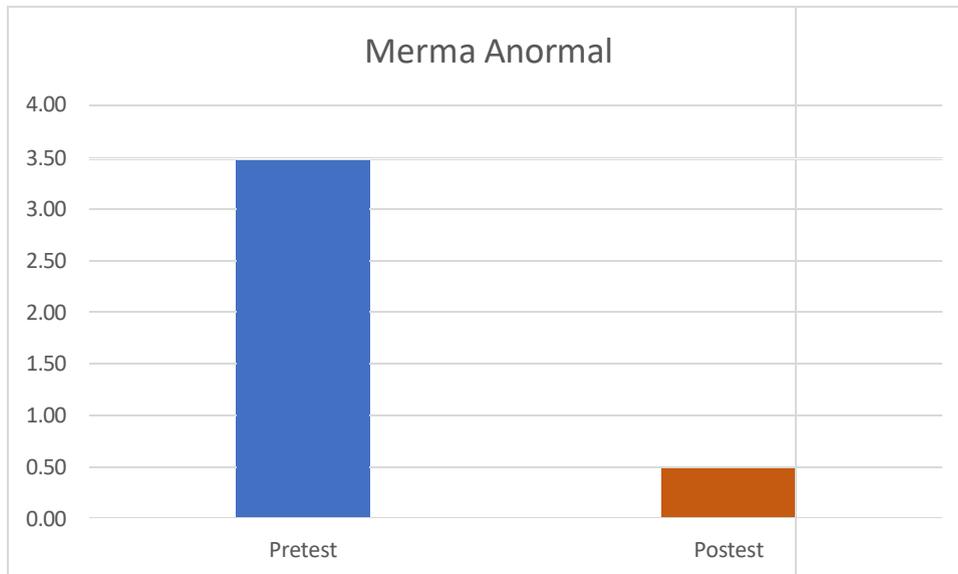
Muestras	Merma Anormal	
	Pretest	Postest
Día 1	1.8	0.4
Día 2	2.6	0.15
Día 3	5.2	0.6
Día 4	2.3	0.4
Día 5	2.8	0.3
Día 6	1.9	0.4
Día 7	2.1	0.5
Día 8	3.6	0.55
Día 9	2.3	0.45
Día 10	6.2	0.65
Día 11	5	0.75
Día 12	6.1	0.65
<b>Promedio</b>	<b>3.49</b>	<b>0.48</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Así mismo, en la Figura 19 se detallan los valores de las mermas anormales del pretest vs el postest, teniendo en el pretest una merma anormal promedio de

3.46 kg y en el postest una merma anormal promedio a 0.48 kg, evidenciando la reducción de estas.

**Figura 18**  
Merma Anormal



**Fuente:** Elaboración propia

En cuanto al análisis de varianza y desviación estándar, como también el coeficiente de variación, se tienen los siguientes resultados.

**Tabla 18.**  
Comparación de varianza, desviación estándar y coeficiente de variación de pre-test y pos-test

	Pretest	Posttest
Varianza	2.80	0.03
Desv.estándar	1.67	0.17
Coef.variación	0.48	0.35

**Fuente:** Elaboración propia

Con estos resultados se demuestra que al aplicar las mejoras a partir de la metodología DMAIC, se logró reducir la variabilidad del proceso, por tanto, un proceso más estable y predecible en el futuro.

## ANÁLISIS INFERENCIAL

### Validación de la hipótesis general – Merma anormal

#### Prueba de Normalidad

- Si la P-valor es  $>$  a 0.05, los datos de la muestra proceden de una distribución normal, se acepta la  $H_0$ .
- Si la P-valor es  $<$  a 0.05, los datos de la muestra no proceden de una distribución normal, se acepta la  $H_a$

**Tabla 19.**

Prueba de Normalidad – Merma anormal.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFANORMAL	,212	12	,144	,862	12	,052

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** Se puede observar en la tabla 17, el valor de “Sig”. de la variable merma anormal es de 0,052 aplicando la prueba de Shapiro Wilk, siendo este valor mayor a 0.05, por lo que se puede deducir que los datos de esta prueba revelan que proceden de una distribución normal, lo cual se concluye que para la comprobación de la hipótesis los datos son paramétricos.

- Sig.  $<$  0.05 son datos no paramétricos – Wilcoxon
- Sig.  $>$  0.05 son datos paramétricos – T- Student

#### Prueba de T - Student

$H_0$ : La aplicación de la metodología DMAIC no logra reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

$H_a$ : La aplicación de la metodología DMAIC logra reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

- Si la P - valor es  $>$  a 0.05, los datos de la muestra no contienen una variación significativa, se acepta la  $H_0$ .
- Si la P - valor es  $<$  a 0.05, los datos de la muestra los datos de la muestra

contienen una variación significativa, se acepta la Ha.

**Tabla 20.**

Prueba T - Student – Merma anormal.

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PREANORMAL - POSTANORMAL	3,00833	1,55166	,44793	2,02246	3,99421	6,716	11	,000

**Fuente:** Elaboración propia

A este propósito como se observa en los datos, el Sig. (bilateral) es menor que 0.05, con un valor de 0.00 por lo tanto, la hipótesis alterna se aprueba, lo que quiere decir, que se la aplicación de la metodología DMAIC logra reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.

### **Validación de la hipótesis general – Mermas totales**

Las mermas totales, por tener una relación proporcionalmente directa con las mermas normales, debido a que, a mayor cantidad de mermas anormales, mayor cantidad de mermas totales, es que se puede verificar que también existirá una reducción de estos. En este caso esta hipótesis se valida con la fórmula que relaciona las mermas totales de las anormales.

$$\text{Merma normal del proceso productivo (n)} = \text{Merma producida real (m)} - \text{Merma anormal (M)}$$

Por tanto, se comprueba la reducción de la merma normal también del proceso con la validación realizada en la primera hipótesis específica.

Finalmente hay que mencionar que a la comparación de los resultados de pre y post test se ve como se incrementó el nivel de capacidad del proceso, por tanto, se logró estabilizar el mismo, a un nivel adecuado para poder cumplir con las exigencias del cliente y reducir las mermas o desperdicios.

**Tabla 21.**

Comparación de pre y post test

PRE-TEST		POST-TEST	
Empresa:	Export Plast Perú	Empresa:	Export Plast Perú
Proceso:	Producción Hojuelas PET	Proceso:	Producción Hojuelas PET
Fecha:	3/10/2021	Fecha:	3/10/2021
Elaborado por:	D.A.G.G.	Elaborado por:	D.A.G.G.
USL =	2.1	USL =	2.1
LSL =	0	LSL =	0
Xmed =	5.83333333	Xmed =	2.075
Cp =	0.23878272	Cp =	4.9242485
Cpl =	1.32657069	Cpl =	9.731253
Cpu =	-0.84900524	Cpu =	0.11724401
Cpk =	-0.84900524	Cpk =	0.11724401

Fuente: Elaboración propia

### Evaluación económica

En cuanto a los beneficios económicos de la propuesta se puede hacer el cálculo del beneficio costo del proyecto. En este sentido se hace referencia al beneficio percibido, en la reducción de los desperdicios, lo cual ha representado un ahorro inicial de 1,639.44 soles. Los cuales, al interpolar el mismo beneficio a un periodo de 10 años, representa un monto de 16,394.40 soles. Y que a su vez requiere de una inversión estimada de 12 mil soles debido a las modificaciones de la maquinaria y las adaptaciones para reducir los tiempos muertos. Por tanto, el resultado es el siguiente:

$$\text{Beneficio} - \text{Costo} = 16394.40/12000$$

$$\text{Beneficio} - \text{Costo} = 1.3662$$

## V. DISCUSIÓN

Tras el examen profundo de los capítulos anteriores, se presentará al detalle los resultados estimados en esta tesis y se cotejará con el estudio otros trabajos analizados:

1.- En el análisis estadístico incorporado de la Hipótesis General, se obtuvo una significancia menor a 0.05, como se ve, indica que la aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de las mermas de producción en la empresa Export Plast Perú, Arequipa, ha sido efectivo. La empresa obtuvo una disminución de las mermas que pasaron de 756 kilogramos a 135 kilogramos, este resultado es similar al logrado por otros trabajos de similar índole como es el caso del trabajo realizado por PASTOR (2018) en el que se buscó mejorar el proceso productivo de la empresa RMB Sateci S.A.C a través de la reducción de los defectos y en donde se incrementó la efectividad del proceso, y reducir el nivel de error, así como la capacidad del proceso (Cp y Cpk)

2- El efecto de la reducción de las mermas se debe a la reducción de las mermas anormales que son parte del proceso productivo, así como lo menciona Cardenas y García (2016) y que muestra la relación directa entre ambas, así que el proceso se vio afectado positivamente con este cambio realizado. Los resultados pueden ser refrendado en los resultados post-test que se obtuvieron de las mediciones en las que se comprueba la reducción de la variabilidad de los procesos debido a las mejoras planteadas.

3- En cuanto a las mermas normales, se percibe una reducción debido a la relación que guardan tanto las mermas anormales como las normales, y como lo indica Cardenas y García (2016), en este sentido se sabe que el proceso, en la medida que mantenga continuidad en la mejora planteada, se logrará mejores resultados aún.

Con los resultados obtenidos se puede verificar que la metodología DMAIC permite realizar una identificación de los problemas del proceso de una manera objetiva, sin embargo, lo que destaca dentro del proceso es que las mermas son generadas de manera constante, por lo que previamente no se ha realizado ningún tipo de control sobre las mismas. Estas mermas generan un desperdicio mensual de aproximadamente 200 soles, sin embargo, a medida que el volumen

crece, este monto de lo hace de igual manera.

Muchos del proceso que se han evaluado, se ve que no están logrados debido a que son labores manuales que requieren una mejora en cuanto a la maquinaria y su diseño, diversas mejoras propuestas en el presente trabajo han sido realizadas pensando en mejorar el proceso a través de la adopción de nuevo diseño dentro del proceso. Estos cambios no deben superar los 20 mil soles, pensando en que estas mejoras pueden tener una vida útil de 10 años, así mismo que permitirá el ingreso mayor por reducir la cantidad de materia prima necesaria en el proceso.

Desde los aspectos de rotación de personal y de levantamiento de procedimientos, el presente trabajo no aborda estos temas porque no son parte de las mejoras dentro de la metodología DMAIC, sin embargo, es el trabajo sirve para una mejor apreciación de las actividades que deben adecuarse al perfil que interviene en cada uno de los procesos, así mismo buscar un orden en las actividades.

