

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

**SIX SIGMA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA
PROCESADORA DE MACA**

PRESENTADO POR:

Bach. Kenedy Fabián Aguilar Silva

Línea de investigación de la Universidad

Ciencias empresariales y gestión de los recursos

Línea de investigación de la Escuela Profesional

Gestión empresarial

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO INDUSTRIAL

HUANCAYO – PERÚ

2018

Asesores:

Mg. José Olivera Espinoza
Asesor metodológico

Ing. Pedro Elvis Elías Porras
Asesor temático

DEDICATORIA

A mis padres y familiares,
representación de unión y
confraternidad en el transcurso de
mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por regalarme un día más de vida y a mis padres por ser el ejemplo y guía durante todos estos años de mi vida.

A mi abuelita, porque siempre me ha guiado y me ha hecho dar cuenta de mis errores de una manera sencilla y con cariño.

A los docentes, que con su dedicación y paciencia pudieron otorgarme un poco más de conocimientos en todo el transcurso de mi carrera profesional.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

**DR. TORRES LÓPEZ, CASIO AURELIO
DECANO**

JURADO

JURADO

JURADO

**MG. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE**

ÍNDICE

1. FALSA PORTADA.....	ii
2. HOJA CON EL NOMBRE DE LOS ASESORES.....	iii
3. DEDICATORIA.....	iv
4. AGRADECIMIENTO	v
5. HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO.....	vi
6. ÍNDICE.....	vii
7. RESUMEN	xi
8. ABSTRACT	xii
9. INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Justificación.....	5
1.3.1. Práctica.....	5
1.3.2. Social.....	5
1.3.3. Metodológica	5
1.4. Delimitaciones.....	6
1.4.1. Espacial	6
1.4.2. Temporal.....	6
1.4.3. Económica.....	6
1.5. Limitaciones	6
1.6. Objetivos	7
1.6.1. Objetivo general.....	7
1.6.2. Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Marco conceptual.....	11
2.3. Definición de temimos	20
2.4. Hipótesis	21

2.4.1. Hipótesis general	21
2.4.2. Hipótesis específica	21
2.5. Variables	21
2.5.1. Definición conceptual de la variable	21
2.5.2. Definición operacional de las variables.....	22
2.5.3. Operacionalización de la variable	25
CAPÍTULO III	26
METODOLOGÍA	26
3.1. Método de investigación.....	26
3.2. Tipo de investigación	26
3.3. Nivel de investigación.....	26
3.4. Diseño de la investigación.....	26
3.5. Población y muestra.....	27
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.7. Procesamiento de la información	27
3.8. Técnicas y análisis de datos	28
3.9. Desarrollo de la propuesta	28
3.9.1. Situación actual	29
3.9.2. Propuesta de mejora	47
3.9.3. Implementación de la mejora.....	53
CAPÍTULO IV	62
RESULTADOS.....	62
4.1. Análisis descriptivo.....	62
4.2. Análisis inferencial	66
CAPÍTULO V	69
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla N° 01:** Problemas dentro del área de producción
- Tabla N° 02:** Causas de la baja productividad
- Tabla N° 03:** Priorización de las causas de la baja productividad
- Tabla N° 04:** Tabla de conversión sigma
- Tabla N° 05:** Operacionalización de variables
- Tabla N° 06:** Técnicas e instrumentos de recolección de datos
- Tabla N° 07:** Cantidad de fallas en el área de producción
- Tabla N° 08:** Project Charter de la metodología Six sigma
- Tabla N° 09:** Cantidad de unidades producidas antes de la mejora
- Tabla N° 10:** Tiempos de ciclo por procesos
- Tabla N° 11:** Tiempo de ciclo del reproceso
- Tabla N° 12:** Porcentaje de tiempo no utilizado
- Tabla N° 13:** Demoras en el proceso productivo
- Tabla N° 14:** Demoras inevitables por semana
- Tabla N° 15:** Técnica de los 5 porqués
- Tabla N° 16:** Fallas del motor del molino
- Tabla N° 17:** Cálculo de la productividad antes de la mejora
- Tabla N° 18:** Descripción del tipo de defecto
- Tabla N° 19:** Cálculo de la cantidad de defectos
- Tabla N° 20:** Resumen de la simulación
- Tabla N° 21:** Tiempo de ciclo después de la mejora (nuevo)
- Tabla N° 22:** Cantidad de unidades producidas después de la mejora
- Tabla N° 23:** Porcentaje de tiempo no utilizado (nuevo)
- Tabla N° 24:** Resultados de la productividad después de la mejora
- Tabla N° 25:** Porcentaje de mejora de las unidades producidas
- Tabla N° 26:** Defectos por oportunidad de las unidades defectuosas
- Tabla N° 27:** Comparación del nivel sigma
- Tabla N° 28:** Análisis estadístico de la variable productividad
- Tabla N° 29:** Análisis estadístico - dimensión eficiencia
- Tabla N° 30:** Análisis estadístico - dimensión eficacia
- Tabla N° 31:** Análisis estadístico para la hipótesis general
- Tabla N° 32:** Análisis estadístico para la hipótesis específica 01
- Tabla N° 33:** Análisis estadístico para la hipótesis específica 02