Los resultados son relativamente similares a los obtenidos en trabajos parecidos. Es el caso de Arafah (2015) el cual, luego de lograr la mejora en la productividad a través de la aplicación de la metodología DMAIC se implementaron nuevas políticas y programas de formación al personal. O en un caso internacional como es el trabajo de Gupta et al (2016) que utilizó la metodología para reducir las variaciones y estabilizar el proceso. Si bien en el caso de la empresa, se lograba cubrir la necesidad del cliente, también se vio que existía una falta de estabilización del proceso para luego poder afinarlo para un mejor resultado final.

El tamaño de la organización no es motivo para no buscar una optimización del proceso, en el caso de la empresa que es motivo de estudio, es una empresa emergente y que se acoge a la ley de pequeña empresa. Esto lo confirma el trabajo de Janardhan & Soundararajan (2020) que logró una mejora en los tiempos de las operaciones o en las guías o instructivos de trabajo que se aplican al día a día.

Cabe resaltar que los resultados de la metodología se miden en el nivel de Six Sigma, es decir el control estadístico que permite medir de manera subjetiva el nivel de ajuste de la curva de distribución que evidencia la mejora. En trabajos

como el de Girmanová et al (2017) indica que incremento el nivel de sigma en un 13%, o trabajos como Uluskan y Pinar (2019) que mencionan el incremento de sigma de un nivel inicial de 3.1 a un nivel esperado de 4.4.

Cabe indicar que los niveles de capacidad de proceso también son indicadores importantes al momento de medir el nivel de Sigma, es así como trabajos como el de Guimerey, Hernández y Vásquez (2021), quienes indicaron que a partir de la identificación del Cp y Cpk y aplicación de herramientas de mejora es que lograron mejorar el resultado.

Entre otros resultados que son de relevancia para comparar lo obtenido en el trabajo realizado en la empresa, motivo de estudio, se puede resaltar el trabajo de Bernal (2019) que aplicó la metodología DMAIC para la racionalización de servicios de combustible, logrando incrementar la eficiencia del proceso en 1.24% pero que al momento de trasladarlo al incremento de productividad de la empresa se encuentra por encima del 2%, por tanto se puede decir que la metodología ha demostrado siempre dar resultados positivos a las empresas que la aplican, con lo que se garantiza su efectividad en cualquiera de los casos que sea aplicado, siguiendo los pasos de la metodología.

Existen otros trabajos como el de Quispe (2017) que logran medir los incrementos de la propuesta a partir de efectividad en la máquina, en este caso obteniéndose un valor de casi 7% que a su vez lograron incrementos de ganancias hasta en un 3.5%, por tanto también se puede decir que los resultados de la mejora pueden ser traducidos en diversos indicadores, según como convenga para quien quiere demostrar la mejora, es cierto que cuando se habla de eficiencia o de reducción de desperdicios, todos estos deben ser traducidos en ganancias para la organización, esto debido a que su naturaleza es la de empresa con fines lucrativos, sin embargo si fuesen fines no lucrativos, estos pueden verse traducidos en una eficiencia adecuada en el uso de recursos con los que se cuenta para desempeñar determinada actividad.

Otro trabajo que también se puede evidenciar que la mejora puede verse traducida en la reducción de desperdicios es el trabajo de Pastor (2018). En este caso se logró también medir el nivel de error del proceso, así como la capacidad del proceso, o bien dígase, Cp y Cpk, que en ambos casos se mostraba como procesos de clase 4 a nivel mundial, es decir a proceso que requerían una

revisión exhaustiva para lograr los resultados esperados, sin embargo, con la aplicación de la metodología, se logró pasar de un sigma de 1.26 a 2,36. Por lo que también se puede decir que las mejora de la aplicación de la metodología, no son inmediatas, sino que requiere un proceso de mejora constante que poco a poco hará que el sigma se aproxime a la perfección, pero que a su vez debe ser evaluado en el sentido de que las mejora requieren una inversión y si esta resulta ser mucho mayor a los costos de la no calidad, o de la generación de defectos o desperdicios dentro del proceso, no es recomendable persistir con incrementos de mejora, por el contrario lo que se buscará será mantener los resultados y reducir los costos de inversión en lograr esta calidad, es así también que muchas empresas requieren un nivel de sigma ajustado a su realidad, antes de fijarse la excelencia en sus resultados.

La metodología DMAIC a demostrado su capacidad de mejora en todos los casos estudiados, y la empresa analizada en el presente estudio no fue la excepción, lo que no se ha visto en los estudios, es una evidencia tangible de los resultados, ya que estos en su mayoría son planteados como propuestas de mejora, que requieren de una aprobación y revisión de los dueños de negocio para que se lleven a cabo.

Finalmente he de mencionar que la metodología DMAIC es muy versátil al momento de aplicarse en procesos de manufactura como también de servicios, sin embargo, por la cantidad de información que es requerida para tomar decisiones que permitan a los encargados, gestionar los recursos para lograr la mejoría. Esta aclaración se encuentra en el sentido de que los procesos de negocio serán mucho más sensibles a la recepción de mejora de la metodología, que un proceso auxiliar, debió a que las operaciones que son motivo y razón de existir de la organización son en los cuales se buscará mejorar y por tanto atender los recursos necesarios para dicho fin.

## VI. CONCLUSIONES

Posterior al contraste del análisis inferencial; al llevar a efecto, la prueba del estadígrafo T Student para la comparación por fuente de medias donde se rechazó la hipótesis nula se llegó a las siguientes deducciones:

**Primera:** La aplicación de la metodología DMAIC redujo las mermas de producción en la empresa Export Plast Perú, Arequipa, 2021 de 756 kilogramos identificados inicialmente, a 135 kilogramos, lo que tiene un equivalente en valor económico para la empresa de 1,639.44 soles recuperados a partir de la merma que no se generaría.

**Segunda:** A través de la aplicación de la metodología DMAIC se logró reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021. En la misma proporción de las mermas total, aclarando que las mermas normales son propias del tratamiento de la materia prima.

**Tercera:** Se redujo las mermas normales debido a que se logró incrementar la capacidad del proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ) de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021. En este punto el  $C_p$  de 0.24 y  $C_{pk}$  de -0.85 actual tenían el valor de, con la mejora se logró incrementar el  $C_p$  a 4.92 y el  $C_{pk}$  a 0.1172, logrando estabilizar el proceso.

## VII. RECOMENDACIONES

**Primera:** Aplicar los cambios identificados en la línea de producción para lograr la reducción de mermas generadas, así mismo costear ya no el gasto, sino la oportunidad perdida por la no venta de productos que se convirtieron en merma.

**Segunda:** Buscar las mejores tecnologías para la adopción progresiva de elementos tecnológicos que mejoren aún más la eficiencia, velocidad y control del proceso productivo de la empresa.

**Tercera:** La realización de seguimientos a la producción y sus mermas, a manera de evitar que se salgan del rango esperado por el cliente, y así mismo buscar la mejora continua que asegure la evolución de la organización.

## REFERENCIAS

AGUILAR MARCHENA, P., 2017. Proyecto de inversión para una planta de reciclado y producción de hojuelas de PET en la ciudad de Chiclayo. 2017. Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ciencias Empresariales, Chiclayo.

ALCÁNTARA LOZANO, G., 2017. Análisis y mejora de procesos en una empresa de automatización industrial y electrificación aplicando la metodología DMAIC. Repositorio Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9030/>

ARAFAH, M. 2015. Combining Lean Concepts & Tools with the DMAIC Framework to Improve Processes and Reduce Waste. American Journal of Operations Research, 209.

ARANGO SERNA, M., 2015. Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. Revisar Ingenierías Universidad de Medellín vol.14.

BAYONA, Daniela. 2020. Reducción de mermas de peso en la planta de post-procesode Distraves S.A.S. mediante la metodología Seis Sigma. Universidad PontificiaBolivariana.

BERNAL, Carlos. 2019. Metodología DMAIC y productividad del proceso de distribución de combustibles líquidos en una estación distribuidora PECSA en el año 2018. Tesis de maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Escuela de Posgrado, Huacho.

BONILLA, E., DÍAZ, B., KLEEBERG, F., & NORIEGA, M. 2020. Mejora continua de los procesos. Lima: Fondo Editorial.

CÁRDENAS, Tibusay & GARCÍA, Stephanie. 2016. Mermas en las industrias de plástico y su registro contable. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621453/>

- COBOS, R. 2016. *El polietilén tereftalato (PET) como envase de aguas minerales*. Bol Soc Esp Hidrol Méd. 31(2), 179-190. DOI: 10.23853/bsehm.2017.0212
- COMUNICARSE 2021. *Coca-Cola y PepsiCo lideran la lista de los principales contaminadores plásticos*. <https://www.comunicarseweb.com/noticia/coca-cola-y-pepsico-lideran-la-lista-de-los-principales-contaminadores-plasticos>
- DÍAZ, R., VELARDE, G., & LINO, G. 2021. Análisis de flujo de materiales de envases de vidrio para producción, consumo y comercio en Perú durante 2018. *South Sustainability*, 2(1), e026-e026.
- FERNÁNDEZ, R. 2010. La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa. Recuperado el 17 de Setiembre de 2017, de <https://www.editorial-club-universitario.es/pdf/3881>
- FLETCHER, J. 2018. *Opportunities for Lean Six Sigma in public sector municipalities*, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9 No. 2, pp. 256-267. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2017-0086>
- GAIKWAD, M., SUNNAPWAR, K., TELI, N., & PARAB, B. 2017. Application of DMAIC and SPC to Improve Operational Performance of Manufacturing Industry: A Case Study. *The Institution of Engineers (India)*. DOI:10.1007/s40032-017-0395-5
- GARCÍA, S., SAN ANDRÉS, M., & ROJA, J. (2010). Conservar el diseño industrial contemporáneo: problemas prácticos en la identificación de piezas de plástico. In *Conservación de Arte Contemporáneo. 11ª Jornada*. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 331-358.
- GARZA, R., & VILLARREAL, J. 2016. Lean road transportation – a systematic method for the improvement of road transport operations. *Prod. Plann. & Cont.: The Mgmt. of Ops.*, 865-877.
- GIRMANOVÁ, L., ŠOLC, M., KLIMENT, J., DIVOKOVÁ, A., & MIKLOŠ, V. 2017. Application of Six Sigma using DMAIC methodology in the process of product quality control in metallurgical operation. *Acta Technologica Agriculturae*. DOI:10.1515/ata-2017-0020

GNICH, S. 2012. Lean transportation. Copenhagen: Copenhagen Business School.

GUEVARA, H. 2021. *Estudio: en 2040 habrá 50 kilos de plástico por metro de costa en todo el mundo*. [https://www.tvn-2.com/contenido\\_exclusivo/Estudio-kilos-plastico-metro-costa\\_0\\_5974652481.html](https://www.tvn-2.com/contenido_exclusivo/Estudio-kilos-plastico-metro-costa_0_5974652481.html)

GUIMAREY, F., HERNÁNDEZ, L., & VÁSQUEZ, M. 2021. Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC. *Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(2).

GUPTA, A., SHARMA, P., MALIK, S. C., AGARWAL, N., & JHA, P. C. 2016. Productivity improvement in the chassis preparation stage of the amplifier production process: A DMAIC Six Sigma methodology. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 1640012.

HEMENDRA Nath, SUDIPTA, S., TARAPADA, B., & SUFAL Chandra. 2013. Productivity Improvement of a Fan Manufacturing Company by using DMAIC Approach: A Six-sigma Practice. *Global Journal of Research In Engineering*.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, M. 2018. *Metodología de la Investigación 6ta Ed*. McGraw Hill Educación. México.

HERRERA, R., PALOMINO, K., REYES, F. & VALENCIA, G. 2018. Descriptive and inferential statistical analysis of wind speed and direction in the Colombian Caribbean Coast. *Revista Espacios*, 39(19), 3-14.

HINES, P., & RICH, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46-64.

JANARDHAN, K., & SOUNDARARAJAN, K. 2020. Mejora de la productividad y la calidad a través de DMAIC en PYMES. *Gestión de la productividad y la calidad*, 31(2), 271-294.

KHAN, S., FAISAL, M., & MOAZZAM, S. 2019. Cross-Docking puro como estrategia de Discontribución para Courier Servicios: un estudio cuantitativo sobre Beneficios percibidos asociados con costo de inventario. *Motor industrial*. Vol.9,No.4.

MARTÍNEZ, C. 2012. Implementación de la metodología Six Sigma para la reducción de merma de PVC y PET en el proceso de sellado de blíster con tarjeta. ITESM.

MINAM 2016. *Menos plástico, más vida: Cifras del mundo y el Perú.*

<https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

PASTOR Ravines, L. F. 2018. Propuesta de mejora del proceso de producción aplicando la metodología Six Sigma para reducir defectos en la empresa RMB Sateci S.A.C.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13681/Pastor%20Ravines%20Luis%20Felipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SMĘTKOWSKA, M., & MRUGALSKA, B. 2018. Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. doi: 10.1016/j.sbspro.2018.04.039

STATSENKO, E., OMAROV, R., SHLYKOV, S., NESTERENKO, A. & KONEIVA, O. 2021. Pareto and Ishikawa Diagrams for Identifying the Causes of Defects in Poultry Meat. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 12(12). <http://TUENGR.COM/V12/12A12J.pdf>  
DOI: 10.14456/ITJEMAST.2021.241. 1-9

QUISPE, Manuel. 2017. Aplicación de Six Sigma para incrementar la Eficiencia General de los Equipos en el área de producción de una empresa manufacturera de pañales, Ate -2017. Obtenido de Repositorio Universidad César Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21551>

REVISTA MERCADOS & REGIONES 2018. *Arequipa: se usan hasta tres toneladas de plástico a la semana.*  
<https://mercadosyregiones.com/2018/06/06/arequipa-se-usan-hasta-tres-toneladas-de-plastico-la-semana/>

SERRANO, Carlos. 2002. El manejo de los desperdicios sólidos municipales y el reciclaje de materiales plásticos. *Tecnologías del Plástico*.  
<https://www.plastico.com/temas/El-manejo-de-los-desperdicios-solidos-municipales-y-el-reciclaje-de-materiales-plasticos+3012951?pagina=3>

SOUNDARARAJAN, K., & JANARDHAN, R. K. 2019. Cost-reduction and quality improvement using DMAIC in the SMEs. Emerald Insight. <http://www.emeraldinsight.com/1741-0401.htm>

SOKOVIC, M., PAVLETIC, D., & KERN, K. 2010. *Quality Improvement Methodologies* – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. JAMME. 43(1). [http://jamme.acmsse.h2.pl/papers\\_vol43\\_1/43155.pdf](http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_vol43_1/43155.pdf)

TRENT, R. 2008. End-To-End Lean Management: A Guide to Complete Supply Chain Improvement. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing.

ULUSKAN, M., & PINAR Oda. 2019. A thorough Six Sigma DMAIC application for household appliance manufacturing systems. Obtenido de Emerald Insight: <https://www.emerald.com/insight/1754-2731.htm>

VALDERRAMA 2015. Pasos para Elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.

## ANEXOS

### Anexo 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULAS	ESCALA
<b>INDEPENDIENTE:</b> <b>Metodología de DMAIC</b>	Bernal (2019) y Fletcher (2018) indican que es una metodología de mejora de procesos para conseguir reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente	La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componen: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa.	Definir (D)	Nivel de mermas producidas	$\frac{\text{Producción con merma}}{\text{Producción total}} \times 100$	Razón
			Medir (M)	Índice de capacidad (Cp y Cpk) Pre-Tes	$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ ; $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$	Razón
			Analizar (A)	Costos de Mermas anormales	$\text{Kg de mermas anormales} \times \text{Precio de Kg de Materia Prima}$	Soles
			Mejorar (I)	Índice de capacidad (Cp y Cpk) Post-Tes	$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ ; $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$	Razón
			Controlar (C)	Nivel de cumplimiento de comités de calidad realizados	$\frac{\# \text{Comités de Calidad Planificados}}{\# \text{Comités de Calidad Realizados}} \times 100$	Razón
<b>DEPENDIENTE:</b> <b>Mermas de producción</b>	Bayona (2020) Son pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto.	Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.	Merma normal (n)	Kilogramos de merma de tipo normal	$n = \text{Materia Prima Ingresada} \times 5\%$	Kilogramos
			Merma anormal (M)	Kilogramos de merma de tipo anormal	$M = m - n$ Donde; M = Merma de tipo anormal m = Mermas totales producidas n = Merma de tipo normal	Kilogramos

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 1. CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA METODOLOGÍA DMAIC Y LAS MERMAS DE PRODUCCIÓN**

N°	Variables, dimensiones e Indicadores	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Comentarios
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	<b>Variab</b>							
	<b>Variables Independiente: Metodología DMAIC</b>							
	<b>Dimensión 1: Definir (D)</b>							
1	$N^{\circ} \text{vel de merma producPPda} = \frac{\text{Producción merma}}{\text{Producción total}} \times 100$							
	<b>Dimensión 2: Medir (M)</b>							
2	$\text{Índice de Capacidad Pre-test (Cp; Cpk)} = C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}; C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$							
	<b>Dimensión 3: Analizar (A)</b>							
	Costos de mermas anormales = Kg de mermas anormales x Precio Kg Hojuela de PET							
	<b>Dimensión 4: Mejora (I)</b>							
4	$\text{Índice de Capacidad Post-test (Cp; Cpk)} = C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}; C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$							
	<b>Dimensión 5: Controlar (C)</b>							
5	$\frac{\# \text{Comités de Calidad Planificados}}{\# \text{Comités de Calidad Realizados}} \times 100$							
	<b>Variab</b>							
	<b>Variables Independiente: Mermas de producción</b>							
	<b>Dimensión 1: Merma normal (n)</b>							
1	$n = \text{Materia Prima Ingresada} \times 5\%$							
	<b>Dimensión 2: Merma anormal (M)</b>							
2	$M = m - n$ Donde; M = Merma de tipo anormal m = Mermas totales producidas n = Merma de tipo normal							

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** \_\_\_\_\_  
**Opinión de aplicabilidad:** Aplicable [ ] Aplicable con observaciones [ ] No Aplicable [ ]  
**Apellidos y nombres de juez validador.** Mg: \_\_\_\_\_ **DNI:** \_\_\_\_\_  
**Especialidad del Validador:** INGENIERO INDUSTRIAL CIP

.....de..... del

2021

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

**Firma del experto informante**

### Anexo 3: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 01: Instrumento de recolección de producción y mermas - Pretest

PRE-TEST						
<b>Autor:</b>		<b>Empresa:</b>	ExportPlast Perú SAC	<b>Fecha inicio:</b>		
Registro de producción y mermas ExportPlast					<b>Fecha fin:</b>	
Nro	Fecha	Producción programada en Kg	Producción real en Kg	Merma normal (5% de lo producido) en Kg	Merma total en Kg	Merma anormal en Kg
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