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura N° 01:** Causas que afectan a la productividad
- Figura N° 02:** Distribución normal (niveles sigma)
- Figura N° 03:** Organigrama de la empresa
- Figura N° 04:** Proceso del gelatinizado de maca
- Figura N° 05:** DAP del proceso productivo
- Figura N° 06:** Plano de la planta
- Figura N° 07:** Diagrama de Pareto de las fallas del área de producción
- Figura N° 08:** Diagrama de Ishikawa – problema 1
- Figura N° 09:** Diagrama de Ishikawa – problema 2
- Figura N° 10:** Diagrama de Ishikawa – problema 3
- Figura N° 11:** Curva de la bañera del motor del molino
- Figura N° 12:** Simulación de la mejora
- Figura N° 13:** Resultado de la simulación del tiempo de ciclo
- Figura N° 14:** Eliminación del tiempo de reproceso
- Figura N° 15:** Resultados de la eliminación del reproceso
- Figura N° 16:** Aumento de tiempo en el proceso de pesado
- Figura N° 17:** Resultados aumentando la inspección
- Figura N° 18:** Implementación del motor trifásico de 20HP en el molino
- Figura N° 19:** Plano de la planta después de la mejora
- Figura N° 20:** DAP mejorado del proceso productivo
- Figura N° 21:** Índice de productividad antes y después de la mejora
- Figura N° 22:** Gráfico de control de la productividad
- Figura N° 23:** Gráfico del nivel sigma
- Figura N° 24:** Gráfico del resultado de la variable productividad
- Figura N° 25:** Gráfico del resultado de la eficiencia
- Figura N° 26:** Gráfico del resultado de la eficacia

RESUMEN

Esta investigación responde al siguiente problema general: ¿Cómo la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM - Huancayo?, siendo el objetivo general: Aplicar la metodología Six sigma para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM – Huancayo y la hipótesis general que se debe contrastar es: “La aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM – Huancayo”.

El método de investigación es el científico, el tipo de investigación es aplicada, el nivel es explicativo y el diseño es experimental de tipo cuasi experimental. La población está conformada por la producción de 1687 bolsas de maca durante 5 meses de la empresa APROMAC VM, la muestra es de tipo no probabilístico por juicio dirigido y está conformada por la producción de 620 bolsas de maca durante 2 meses antes y 680 bolsas de maca durante 2 meses después de la aplicación de la metodología Six sigma.

La conclusión fundamental es que, con la aplicación de la metodología Six sigma en el área de producción de la empresa APROMAC VM se incrementó la productividad de un 88.45% a un 95.59%, incrementando en un 7.14%.

Palabras clave: Six Sigma, Productividad, Empresa APROMAC VM.

ABSTRACT

This research responds to the following general problem: How does the application of the Six Sigma methodology increase the productivity in the production area of the company APROMAC VM - Huancayo?, being the general objective: To apply the Six sigma methodology to increase the productivity in the production area of the company APROMAC VM - Huancayo and the general hypothesis that must be contrasted is: "The application of the Six sigma methodology increases productivity in the production area of the company APROMAC VM - Huancayo".

The research method is the scientific, the type of research is applied, the level is explanatory and the design is experimental of quasi-experimental type. The population consists of the production of 1687 bags of maca during 5 months of the company APROMAC VM, the sample is of non-probabilistic type by directed trial and is conformed by the production of 620 bags of maca during 2 months before and 680 bags of maca for 2 months after applying the Six Sigma methodology.

The fundamental conclusion is that, with the application of the Six Sigma methodology in the production area of the company APROMAC VM, productivity increased from 88.45% to 95.59%, increasing by 7.14%.

Keywords: Six Sigma, Productivity, Company APROMAC VM.

INTRODUCCIÓN

Alrededor de los años 80 el Dr. Mikel Harry, ingeniero y estadístico, buscaba como solucionar la crisis competitiva por la que pasaba la empresa Motorola Inc. Esta empresa pasaba por una situación poco favorable que pudo repercutir en su salida del mercado, por tal motivo el Dr. Mikel Harry junto con los ingenieros de la empresa, empezaron una iniciativa de mejora basada en la identificación de los problemas, análisis de las causas y solución de los defectos mediante la ayuda de la estadística, convirtiéndose más adelante en un programa de calidad, denominado metodología Six sigma. Durante un periodo de 5 años Motorola fue enfocándose a la reducción de sus defectos, tratando de lograr 3.4 defectos por millón de oportunidades, es cierto que Motorola no llegó al nivel Six sigma, pero logro llegara a un nivel de 5.5 sigma con 150 defectos por millón de oportunidades, minimizando aproximadamente unos 35 000 defectos por millón de oportunidad que tenía antes de la aplicación de la metodología. El éxito de la empresa Motorola al usar la metodología Six sigma promovió a varias corporaciones aplicar esta metodología, obteniendo resultados favorables, entre ellas tenemos a Sony Corp., Johnson & Johnson, Kodak, Bayer, entre otras.

Por la razón mencionada, en esta investigación se aplicó la metodología Six sigma, la cual fue utilizada desde los años 80 por la empresa Motorola Inc. para identificar y eliminar problemas críticos dentro del proceso productivo, aplicando sus 5 etapas (DMAMC) y ayudándose de la estadística puede solucionar problemas que afectan a la variabilidad de los procesos y disminuir la cantidad de defectos por oportunidad de los productos terminados.