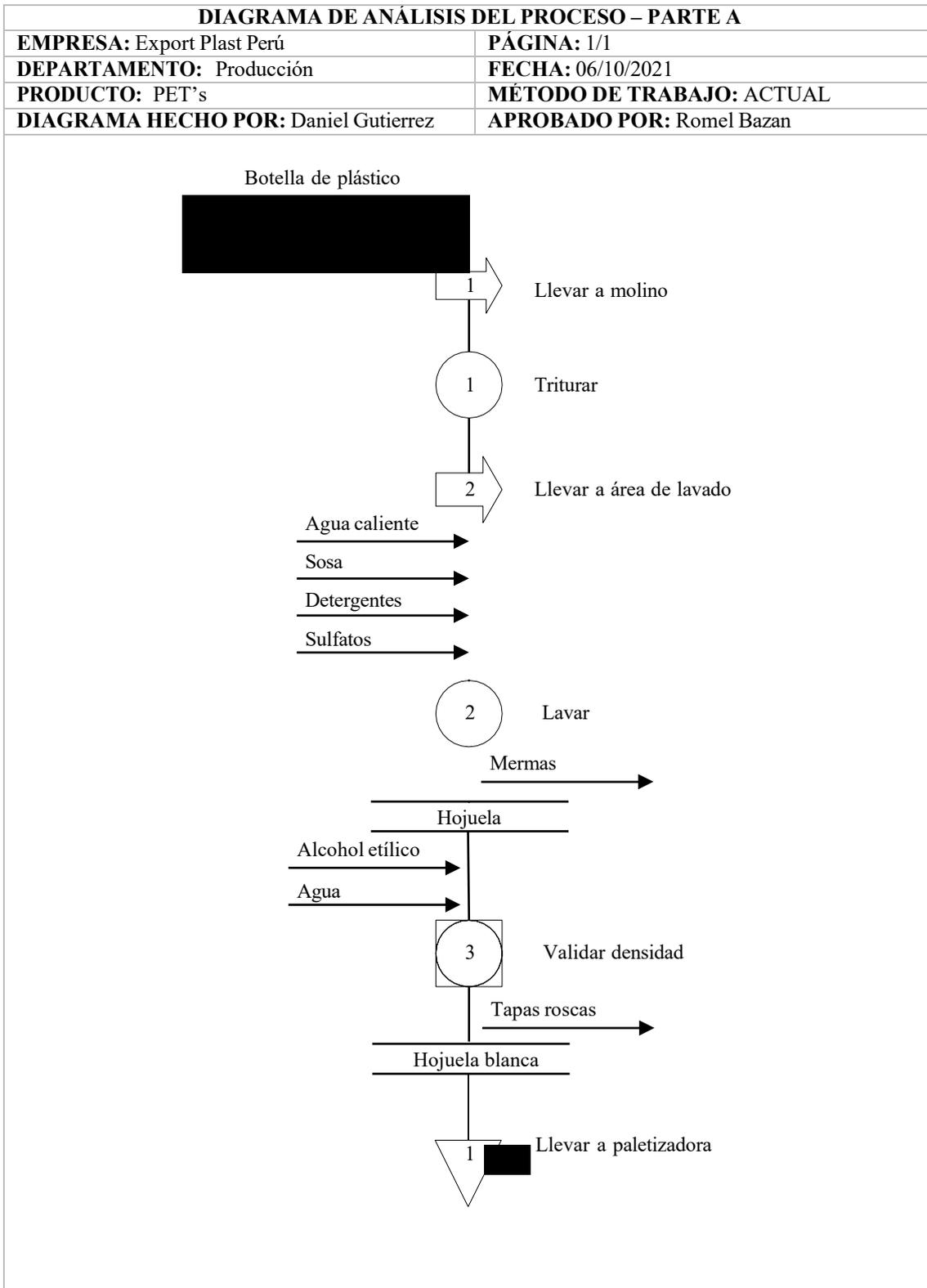
Fuente: Área de producción ExportPlast Perú SAC

**Tabla 02: Instrumento de recolección de producción y mermas - Postest**

POST-TEST						
<b>Autor:</b>		<b>Empresa:</b>	ExportPlast Perú SAC	<b>Fecha inicio:</b>		
Registro de producción y mermas ExportPlast					<b>Fecha fin:</b>	
Nro	Fecha	Producción programada en Kg	Producción real en Kg	Merma normal (5% de lo producido) en Kg	Merma total en Kg	Merma anormal en Kg
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Fuente: Área de producción ExportPlast Perú SAC

## Anexo 4. DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO



Nota: Elaboración propia.

## Anexo 5. CARTA DE PRESENTACIÓN A EMPRESA

Arequipa, 27 de agosto 2021

Señor(a)

EMPRESA DE EXPORT PLAST PERÚ S.A.C

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y a su vez presentarme, mi nombre es Daniel Arturo, Gutierrez Gutierrez, identificado con el DNI nro. XXX, estudiante de la carrera de profesional de ingeniería industrial de la Universidad César Vallejo (UTP), a quien presento mi solicitud para llevar a cabo el trabajo de tesis denominado:

**“Aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de las mermas de producción en la empresa Export Plast Perú, Arequipa 2021”**

En ese sentido, me comprometo con total responsabilidad y participación en el proyecto mencionado.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

**Daniel Arturo, Gutierrez Gutierrez**

DNI: XXX

## Anexo 6. CALCULO DE DEMANDA PROYECTADA DE PET EN PERÚ

En cuanto a los clientes potenciales clientes a nivel nacional se tiene al siguiente directorio de empresas de fabricación de productos plásticos (Directorio de Fábricas, 2021):

- EUROPLAST S.A.C.
- Industrias Basa S.A.C.
- Industrias Plásticas Reunidas S.A.C. (Duroplast)
- Industrias Plásticos Belsa S.A.C (INPLABEL)
- Melaform S.A.C.
- Plásticos A S.A. (Q' plast)
- Plastiform S.A.C.
- Reicolite Peruana S.A.
- Ximesa S.A.C. (Reyplast)

Asimismo, se tiene otras empresas dedicadas a un solo producto en base a polipropileno, pero otras que se dedican a varios productos (Ministerio de Comercio Exterior y turismo), ver Tabla 5 para visualizar la clasificación de las empresas en base al producto terminado que ofertan.

*Directorio de empresas productoras de productos plásticos en base a los productos ofertantes.*

Producto	Empresas
<b>Bolsa de polietileno impresas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinca S.A.C.</li> <li>- Idiesa Artículos Plásticos S.A.</li> <li>- Industria Plásticos San Pedro S.R.L.</li> <li>- Industrias del envase S.A.C.</li> <li>- Industrias Panda S.A.C.</li> <li>- Pieriplast S.A.C.</li> </ul>
<b>Baldes de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinca S.A.C.</li> <li>- Industrias del envase S.A.</li> <li>- Ximesa S.R.L.</li> </ul>
<b>Bolsa de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corporación Bolsipol S.A.</li> <li>- Empaques flexibles S.A.</li> <li>- Envases industriales S.A.</li> <li>- Envolturas Lima S.A.</li> <li>- Geopack S.A.</li> <li>- Grigota Perú S.A.</li> <li>- Industrias del Plástico Perú S.A.C.</li> <li>- Jisa Plásticos S.A.C.</li> <li>- Multiplas S.A.</li> <li>- Packplast S.A.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plásticos Andanisa S.R.L.</li> <li>- Plásticos Charito E.I.R.L.</li> <li>- Plásticos del Centro S.A.C. Plasticentro</li> <li>- Plásticos Huascarán S.C.R.L.</li> <li>- Plásticos Líder S.A.</li> <li>- Tech Pak S.A.</li> </ul>
<b>Botellas de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinca S.A.</li> <li>- Mould Made S.A.</li> <li>- Orna Plast Envases S.A.C.</li> <li>- Plastotec S.A.C.</li> </ul>
<b>Botellones de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plásticos Básicos de Exportación S.A.C.</li> </ul>
<b>Envolturas de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corporación Bolsipol S.A.</li> <li>- Envases Industriales S.A.</li> <li>- Envases y Envolturas S.A.</li> <li>- Envolturas Lima S.A.</li> <li>- Peruplast S.A.</li> </ul>
<b>Frascos de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plastotec S.A.C.</li> <li>- Geka Corr S.A.C.</li> <li>- Genplast S.A.</li> <li>- Industrial Plásticos San Pedro S.R.L.</li> <li>- Industrias Argo Plast S.A.C.</li> <li>- Plastital S.A.</li> </ul>
<b>Laminados de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envases Industriales S.A.</li> <li>- Envases y Envolturas S.A.</li> <li>- Peruplast S.A.</li> </ul>
<b>Películas co extruídas de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corporación Sabic S.A.C.</li> </ul>
<b>Sacos de polietileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envases Industriales S.A.</li> <li>- Envolturas Lima S.A.</li> </ul>

*Nota:* Ministerio de Comercio Exterior y turismo, s.f.

Según una encuesta realizada por Aguilar (2017) en su trabajo “Proyecto de inversión para una planta de reciclado y producción de hojuelas de PET en la ciudad de Chiclayo. 2017” se tiene presente que 89% de las 35 empresas encuestadas compran más de 11 toneladas en siete meses de ventas bajas, mientras que en ventas altas se compran 1320 toneladas en cinco meses.

Para la proyección de la demanda se tiene presente la siguiente fórmula:

$$P = P_0 \times (1 + pp)^n$$

La empresa tiene una producción de 44 toneladas semanales, es decir anualmente se tendría 2288 toneladas, por lo que la proyección para los



siguientes años será como se muestra en la Tabla 6. Según el trabajo de Aguilar (2017), se menciona que en base a las 35 empresas encuestadas, se tiene una demanda de 696 toneladas por el año de 2017.

*Proyección de la demanda.*

<b>Año</b>	<b>Demanda (toneladas)</b>
2021	913
2022	977
2023	1045
2024	1118
2025	1196
2026	1280



Anexo 7. FOTOGRAFÍAS DE EXPORTPLAST PERÚ SAC



Figura 1. Camión de acopio de botellas PET recicladas



Figura 2. Zona de procesamiento de botellas PET en hojuelas PET



Figura 3. Zona de producto terminado y ensacado de hojuelas PET



Figura 4. Hojuelas PET Color



Figura 4. Hojuelas PET Cristalinas



Figura 5. Merma del proceso productivo hojuelas PET



Anexo 8. FACTURA COMO EVIDENCIA DE PRECIO DE HOJUELA PET



Urb. Lara P-1, Socabaya - Arequipa, Peru  
 telefono: 51 947367988  
 e-mail: manb2770@gmail.com  
 e-mail: exportplastperu@hotmail.com

RUC 20602606482  
**FACTURA**  
 E001 N° 0003

Señor (es): REPRO PLASTICS CANADA INC

**INVOICE**

RUC: \_\_\_\_\_

Fecha/Date: November 26, 2018

Dirección: 31 Grand Boulevard, Ile Perrot, Quebec J7V4V9  
 Canada

Forma de Pago: VIA WIRE TRANSFER  
 Payment terms: 100% AGAINST DOCS VIA BMAIL

PUERTO DE EMBARQUE PORT OF LOADING CALLAO - PERÚ	EMBARCADO VIA SHIPPED BY LOUISIANA TRADER V.0792 - 177N	PUERTO DE DESCARGA PORT OF DISCHARGE CHARLESTON SC, USA	EXP. N° EXP2018001
			PEDIDO N° ID-11584
			GUIA N°

ITEM	CODIGO CODE	DESCRIPCION DESCRIPTION	CANTIDAD QTY	PRECIO UNIT. UNIT. PRICE	TOTAL AMOUNT
1		Polyethylene terephthalate Flakes (PET) Clear	21.794 TM	\$660.00	\$14,384.04
		Hojuelas de politereftalato de Etileno (PET) Transparentes			
			SUB-TOTAL		\$14,384.04
CONTAINER: CSLU 6255151			GASTOS DE EMBARQUE		
SEAL: 9306158, 547799 002D5000076			FOB/ FCA CALLAO		\$14,384.04
			CFR		
			SEGURO		
SON: CATORCE MIL, TRESCIENTOS OCHENTA Y CUATRO Y 04/100 DOLARES			C&FO CIFO		
AMERICANOS			I.G.V. %		
			TOTAL		\$14,384.04