El objetivo de la investigación fue determinar en qué medida la aplicación de la metodología Six sigma mejora la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM.

Esta investigación permitió identificar los problemas más críticos del área de producción, medir el estado actual de los problemas, analizar la situación del

problema, establecer propuestas de mejora y controlar la implementación, mejorando de esta manera el uso de los recursos (eficiencia) y obteniendo mayor cantidad de productos sin defectos (eficacia), aumentando de esta manera la productividad.

La investigación se divide en cinco capítulos:

Capítulo I: Donde se realizó el planteamiento del problema, formulación del problema, justificación, delimitación, limitaciones y los objetivos de la investigación.

Capítulo II: Se buscaron los antecedentes, se realizó el marco conceptual, definición de términos, se desarrolló las hipótesis (general y específica) y se definieron las variables (dependiente e independiente).

Capítulo III: Se desarrolló el método, tipo, nivel y diseño de investigación. Se determinó la población y muestra, se menciona los instrumentos de recolección de datos, la manera del procesamiento de información y la técnica de análisis de los datos.

Capítulo IV: Se desarrolla la propuesta, se describen los resultados antes y después de la mejora, se analizan los resultados y se realiza la contrastación de las hipótesis (análisis descriptivo y análisis inferencial).

Capítulo V: Se presenta la discusión de los resultados.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el mejoramiento de los procesos y aprovechamiento de los recursos es una necesidad indispensable para las empresas, esta necesidad las ha obligado a utilizar técnicas y usar diferentes metodologías que optimicen y ayuden a mejorar la productividad en sus diferentes áreas. Por tal motivo las empresas que quieren surgir deben de prepararse para afrontar condiciones cada vez más exigentes, estableciendo mejoras y gestionando sus recursos, apoyándose en metodologías de acuerdo a la realidad y necesidad de la empresa, con el objetivo de mejorar los procesos, aumentar la productividad y mejorar el producto final, de esta manera alcanzar niveles óptimos en los resultados ya que el mercado cada día se vuelve más exigente y las empresas deben mantenerse al margen de las expectativas del mercado cambiante.

Hoy en día es común encontrar empresas que produzcan bienes o servicios sin control, teniendo reprocesos, demoras, elaborando productos defectuosos, desperdiciando los recursos y sin estandarización ya sea por la falta de capacitación del personal, mala infraestructura, mala utilización de las máquinas, etc. Este problema afecta directamente a los niveles de ventas, calidad del producto, fidelización de los clientes y especialmente a la productividad de la empresa.

Estos problemas están presentes en el área de producción de la empresa APROMAC VM, provocando un mal aprovechamiento de sus tiempos, demoras en el proceso productivo y un aumento en los productos defectuosos, teniendo como consecuencia una baja productividad.

Durante el presente año 2018 se han ocasionado problemas dentro del área de producción, con ayuda de la técnica del focus group se pudo tener un primer enfoque, identificando los problemas existentes (ver tabla N° 01).

Como se puede apreciar en la tabla N° 01, con ayuda de los trabajadores se pudo identificar 7 problemas dentro del área de producción.

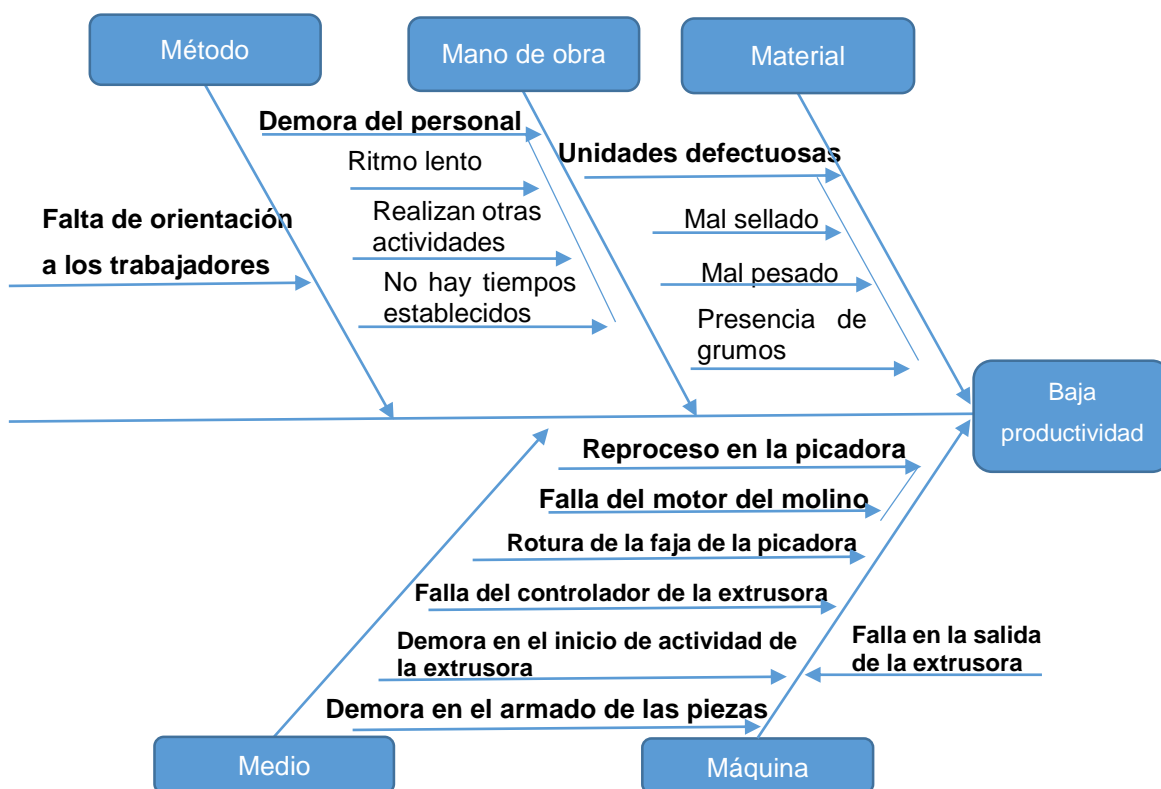
Tabla N° 01: Problemas dentro del área de producción

Problemas identificados en el área de producción	
1	Fallas repetitivas en las máquinas
2	Falta de orientación a los trabajadores nuevos
3	Demora en el armado de las piezas de las maquinas
4	Falta de mantenimiento de las maquinas
5	Falla de controladores de las maquinas
6	Reprocesos
7	Unidades defectuosas

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con la identificación de las causas de los problemas del área de producción, se realizó un diagrama de Ishikawa juntamente con el método de las 5 M, para evaluar los 5 pilares (métodos, mano de obra, material, medio ambiente y maquina) del área de producción (ver figura N° 01).

Figura N° 01: Causas que afectan a la productividad



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura N° 01, se identificaron las posibles causas de la baja productividad, las cuales son (ver tabla N°02):

Tabla N° 02: Causas de la baja productividad

Causas	Descripción
C1	Falta de orientación a los trabajadores
C2	Demora del personal (ritmo lento, realizan otras actividades, no existen tiempos establecidos)
C3	Unidades producidas defectuosas
C4	Reproceso en la picadora
C5	Falla del motor del molino
C6	Rotura de la faja de la picadora
C7	Falla del controlador de la extrusora
C8	Demora en el inicio de actividad de la extrusora
C9	Falla en la salida de la extrusora
C10	Demora en el armado de piezas

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 03: Priorización de las causas de la baja productividad

ITEM	Causas de la baja productividad	Método	Mano de obra	Material	Medio	Máquina	Impacto	Criticidad	% de criticidad	Prioridad
C1	Falta de orientación a los trabajadores	0	1	0	0	1	2	Bajo	9.09%	4
C2	Demora del personal (ritmo lento, realizan otras actividades, no existen tiempos establecidos)	1	1	1	1	1	5	Alto	22.73%	1
C3	Unidades producidas defectuosas	1	1	1	0	1	4	Medio	18.18%	2
C4	Reproceso en la picadora	1	1	1	0	1	4	Medio	18.18%	3
C5	Falla del motor del molino	0	1	0	0	1	2	Bajo	9.09%	5
C6	Rotura de la faja de la picadora	0	0	0	0	1	1	Bajo	4.55%	6
C7	Falla del controlador de la extrusora	0	0	0	0	1	1	Bajo	4.55%	7
C8	Demora en el inicio de actividad de la extrusora	0	0	0	0	1	1	Bajo	4.55%	8
C9	Falla en la salida de la extrusora	0	0	0	0	1	1	Bajo	4.55%	9
C10	Demora en el armado de piezas	0	0	0	0	1	1	Bajo	4.55%	10
Total		3	5	3	1	10	22		100%	
Criticidad		Impacto								
Bajo		1 al 2								
Medio		3 al 4								
Alto		5								

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 03 se observa la priorización de las causas de la baja productividad según la criticidad de cada una. Este resultado nos brinda una información general, ubicando de una manera amplia los problemas de mayor criterio.

Todos los problemas identificados anteriormente fueron el motivo para la aplicación de la metodología Six sigma en el área de producción de la empresa APROMAC VM.

La metodología Six sigma es aplicada hasta hoy en día para ofrecer una mejora en el producto y también en el servicio ofrecido al cliente, de una manera rápida y sencilla, teniendo como resultado dentro de las empresas una reducción en las fallas, menor costos de no calidad y control de procesos. El Six sigma ayuda a medir y establecer alcances y metas, reduciendo defectos y mejorando el producto final. (Jay, 2003, citado en Romero, 2012, pág. 6).

Esta metodología ayudara a solucionar los problemas dentro del proceso productivo, disminuyendo la variabilidad de los productos y aumentando la productividad en el área de producción.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM - Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción?
- b) ¿De qué manera la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

Esta investigación permitirá a la empresa solucionar los problemas que viene afrontando y afectan a la productividad, tomando como referencia la aplicación de la metodología Six sigma, lo cual permitirá solucionar los problemas y defectos del área de producción y obtener procesos más eficientes y eficaces.

1.3.2. Social

La presente investigación, socialmente permite aportar técnicas de mejora a las empresas que se dedican a la producción de bienes para solucionar problemas dentro del proceso productivo y generar ganancias con una adecuada gestión de los recursos.