There are: FOURTEEN THOUSAND, THREE HUNDRED EIGHTY-FOUR AND 04/100 DOLLARS

RUC 20259729521 AUT. 10230503023 FL 09/10/2013

ADQUIRIENTE Ó USUARIO

*Doris Karro Guatara*  
 Doris Karro Guatara  
 ABE DE LOGISTICA Y COMERCIO EXTERIOR

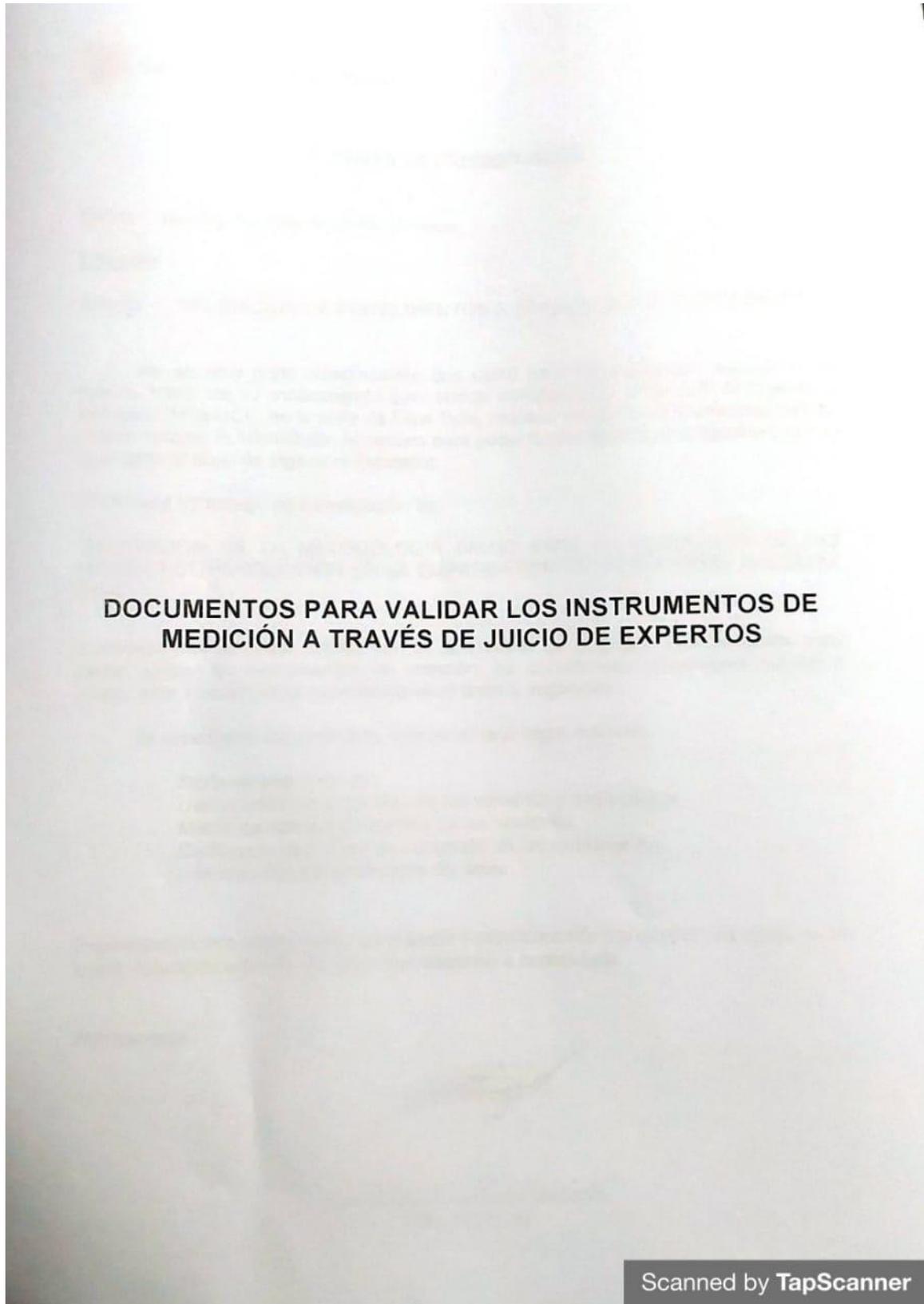
### Anexo 9. REGISTRO DE DATOS OBTENIDOS

PRE-TEST						
<b>Autor:</b>	Daniel Gutierrez Gutierrez		<b>Empresa:</b>	ExportPlast Perú SAC	<b>Fecha inicio:</b>	1/09/2021
Registro de producción y mermas ExportPlast					<b>Fecha fin:</b>	4/10/2021
Nro	Fecha	Materia prima botella PET Kg	Producción Hojuela PET en Kg	Merma normal (5% de lo producido) en Kg	Merma anormal en Kg	Merma total en Kg
1	1/09/2021	45.0	41.0	2.3	1.8	4.0
2	4/09/2021	48.0	43.0	2.4	2.6	5.0
3	7/09/2021	56.0	48.0	2.8	5.2	8.0
4	10/09/2021	55.0	50.0	2.8	2.3	5.0
5	13/09/2021	45.0	40.0	2.3	2.8	5.0
6	16/09/2021	42.0	38.0	2.1	1.9	4.0
7	19/09/2021	39.0	35.0	2.0	2.1	4.0
8	22/09/2021	48.0	42.0	2.4	3.6	6.0
9	25/09/2021	55.0	50.0	2.8	2.3	5.0
10	28/09/2021	56.0	47.0	2.8	6.2	9.0
11	1/10/2021	41.0	34.0	2.1	5.0	7.0
12	4/10/2021	38.0	30.0	1.9	6.1	8.0
<b>TOTAL</b>		568.0	498.0	28.4	41.6	70.0
					8.4%	



POST-TEST						
<b>Autor:</b>	Daniel Gutierrez Gutierrez		<b>Empresa:</b>	ExportPlast Perú SAC	<b>Fecha inicio:</b>	7/10/2021
Registro de producción y mermas ExportPlast					<b>Fecha fin:</b>	9/11/2021
Nro	Fecha	Materia prima botella PET Kg	Producción Hojuela PET en Kg	Merma normal (5% de lo producido) en Kg	Merma anormal en Kg	Merma total en Kg
1	7/10/2021	37.15	35	1.75	0.4	2.15
2	10/10/2021	37.95	36	1.8	0.15	1.95
3	13/10/2021	32.1	30	1.5	0.6	2.1
4	16/10/2021	37.15	35	1.75	0.4	2.15
5	19/10/2021	36	34	1.7	0.3	2
6	22/10/2021	35.05	33	1.65	0.4	2.05
7	25/10/2021	32	30	1.5	0.5	2
8	28/10/2021	33.1	31	1.55	0.55	2.1
9	31/10/2021	36.15	34	1.7	0.45	2.15
10	3/11/2021	31.1	29	1.45	0.65	2.1
11	6/11/2021	30.15	28	1.4	0.75	2.15
12	9/11/2021	29	27	1.35	0.65	2
<b>TOTAL</b>		406.9	382.0	19.1	5.8	24.9
					1.5%	

## Anexo 10. CARTA DE PRESENTACIÓN



## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Mg. Ing. Romel Dario Bazan Robles

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Este, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniero Industrial.

El título de mi trabajo de investigación es:

"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE LAS MERMAS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA EXPORT PLAST PERÚ, AREQUIPA 2021"

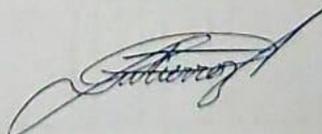
Y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente



## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

**Variable Independiente:** Metodología DMAIC

Pyzdek (2003) Metodología de mejora de procesos para conseguir reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. Fletcher (2018) La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componente: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa para la mejora.

**Dimensiones de la variable:** Metodología DMAIC

**Dimensión 1:** Definir (D)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Para identificar, priorizar y seleccionar los procesos de manera adecuada, En tal sentido se buscará realizar identificación de actividades dentro del proceso. En tal sentido, para la adaptación de los resultados dentro del proceso se estima medir la producción en kilogramos de la merma producida en el proceso, dividido entre los kilogramos totales de producción multiplicado por cien.

$$\frac{\text{Producción de merma}}{\text{Producción total}} \times 100$$

**Dimensión 2:** Medir (M)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Busca identificar las características claves del proceso, el alcance de sus parámetros y sus actuaciones. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = \min \left( \frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$$

**Dimensión 3:** Analizar (A)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) En la etapa de analizar se busca identificar las causas de los procesos determinantes a través de los estudios cuantitativos del proceso, previamente medidos. Según Evans y Lindsay (2008) es necesario aplicar un análisis para identificar las variables que causan el error, para tal caso se plantea el uso de Diseño de Experimentos (DoE).

**Dimensión 4: Mejorar (I)**

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Cambiar el proceso y optimizar el rendimiento. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = \min \left( \frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$$

**Dimensión 5: Controlar (C)**

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Sostener la ganancia lograda en el proceso. En este sentido se plantea como forma de medir el número de procedimientos de operación estándar dividida entre el total de procedimientos de la empresa, multiplicado por cien

$$\frac{\# \text{Procedimientos de operación estándar}}{\# \text{Procedimientos totales de la empresa}} \times 100$$

**DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES**

**Variable Dependiente:** Mermas de Producción

Bayona (2020) y Matteucci (2009) Son perdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto. Ferrer Quea (2010) Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.