1.3.3. Metodológica

En esta investigación, mediante la aplicación de la metodología Six sigma busca encontrar explicaciones a los defectos, demoras, reprocesos que conllevan a una baja productividad del área de producción, por lo tanto, esta investigación pretende mejorar los procesos del área de producción, encontrando la raíz del

problema y de esa manera mejorar la productividad de dicha área. Se elaboraron instrumentos de medición para conocer el estado actual de la empresa, identificar y medir los defectos y fallas dentro del área de producción, teniendo como finalidad la mejora de la eficiencia y eficacia en el proceso productivo, eliminando los reprocesos, demoras, fallas, etc.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló en el área de producción de la empresa APROMAC VM ubicado en el distrito de Chilca provincia de Huancayo.

1.4.2. Temporal

La investigación tuvo un periodo de 6 meses, desde el mes de abril hasta fines de setiembre del 2018. Se investigó la situación actual del área de producción de la empresa y el cambio que se provocó al momento de aplicar la metodología Six sigma.

1.4.3. Económica

Se realizó un uso económico conveniente para la implementación de la metodología Six sigma, el financiamiento de la investigación fue por el tesista en el aspecto de los materiales básicos para la investigación y por el gerente en la compra de alguna herramienta o máquina para la empresa.

1.5. Limitaciones

Principalmente la limitación que se tuvo fue la importancia y la colaboración del personal que labora en la empresa, ya que fue de vital importancia porque cuentan con la experiencia del trabajo y ha sido testigo de las diferentes ocurrencias y problemas que ha podido observar en todo el tiempo que laboraron en dicha empresa.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Aplicar la metodología Six sigma para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM - Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar en qué medida la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción.
- b) Indicar de qué manera la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Moreno Barrantes, Milagros. Aplicación de la metodología Six sigma para incrementar la productividad en el área de pulido en la empresa manufacturas andina metales S.A.C., ATE Vitarte, 2017. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Cesar Vallejo del Perú.

La investigación tiene como base aplicar la metodología Six sigma para aumentar la productividad en el área de pulido de la empresa. De acuerdo al nivel del estudio es explicativo y su diseño es experimental. Se centró en el área de pulido de la empresa manufacturas andina metales S.A.C. en el distrito de ATE, teniendo como objetivo determinar el incremento de la productividad, la eficiencia y eficacia en dicha área. Concluyó que existe influencia en el aumento de la productividad tras la aplicación de la metodología Six sigma, pasando del 46% a un 93%, aumentando en un 47% de productividad.

Orozco Cardozo, Eduard. Plan de mejora para aumentar la productividad en el área de producción de la empresa confecciones deportivas todo sport Chiclayo – 2015. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Señor de Sipán del Perú.

Se realizó una propuesta basándose en estudios de tiempos y 5S relacionándose con los objetivos de la empresa, teniendo como finalidad aumentar la productividad en el área de producción de la empresa. El diseño de la investigación fue de tipo no experimental, por consiguiente, no se manipularon variables deliberadamente, describiendo así la realidad de la empresa tal y conforme se presentaron. Se tuvo como objetivo elaborar un plan de mejora para

aumentar la productividad, determinando los factores que afectan al proceso productivo y proponiendo estrategias de mejora. Se concluyó que aplicando el plan de mejora y utilizando las herramientas VSM y 5s la productividad se incrementaría en un 15%.

Neyra de la Cruz Paul. Aplicación de la metodología Six sigma para el mejoramiento de la productividad en el proceso de pintado automotriz en el área de producción de la empresa factoría Alpaer S.A.C., CARABAYLLO 2016. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Cesar Vallejo del Perú.

La investigación tuvo como finalidad mostrar la mejora de la productividad con la aplicación de la metodología Six sigma. El tipo de estudio que se realizó fue aplicado, con un nivel de investigación cuasi – experimental, se utilizó fichas de observación para registrar datos de tiempos, eficiencia, eficacia y productividad. Su objetivo fue determinar como la metodología Six Sigma puede mejorar la productividad en el proceso de pintado, determinando así la eficiencia y la eficacia del área. Finalmente concluye que existe un aumento de la productividad en el área de pintado en un 80.2%, en la eficiencia en un 17.25% y en la eficacia en un 46.08% de mejora.

Alata Riveros, Elvis. Aplicación de Six sigma para mejorar la productividad del área de Urdido en la empresa La Moda, Lima 2016. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial. Universidad César Vallejo del Perú.

La investigación se realizó con el objetivo de demostrar que existe una mejora tras la aplicación de la metodología Six sigma, reflejada en la productividad dentro del área de Urdido en la empresa textiles “La Moda”. El diseño de la investigación fue experimental realizando una - pre prueba y una post prueba, teniendo como muestra 5 semanas de operación, fue de tipo aplicativo con un nivel explicativo con la finalidad de explicar el incremento de la productividad aplicando la metodología Six sigma. Finalmente se concluyó que existe una mejora después de la aplicación de la variable independiente: Six Sigma sobre la variable dependiente: Productividad, del área de Urdido en la empresa textiles

“La Moda” S.A.C. dado que se obtuvo un incremento de 4.82% en la productividad.

2.1.2. Internacionales

Cáceres Suarez, Danny Leonardo. Modelo operacional basado en metodología Six sigma para mejorar procesos de servicios logísticos, año 2015. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Universidad de San Buenaventura Santiago de Cali Colombia.