**Dimensiones de la variable:** Mermas de producción

**Dimensión 1:** Merma normal

(Ferrer Quea, 2010) Son mermas asumidas debido a que se generan por las mismas características del proceso y que se cuantifican en el costo de producción.

$$\text{Merma normal (n)} = \text{Materia prima ingresada} \times 5\%$$

### Dimensión 2: Merma anormal

(Ferrer Quea, 2010) Son mermas que no están planificados dentro de los costos de producción y que son asumidos a través del gasto en el periodo. Estas se originan por errores de manipulación o de tratamiento de las materias primas.

$$\text{Merma anormal (M)} = m - n$$

Donde:

M = Merma de tipo anormal

m = Mermas totales producidas

n = Mermas de tipo normal



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULAS	INSTRUMENTO	ESCALA
Metodología de DMAIC	Pyzdek (2003) y Fleisher (2018) indican que es una metodología de mejora de procesos para eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente.	La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componen: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa.	Definir (D)  Medir (M)  Analizar (A)  Mejorar (I)  Controlar (C)	Nivel de mermas producidas  Índice de capacidad (Cp y Cpk) Pre-Test  Costos de Mermas a través del diseño de experimentos (DoE)  Índice de capacidad (Cp y Cpk) Post-Test  Nivel de procedimientos de operación estandarizados	$\frac{\text{Producción merma}}{\text{Producción total}} \times 100$  $Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ $C_{pk} = \min \left( \frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$  Kg de mermas anormales x Precio de Kg de Hojuela PET  $Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ $C_{pk} = \min \left( \frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$  $\frac{\# \text{ Procedimientos de operación estándar}}{\# \text{ Procedimientos totales de la empresa}} \times 100$	Instrumento 01: Diagrama de flujo de funciones cruzadas  Instrumento 02: Capacidad de Proceso Pre-Test  Instrumento 03: Diseño de Experimentos (DoE)  Instrumento 04: Capacidad de Proceso Post-Test  Instrumento 05: Nivel de procedimientos de operación estandarizados  Instrumento 06: Registro de producción y mermas (campo merma normal)	Razón  Razón  Soles  Razón  Razón
Mermas de producción	Bayona (2020), Matfucci (2006) y Ferrer Quea (2010). Son pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto.	Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.	Merma normal (n)  Merma anormal (M)	Kilogramos de merma de tipo normal  Kilogramos de merma de tipo anormal	$n = \text{Materia Prima Ingresada} \times 5\%$  $M = m - n$  Dónde: M = Merma de tipo anormal m = Mermas totales producidas n = Merma de tipo normal	Instrumento 06: Registro de producción y mermas (campo merma anormal)	Kilogramos

Fuente: Elaboración propia.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA DMAIC Y LAS MERMAS DE PRODUCCIÓN

N°	Variables, dimensiones e indicadores	Pertinencia	Relevancia	Claridad	Comentarios	
	Variables independiente: Metodología DMAIC	SI	NO	SI	NO	
1	Dimension 1: Definir (D) Nivel de merma producida = $\frac{\text{Producción merma}}{\text{Producción total}} \times 100$					
2	Dimension 2: Medir (M) $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ ; $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$					
	Dimension 3: Analizar (A) Costos de mermas anormales = Kg de mermas anormales x Precio Kg Hojuela de PET					
4	Dimension 4: Mejora (I) $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ ; $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$					
5	Dimension 5: Controlar (C) # Procedimientos de operación estándar x 100 # Procedimientos totales de la empresa					
1	Variables independiente: Mermas de producción Dimension 1: Merma normal (n) n = Materia Prima ingresada x 5% Dimension 2: Merma anormal (M) M = m - n					
2	Donde: M = Merma de tipo anormal m = Mermas totales producidas n = Merma de tipo normal					

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Ninguna Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]  
 Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ]  
 Apellidos y nombres del juez validador: Mg: Maestro en Productividad y Relaciones Industriales DNI: 41091024  
 Especialidad del validador: 19 de noviembre del 2021

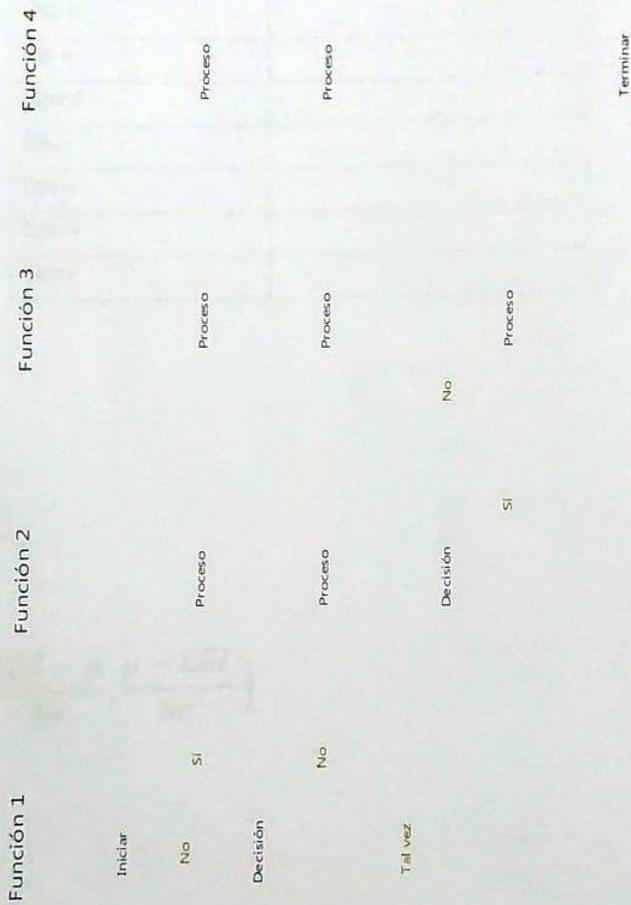
<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.  
 Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

Firma del Experto Informante



Instrumento 01: Diagrama de flujo de funciones cruzadas

Diagrama de flujo de funciones cruzadas





Instrumento 02: Medición de Capacidad de Proceso de Pre-Test

Empresa:	
Proceso:	
Fecha:	
Elaborado por:	
USL =	
LSL =	
Xmed =	
Cp =	
Cpl =	
Cpu =	
Cpk =	

Donde:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$

## Instrumento 03: Diseño de Experimentos (DoE)

Nro. Experimento	Tiempo proceso productivo (min)	Tipo de Producto	Temperatura	Tiempo de descarga (min)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

## Instrumento 04: Medición de Capacidad de Proceso de Post-Test

Empresa:	
Proceso:	
Fecha:	
Elaborado por:	
USL =	
LSL =	
Xmed =	
Cp =	
Cpl =	
Cpu =	
Cpk =	

Donde:

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$



Instrumento 05: Dimensiones para Diseño de Experimentos (DoE)

Nro. Experimento	Tiempo proceso productivo (min)	Tipo de Producto	Temperatura	Tiempo de descarga (min)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



Instrumento 06: Registro de producción y mermas

REGISTRO DE PRODUCCIÓN Y MERMAS								
Autor:	Daniel Gutierrez Gutierrez		Empresa:	ExportPlast Perú SAC		Fecha inicio:		
	Registro de producción y mermas ExportPlast						Fecha fin:	
Nro	Fecha	Materia prima botella PET Kg	Producción Hojuela PET en Kg	Merma normal (5% de lo producido) en Kg	Merma anormal en Kg	Merma total en Kg		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
<b>TOTAL</b>								

Fuente: Área de producción ExportPlast Perú SAC



**DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE  
MEDICIÓN A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS**

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Juez Mg. Ing Roberto Farfan Martínez

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Este, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniero Industrial.

El título de mi trabajo de investigación es:

"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE LAS MERMAS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA EXPORT PLAST PERÚ, AREQUIPA 2021"

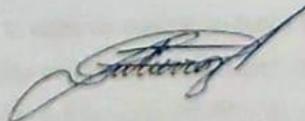
Y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente



Daniel Arturo Gutiérrez Gutiérrez  
DNI 41155757

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

**Variable Independiente:** Metodología DMAIC

Pyzdek (2003) Metodología de mejora de procesos para conseguir reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. Fletcher (2018) La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componen: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa para la mejora.

**Dimensiones de la variable:** Metodología DMAIC

**Dimensión 1:** Definir (D)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Para identificar, priorizar y seleccionar los procesos de manera adecuada, En tal sentido se buscará realizar identificación de actividades dentro del proceso. En tal sentido, para la adaptación de los resultados dentro del proceso se estima medir la producción en kilogramos de la merma producida en el proceso, dividido entre los kilogramos totales de producción multiplicado por cien.

$$\frac{\text{Producción de merma}}{\text{Producción total}} \times 100$$

**Dimensión 2:** Medir (M)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Busca identificar las características claves del proceso, el alcance de sus parámetros y sus actuaciones. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$

**Dimensión 3:** Analizar (A)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) En la etapa de analizar se busca identificar las causas de los procesos determinantes a través de los estudios cuantitativos del proceso, previamente medidos. Según Evans y Lindsay (2008) es necesario aplicar un análisis para identificar las variables que causan el error, para tal caso se plantea el uso de Diseño de Experimentos (DoE).

#### Dimensión 4: Mejorar (I)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Cambiar el proceso y optimizar el rendimiento. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = \min \left( \frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$$

#### Dimensión 5: Controlar (C)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Sostener la ganancia lograda en el proceso. En este sentido se plantea como forma de medir el número de procedimientos de operación estándar dividida entre el total de procedimientos de la empresa, multiplicado por cien

$$\frac{\# \text{Procedimientos de operación estándar}}{\# \text{Procedimientos totales de la empresa}} \times 100$$

### DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

#### Variable Dependiente: Mermas de Producción

Bayona (2020) y Matteucci (2009) Son pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto. Ferrer Quea (2010) Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.

#### Dimensiones de la variable: Mermas de producción

##### Dimensión 1: Merma normal

(Ferrer Quea, 2010) Son mermas asumidas debido a que se generan por las mismas características del proceso y que se cuantifican en el costo de producción.

$$\text{Merma normal (n)} = \text{Materia prima ingresada} \times 5\%$$



**Dimensión 2: Merma anormal**

(Ferrer Quea, 2010) Son mermas que no están planificados dentro de los costos de producción y que son asumidos a través del gasto en el periodo. Estas se originan por errores de manipulación o de tratamiento de las materias primas.

$$\text{Merma anormal (M)} = m - n$$

Donde:

M = Merma de tipo anormal

m = Mermas totales producidas

n = Mermas de tipo normal



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULAS	INSTRUMENTO	ESCALA
Mermas de producción de DMAIC	Pyzdek (2003) y Fletcher (2018) indican que es una metodología de mejora de procesos para conseguir reducir e eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente.	La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componen: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa.	Definir (D)	Nivel de mermas producidas	$\frac{\text{Producción merma}}{\text{Producción total}} \times 100$	Instrumento 01: Diagrama de flujo de funciones cruzadas	Razón
			Medir (M)	Índice de capacidad (Cp y Cpk) Pre-Test	$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$	Instrumento 02: Capacidad de Proceso Pre-Test	Razón
			Analizar (A)	Costos de Mermas a través del diseño de experimentos (DoE)	Kg de mermas anormales x Precio de Kg de Hojuela PET	Instrumento 03: Diseño de Experimentos (DoE)	Soles
			Mejorar (I)	Índice de capacidad (Cp y Cpk) Post-Test	$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$	Instrumento 04: Capacidad de Proceso Post-Test	Razón
			Controlar (C)	Nivel de procedimientos de operación estandarizados	$\frac{\# \text{ Procedimientos de operación estándar}}{\# \text{ Procedimientos totales de la empresa}} \times 100$	Instrumento 05: Nivel de procedimientos de operación estandarizados	Razón
			Merma normal (n)	Kilogramos de merma de tipo normal	$n = \text{Materia Prima ingresada} \times 5\%$	Instrumento 06: Registro de producción y mermas (campo merma normal)	Kilogramos
Merma anormal (M)	Kilogramos de merma de tipo anormal	$M = m - n$	Instrumento 06: Registro de producción y mermas (campo merma anormal)	Kilogramos			

Donde:  
M = Merma de tipo anormal  
m = Mermas totales producidas  
n = Merma de tipo normal

Fuente: Elaboración propia.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA DMAIC Y LAS MERMAS DE PRODUCCIÓN**

N°	Variables, dimensiones e Indicadores	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Comentarios
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Variables Independiente: Metodología DMAIC Dimensión 1: Definir (D) $Nivel\ de\ merma\ producida = \frac{Producción\ merma}{Producción\ total} \times 100$	X		X		X		
2	Dimensión 2: Medir (M) $Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ $Cpk = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$	X		X		X		
	Dimensión 3: Analizar (A) Costos de mermas anormales = Kg de mermas anormales x Precio Kg Hojuela de PET	X		X		X		
4	Dimensión 4: Mejora (I) Índice de Capacidad Post-test (Cp, Cpk) = $Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ ; $Cpk = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$	X		X		X		
5	Dimensión 5: Controlar (C) # Procedimientos de operación estándar x 100 Variables Independiente: Mermas de producción	X		X		X		
1	Dimensión 1: Merma normal (n) n = Materia Prima Ingresada x 5%	X		X		X		
2	Dimensión 2: Merma anormal (M) $M = m - n$	X		X		X		

Donde:  
M = Merma de tipo anormal  
m = Mermas totales producidas  
n = Merma de tipo normal

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Ninguna

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador: Juez Mg. Ing Roberto Farfan Martinez DNI: 02617808

Especialidad del validador:

01 de Diciembre del 2021

- <sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo  
**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

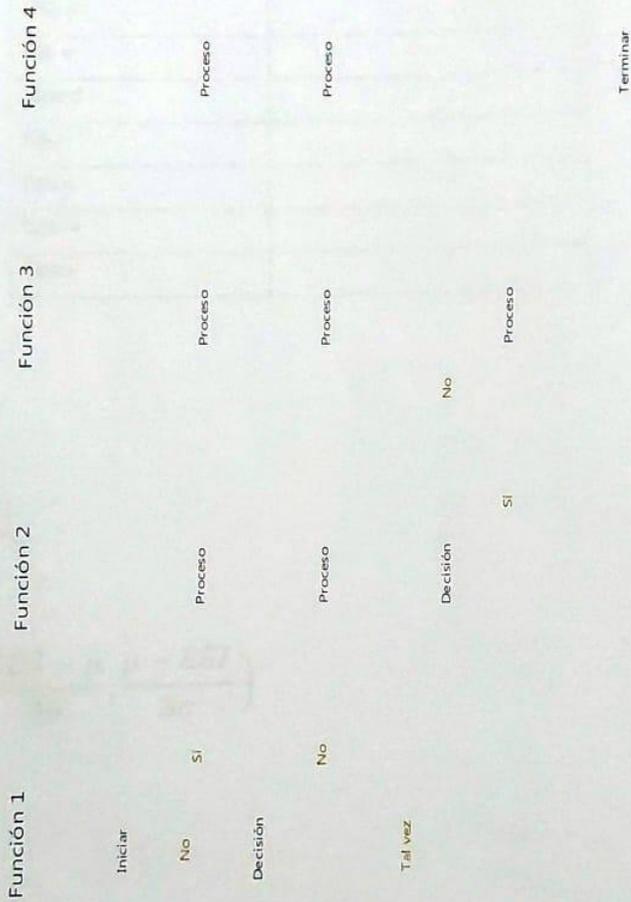


Firma del Experto Informante



Instrumento 01: Diagrama de flujo de funciones cruzadas

Diagrama de flujo de funciones cruzadas





Instrumento 02: Medición de Capacidad de Proceso de Pre-Test

Empresa:	
Proceso:	
Fecha:	
Elaborado por:	
USL =	
LSL =	
Xmed =	
Cp =	
Cpl =	
Cpu =	
Cpk =	

Donde:

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

$$Cpk = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$



Instrumento 05: Dimensiones para Diseño de Experimentos (DoE)

Nro. Experimento	Tiempo proceso productivo (min)	Tipo de Producto	Temperatura	Tiempo de descarga (min)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



Instrumento 06: Registro de producción y mermas

REGISTRO DE PRODUCCIÓN Y MERMAS							
Autor:	Daniel Gutierrez Gutierrez	Empresa:	ExportPlast Perú SAC	Fecha inicio:		Merma total en Kg	
Registro de producción y mermas ExportPlast							
Nro	Fecha	Materia prima botella PET Kg	Producción Hojuela PET en Kg	Merma normal (5% de lo producido) en Kg	Merma anormal en Kg	Merma total en Kg	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
<b>TOTAL</b>							

Fuente: Área de producción ExportPlast Perú SAC



**DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE  
MEDICIÓN A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS**



|

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: DR. ING. ROBERTO JULIO, CONTRERA RIVERA

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Este, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniero Industrial.

El título de mi trabajo de Investigación es:

"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE LAS MERMAS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA EXPORT PLAST PERÚ, AREQUIPA 2021"

Y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente

Daniel Arturo Gutiérrez ~~Gutiérrez~~

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

**Variable Independiente:** Metodología DMAIC

Pyzdek (2003) Metodología de mejora de procesos para conseguir reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. Fletcher (2018) La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componente: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa para la mejora.

**Dimensiones de la variable:** Metodología DMAIC

**Dimensión 1:** Definir (D)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Para identificar, priorizar y seleccionar los procesos de manera adecuada, En tal sentido se buscará realizar identificación de actividades dentro del proceso. En tal sentido, para la adaptación de los resultados dentro del proceso se estima medir la producción en kilogramos de la merma producida en el proceso, dividido entre los kilogramos totales de producción multiplicado por cien.

$$\frac{\text{Producción de merma}}{\text{Producción total}} \times 100$$

**Dimensión 2:** Medir (M)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Busca identificar las características claves del proceso, el alcance de sus parámetros y sus actuaciones. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = \min \left( \frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$$

**Dimensión 3:** Analizar (A)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) En la etapa de analizar se busca identificar las causas de los procesos determinantes a través de los estudios cuantitativos del proceso, previamente medidos. Según Evans y Lindsay (2008) es necesario aplicar un análisis para identificar las variables que causan el error, para tal caso se plantea el uso de Diseño de Experimentos (DoE).

#### Dimensión 4: Mejorar (I)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Cambiar el proceso y optimizar el rendimiento. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = \min \left( \frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$$

#### Dimensión 5: Controlar (C)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Sostener la ganancia lograda en el proceso. En este sentido se plantea como forma de medir el número de procedimientos de operación estándar dividida entre el total de procedimientos de la empresa, multiplicado por cien

$$\frac{\# \text{Procedimientos de operación estándar}}{\# \text{Procedimientos totales de la empresa}} \times 100$$

### DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

#### Variable Dependiente: Mermas de Producción

Bayona (2020) y Matteucci (2009) Son pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto. Ferrer Quea (2010) Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.

#### Dimensiones de la variable: Mermas de producción

##### Dimensión 1: Merma normal

(Ferrer Quea, 2010) Son mermas asumidas debido a que se generan por las mismas características del proceso y que se cuantifican en el costo de producción.

$$\text{Merma normal (n)} = \text{Materia prima ingresada} \times 5\%$$



**Dimensión 2: Merma anormal**

(Ferrer Quea, 2010) Son mermas que no están planificados dentro de los costos de producción y que son asumidos a través del gasto en el periodo. Estas se originan por errores de manipulación o de tratamiento de las materias primas.

$$\text{Merma anormal (M)} = m - n$$

Donde:

M = Merma de tipo anormal

m = Mermas totales producidas

n = Mermas de tipo normal



## MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULAS	INSTRUMENTO	ESCALA
Metodología de DMAIC	Pyzdek (2003) y Fletcher (2018) indican que es una metodología de mejora de procesos para eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente.	La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componen: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa.	Definir (D)  Medir (M)  Analizar (A)  Mejorar (I)  Controlar (C)	Nivel de mermas producidas  Índice de capacidad (Cp y Cpk) Pre-Test  Costos de Mermas a través del diseño de experimentos (DoE)  Índice de capacidad (Cp y Cpk) Post-Test  Nivel de procedimientos de operación estandarizados	$\frac{\text{Producción merma}}{\text{Producción total}} \times 100$  $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$  Kg de mermas anormales x Precio de Kg de Hojuela PET  $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu - LEI}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$  $\frac{\# \text{ Procedimientos de operación estándar}}{\# \text{ Procedimientos totales de la empresa}} \times 100$	Instrumento 01: Diagrama de flujo de funciones cruzadas  Instrumento 02: Capacidad de Proceso Pre-Test  Instrumento 03: Diseño de Experimentos (DoE)  Instrumento 04: Capacidad de Proceso Post-Test  Instrumento 05: Nivel de procedimientos de operación estandarizados  Instrumento 06: Registro de producción y mermas (campo merma normal)	Razón  Razón  Soles  Razón  Razón
Mermas de producción	Bayona (2020), Matfucci (2016) y Ferrer Quea (2010). Son pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto.	Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.	Merma normal (n)  Merma anormal (M)	Kilogramos de merma de tipo normal  Kilogramos de merma de tipo anormal	$n = \text{Materia Prima Ingresada} \times 5\%$  $M = m - n$  Dónde: M = Merma de tipo anormal m = Mermas totales producidas n = Merma de tipo normal	Instrumento 06: Registro de producción y mermas (campo merma normal)  Instrumento 06: Registro de producción y mermas (campo merma anormal)	Kilogramos  Kilogramos