La investigación tuvo como finalidad identificar y dar solución a la problemática del área de logística (almacén) utilizando herramientas de la metodología Six sigma con el objetivo de diseñar un modelo de mejora, estableciendo un control logístico documentario y eliminando problemas que afectan al desarrollo de la capacidad instalada. Fue una investigación cuantitativa de tipo descriptivo – exploratorio. Se concluyó que la metodología Six sigma sirvió para eliminar los problemas dentro del área de logística, logrando llegar al nivel requerido de calidad.

Parrales Rizzo, Verni y Tamayo Vargas, Juan Carlos. Diseño de un modelo de gestión estratégica para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una empresa procesadora de alimentos balanceados. Tesis para la obtención del título de Magister en gestión de la productividad y la calidad, año 2012. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador.

Investigaron los factores o variables que afectan a la productividad y calidad de la empresa teniendo como objetivo aumentar la productividad y calidad de sus operaciones mediante el DMAMC utilizando modelos estadísticos. Se concluyó que mediante la implementación del modelo propuesto se integraron diferentes mecanismos de control, mejorando la eficiencia de un 46% a un 48%, por otro lado, también se mejoró la calidad de los productos en la organización.

Molano Zapata, Andrés & Materón Acevedo, Carlos. Reducción de tiempos de ciclo para el aumento de la productividad en el proceso de elaboración de concentrado para gallinas ponedoras, año 2018. Tesis para optar el título de

Ingeniero Industrial. Universidad de San Buenaventura Santiago de Cali Colombia.

La investigación se basó en la reducción de tiempos de ciclo y aumento de la productividad, en la producción de alimentos balanceados para gallinas. Tuvo como objetivo cumplir con la demanda del mercado, mejorando la capacidad instalada de producción y el posicionamiento en el mercado. La investigación fue de tipo experimental, determinando el impacto de la implementación de la metodología Six sigma en el proceso productivo. Se concluyó que la metodología Six sigma mejoró el proceso de la planta, en la reducción del 5% del tiempo de ciclo, logrando un acercamiento a la meta de la empresa.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Six sigma

2.2.1.1. Definición

2.2.1.1.1. Como metodología

(James & William, 2008, pág. 501) definen al Six sigma como una estrategia de mejora para alcanzar niveles de desempeño óptimos, identificando, analizando y eliminando aspectos críticos dentro de los procesos, reduciendo los niveles de defectos a un mínimo de partes por millón.

(Muñoz Castro, 2016, pág. 17) define al Six sigma como una metodología de mejora continua, basada en la reducción de la variabilidad, eliminación de defectos y fallas, utilizando métodos estadísticos que emplean herramientas de calidad y análisis matemático para finalmente entregar productos o servicios sin defectos al cliente.

(Eckes, 2004, pág. 16) define al Six sigma como una filosofía en eficiencia y eficacia con el grado de cumplir y superar las necesidades y requisitos del cliente, administrando correctamente los tiempos, costos y la mano de obra que se utiliza.

La definición del Six sigma como metodología, que se adoptó para el transcurso de la investigación es de James R. & William M.

2.2.1.1.2. Como métrica

(Prieto, 2008, pág. 11) define al Six sigma como una medida de cantidades de defectos por productos. Mientras el nivel sigma de un proceso, producto, servicio, sea mayor, su calidad será mejor. Calidad en Six sigma significa tener 3.4 defectos por millón de oportunidades.

(Huerga, Abad & Blanco, 2012, pág. 114) definen al Six sigma como una desviación típica de un conjunto de datos, es la dispersión de los resultados obtenidos. Representa la variación de los resultados obtenidos de un proceso con respecto a las especificaciones establecidas por la empresa.

(Kwak & Anbari, 2006, citado en Cáceres, 2015, pág. 15) nos dice que la metodología Six sigma está enfocada en controlar la variación de procesos, teniendo como objetivo conseguir un nivel sigma de 6 con 3.4 defectos por millón de oportunidades, esto significa que, si se consigue un nivel Sigma alto, menor serán los defectos encontrados.

La definición del Six sigma como métrica, que se adoptará para el transcurso de la investigación es de Prieto.

2.2.1.2. Importancia de la metodología Six sigma

Esta metodología ayuda a reducir los defectos en empresas de producción y servicios, enfocándose a la minimización de la variación de los parámetros de la empresa. Utiliza herramientas para la identificación, análisis y mejora de los defectos, buscando obtener un mínimo de defectos por millón de oportunidades. La metodología Six sigma demuestra ser una herramienta eficaz para tratar diferentes tipos de problemas, mejorando la productividad y calidad en una amplia gama de procesos productivos, teniendo como resultado un impacto favorablemente económico. (Harry & Schroeder, 2000 citado en Chávez, 2016, pág. 12).

2.2.1.3. Etapas de la metodología Six Sigma

(Huerga, Abad & Blanco, 2012, pág. 116) afirma que la metodología Six sigma se desenvuelve en las siguientes etapas:

Definir:

En esta etapa se realiza un análisis exploratorio del área donde se aplicará la mejora, se identificará el área y los procesos desarrollados, utilizando herramientas como:

- Plano de planta
- Ficha de fallas y defectos
- Diagrama de Pareto
- Project Charter

Se identificarán y describirán los elementos, procesos y distribución que intervienen en el área de producción.

Medir:

En esta etapa se medirá el estado actual de los procesos, se adoptarán procedimientos para recopilar datos y reunir hallazgos, se estudiará los problemas críticos, identificando parámetros que afectan al desarrollo del proceso productivo. Esta etapa permite definir un método de medida para los procesos críticos de la empresa.

Nos ayudaremos de las siguientes preguntas para una mejor recopilación de datos:

- ¿Qué problemas tratamos de resolver?
- ¿Qué clases de datos necesitamos?
- ¿Dónde encontramos los datos?
- ¿Cómo recopilar los datos con un mínimo de error?

En esta etapa se utilizarán:

- Ficha de unidades producidas
- Ficha de toma de tiempos

Analizar:

La etapa de análisis se concentra en el ¿por qué? suceden defectos, reprocesos, demoras, variaciones, etc. Para un análisis efectivo del problema se deben tomar las variables claves con mayor probabilidad de ocasionar defectos o errores. (NCR Corporation, citado en James & William, 2008, pág. 511) nos dice que, si ubicamos el problema crítico dentro del proceso productivo y lo solucionamos, podremos favorecer el proceso y sus sub procesos, realizando una cadena de mejora.

Para un buen análisis se utilizarán herramientas pertinentes como:

- Calculo del nivel Sigma
- Diagrama de Ishikawa
- Diagrama de los 5 porqués
- Curva de la bañera

Mejorar:

En esta etapa se trata de adoptar cambios para mejorar y optimizar los procesos, actuando contra las causas de los problemas de modo que el proceso alcance los resultados esperados. Para esta etapa de la metodología se utilizará el software ProModel, esto nos ayudará a tener una perspectiva de cómo quedará el proceso mejorado, eliminando los problemas críticos y nos dará una mayor perspectiva al momento de implementar la mejora.

Controlar:

En esta etapa se evaluará y realizará el seguimiento de las acciones de mejora, con ayuda de indicadores podremos visualizar el desarrollo del proyecto, observar los puntos problemáticos del área de producción y su evolución tras la aplicación de la metodología. Los indicadores nos ayudarán a comprender nuestros procesos y mediante ello podremos saber si estamos logrando los resultados esperados, se tomará el siguiente indicador:

- Indicador de productividad

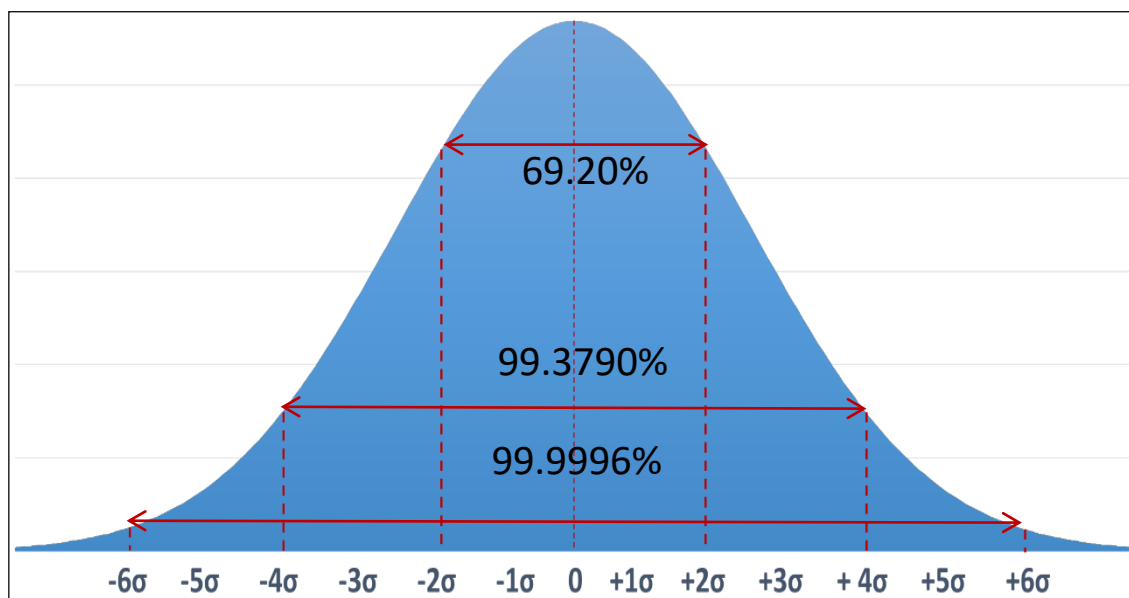
Resumiendo las etapas del Six sigma, en primer lugar, definiremos el proceso a evaluar, identificando parámetros que afectan al desarrollo normal del proceso productivo, segundo, se medirá el estado actual de los problemas identificados, tercero, estudiaremos la raíz y la causa del problema, cuarto, se actuara contra las causas del problema diseñando y proponiendo medidas de mejora y por último se contralarán los resultados obtenidos haciendo un seguimiento de las mejoras con ayuda de indicadores propuestos.