Fuente: Elaboración propia.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA DMAIC Y LAS MERMAS DE PRODUCCIÓN

N°	Variables, dimensiones e indicadores Variables Independiente: Metodología DMAIC Dimensión 1: Definir (D)	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Comentarios
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Nivel de merma producida = $\frac{\text{Producción merma}}{\text{Producción total}} \times 100$ Dimensión 2: Medir (M)							
2	Indice de Capacidad Pre-test (Cp, Cpk) = $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ ; $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$ Costos de mermas anormales = Kg de mermas anormales x Precio Kg Hojuela de PET Dimensión 3: Analizar (A) Dimensión 4: Mejora (I)							
4	Indice de Capacidad Post-test (Cp, Cpk) = $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ ; $C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$ Dimensión 5: Controlar (C)							
5	# Procedimientos de operación estándar x 100 # Procedimientos totales de la empresa Variables Independiente: Mermas de producción Dimensión 1: Merma normal (n) n = Materia Prima Ingresada x 5% Dimensión 2: Merma anormal (M) M = m - n							
1								
2								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Ninguna  
 Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ] No aplicable [ ]  
 Apellidos y nombres del juez validador: DR. ING. ROBERTO JULIO CONTRERA RIVERA DNI: 09961475  
 Especialidad del validador: \_\_\_\_\_  
 19 de noviembre del 2021

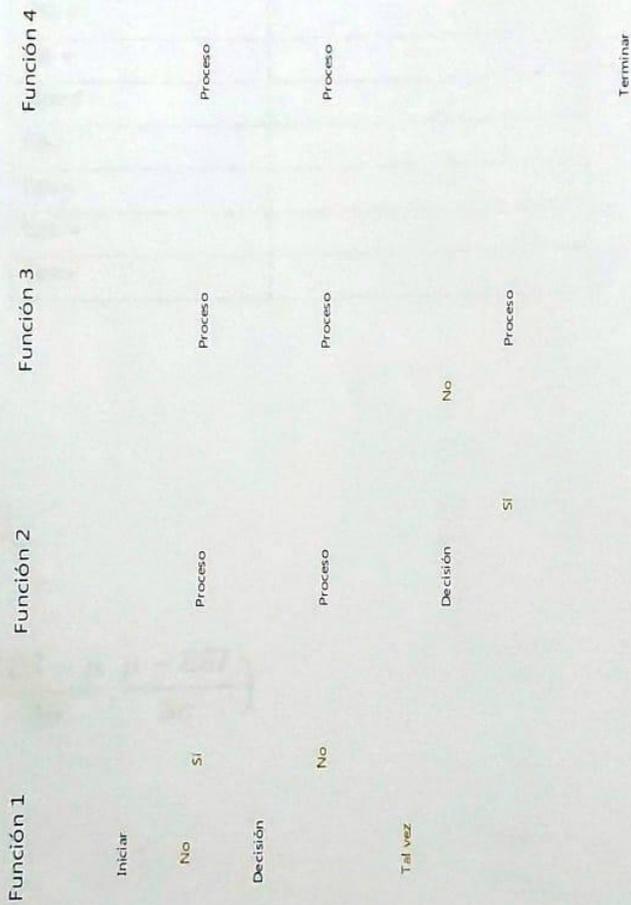
<sup>1</sup> Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup> Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup> Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.  
 Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante



Instrumento 01: Diagrama de flujo de funciones cruzadas

Diagrama de flujo de funciones cruzadas



## Instrumento 02: Medición de Capacidad de Proceso de Pre-Test

Empresa:	
Proceso:	
Fecha:	
Elaborado por:	
USL =	
LSL =	
Xmed =	
Cp =	
Cpl =	
Cpu =	
Cpk =	

Donde:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$

## Instrumento 03: Diseño de Experimentos (DoE)

Nro. Experimento	Tiempo proceso productivo (min)	Tipo de Producto	Temperatura	Tiempo de descarga (min)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

## Instrumento 04: Medición de Capacidad de Proceso de Post-Test

Empresa:	
Proceso:	
Fecha:	
Elaborado por:	
USL =	
LSL =	
Xmed =	
Cp =	
Cpl =	
Cpu =	
Cpk =	

Donde:

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$



Instrumento 05: Dimensiones para Diseño de Experimentos (DoE)

Nro. Experimento	Tiempo proceso productivo (min)	Tipo de Producto	Temperatura	Tiempo de descarga (min)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



Instrumento 06: Registro de producción y mermas

REGISTRO DE PRODUCCIÓN Y MERMAS							
Autor:	Daniel Gutierrez Gutierrez		Empresa:	ExportPlast Perú SAC		Fecha inicio:	
Registro de producción y mermas ExportPlast							
Nro	Fecha	Materia prima botella PET Kg	Producción Hojuela PET en Kg	Merma normal (5% de lo producido) en Kg	Merma anormal en Kg	Merma total en Kg	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
<b>TOTAL</b>							

Fuente: Área de producción ExportPlast Perú SAC



## Anexo 11. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

**Variable Independiente:** Metodología DMAIC

Pyzdek (2003) Metodología de mejora de procesos para conseguir reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. Fletcher (2018) La metodología DMAIC está definida en las 05 etapas que lo componen: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Busca la mejora de los procesos de manera sistemática y utilizando la data cuantitativa para la mejora.

**Dimensiones de la variable:** Metodología DMAIC

**Dimensión 1:** Definir (D)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Para identificar, priorizar y seleccionar los procesos de manera adecuada, En tal sentido se buscará realizar identificación de actividades dentro del proceso. En tal sentido, para la adaptación de los resultados dentro del proceso se estima medir la producción en kilogramos de la merma producida en el proceso, dividido entre los kilogramos totales de producción multiplicado por cien.

$$\frac{\text{Producción de merma}}{\text{Producción total}} \times 100$$

**Dimensión 2:** Medir (M)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Busca identificar las características claves del proceso, el alcance de sus parámetros y sus actuaciones. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = \min\left(\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma}\right)$$

**Dimensión 3:** Analizar (A)

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) En la etapa de analizar se busca identificar las causas de los procesos determinantes a través de los estudios cuantitativos del proceso, previamente medidos. En el caso del análisis de los costos de mermas anormales, kilogramos de mermas anormales por precio en kilogramos de hojuelas PET.

$$\text{Costos de mermas anormales} = \text{Kg de mermas anormales} \times \text{Precio de Kg de Hojuelas PET}$$

**Dimensión 4: Mejorar (I)**

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Cambiar el proceso y optimizar el rendimiento. En tal sentido se hará las mediciones de capacidad de proceso que está dado por los valores de Cp que compara la variación del proceso con la variación permitida por el cliente. El Cpk lo que hace es medir la diferencia entre la media del proceso y la media nominal especificada por el cliente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} ; Cpk = mPPn \left( \frac{LES - \mu}{3\sigma} , \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right)$$

**Dimensión 5: Controlar (C)**

Sokovic, Pavletic y Kem (2010) Sostener la ganancia lograda en el proceso. Número de comités de calidad planificadas dividida entre el número de comités de calidad planificadas, dividida entre el número de comités de calidad realizadas multiplicados por cien.

$$\frac{\# \text{Procedimientos de operación estándar}}{\# \text{Procedimientos totales de la empresa}} \times 100$$



## Anexo 12. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

**Variable Dependiente:** Mermas de Producción

Bayona (2020) Son pérdidas de productos como resultado de reacciones físicas o químicas de carácter normal que sucede en el proceso de transformación de un producto. Se cuantifican como gasto. Las mermas de producción son los productos residuo del proceso, generados por diversos aspectos que son relacionados a la capacidad del proceso para cumplir con requerimientos y la eficiencia del recurso en el mismo. Existen mermas normales del proceso, también mermas anormales y mermas almacenadas.

**Dimensiones de la variable:** Mermas de producción

**Dimensión 1:** Merma normal

(Díaz, R., Velarde, G., & Lino, G., 2021) Son mermas asumidas debido a que se generan por las mismas características del proceso y que se cuantifican en el costo de producción.

$$\text{Merma normal } (n) = \text{Materia prima ingresada} \times 5\%$$

**Dimensión 2:** Merma anormal

(Díaz, R., Velarde, G., & Lino, G., 2021) Son mermas que no están planificados dentro de los costos de producción y que son asumidos a través del gasto en el periodo. Estas se originan por errores de manipulación o de tratamiento de las materias primas.

$$\text{Merma anormal } (M) = m - n$$

Donde:

M = Merma de tipo anormal

m = Mermas totales producidas

n = Mermas de tipo normal

Anexo 13.

**AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES**

Datos Generales

Nombre de la Organización:	RUC: 20602606482
Exportplast	
Nombre del Titular o Representante legal: Eddie jonathan Figueroa canales	
Nombres y Apellidos Eddie jonathan Figueroa canales	DNI: 41934940

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal “f” del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (\*), autorizo [ X], no autorizo [ ] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Trabajo de Investigación	
“Aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de las mermas de producción en la Empresa Export Plast Perú, Arequipa, 2021	
Nombre del Programa Académico: TALLER DE ELABORACIÓN DE TESIS	
Autor: Nombres y Apellidos Daniel Arturo Gutierrez Gutierrez	DNI: 41155757

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Lugar y Fecha: Arequipa 03 de noviembre del 2021



Eddie J. Figueroa Canales  
Dni. 41934940

Firma: \_\_\_\_\_

**(Titular o Representante legal de la Institución)**

(\*). Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal “ f ” Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero sí será necesario describir sus características.



**Anexo 14. RELACIÓN ENTRE PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>
PE1: ¿Es factible que la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021?	OE1: Estimar cómo es que la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.	HE1: Con la aplicación de la metodología DMAIC es factible reducir las mermas de tipo anormales registradas en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.
PE2: ¿Es factible que la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas totales del proceso de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021?	OE2: Estimar cómo es que la aplicación de la metodología DMAIC logrará reducir las mermas totales del proceso (Cp y Cpk) de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.	HE2: Con la aplicación de la metodología DMAIC es factible reducir las mermas totales del proceso (Cp y Cpk) de producción en la empresa ExportPlast Perú, Arequipa, 2021.