2.2.1.4. Cálculo del nivel sigma estadísticamente

Realizar el cálculo del nivel sigma nos ayudará a ver cuán bien o mal opera el área de producción de la empresa, indicará cuantos defectos por cada millón de oportunidad tiene el área y por ultimo nos dará el número de sigmas del 1σ al 6σ al que pertenece el proceso (Huerga, Abad & Blanco, 2012, pág. 119).

En la figura N° 02 se muestra una distribución normal (campana de gauss) donde se ubican todos los niveles sigma y el porcentaje de rendimiento que tienen.

Figura N° 02: Distribución normal (niveles sigma)



Fuente: Elaboración propia en base a Project Quality Management

Para el cálculo del nivel sigma, necesitamos dos fórmulas:

- DPO: Defectos por oportunidad
- YIELD %: Rendimiento
- Cantidad de DPO (defectos por oportunidad): (Salazar, 2016) nos dice que para hallar el DPO se debe de identificar la cantidad de defectos reales que se pueden observar en un producto (oportunidad de defectos por unidad).

$$\text{Formula: } DPO = \frac{D}{U \times O}$$

Donde:

D= Cantidad de defectos observados en la muestra

U= Cantidad de unidades en la muestra

O= Oportunidad de defectos por unidad

- Yield %: (Salazar, 2016) dice que, para hallar el rendimiento o desempeño del proceso se necesita el resultado del DPO (defectos por oportunidad) y aplicar la siguiente formula:

$$\text{Formula: } \text{Yield}\% = (1 - DPO) \times 100$$

Por ultimo obteniendo el Yield% lo cual es el desempeño del proceso, debemos ubicar el resultado Yield% en la tabla de conversión sigma (ver tabla N° 04), en el cual podremos ubicar la cantidad de defectos por millón de oportunidades.

Tabla N° 04: Tabla de conversión sigma

Rendimiento o Yield%	Nivel Sigma	Defectos por 1,000,000	Defectos por 100,000	Defectos por 10,000	Defectos por 1,000	Defectos por 100
99.9996%	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.9995%	5.9	5	0.5	0.05	0.005	0.0005
99.9992%	5.8	8	0.8	0.08	0.008	0.0008
99.9990%	5.7	10	1	0.1	0.01	0.001
99.9980%	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.9970%	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.9960%	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.9930%	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.9900%	5.2	100	10	1	0.1	0.01
99.9850%	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.9770%	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.9670%	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.9520%	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.9302%	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.9040%	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.8650%	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.8140%	4.4	1,860	186	18.6	1.86	0.186
99.7450%	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.6540%	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.5340%	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.3790%	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.1810%	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.930%	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.610%	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.220%	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.730%	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.130%	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.410%	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.540%	3.2	44,600	4,460	446	44.6	4.46
94.520%	3.1	54,600	5,460	546	54.6	5.46
93.320%	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.920%	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.320%	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.50%	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.50%	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.20%	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.60%	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.80%	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.60%	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.60%	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.20%	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.60%	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.80%	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58.00%	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54.00%	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50.00%	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46%	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43%	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39%	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35%	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31%	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28%	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25%	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22%	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19%	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16%	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14%	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12%	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10%	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8%	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

Fuente: (Salazar López, 2016)

2.2.1.5. Beneficios de la metodología Six sigma

Según (Molano & Materón, 2018, pág. 30) al aplicar correctamente la metodología Six sigma en áreas o procesos claves, estos mejorarán y obtendrán un resultado positivo como:

- Mejora la satisfacción del cliente: Logra la producción de bienes o servicios con un mínimo de defectos acorde a las necesidades del cliente.
- Reduce el tiempo de ciclo: Minimiza la cantidad de tiempo total invertido en el procesamiento de un bien o servicio.
- Reduce los defectos: Identifica y elimina los problemas críticos que afectan la productividad de la empresa ya sean administrativos, productivos, gerenciales, etc., con ayuda de herramientas de calidad y análisis estadístico de los procesos.
- Mejora el flujo de procesos: Elimina los procesos que no otorgan valor agregado o son muy repetitivos.

2.2.2. Productividad

2.2.2.1. Definición

(Gutiérrez, 2010, pág. 21) define a la productividad como el resultado final de un proceso o de un sistema, es la cantidad final de bienes producidos utilizando recursos como la mano de obra, horas máquina, materia prima, horas hombre, etc.

(Molano & Materón, 2018, pág. 15) definen a la productividad como un indicador del uso de los recursos, que refleja el estado de un proceso de producción de bienes o servicios.

(Curillo, 2014, pág. 9) define a la productividad como una razón matemática que divide el valor de todos los productos o servicios obtenidos y el valor de todos los recursos empleados para su obtención en un tiempo determinado.

(Parrales & Tamayo, 2012) definen a la productividad como la relación entre los productos terminados (resultados) y el tiempo empleado para obtenerlos, a menor tiempo en obtener los productos, más productivo es el proceso o sistema.

Es el indicador de eficiencia y eficacia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de productos obtenidos.

El concepto de productividad que se utilizará para la investigación es de (Molano & Materón, 2018).

2.2.2.2. Importancia de la productividad

La productividad es una herramienta que nos ayuda a comparar y verificar la producción en distintos niveles. Un método para que una empresa pueda progresar e incrementar su rentabilidad o sus ganancias, es mejorar la productividad sin dejar de lado que la productividad va ligada de dos aspectos importantes, la utilización de métodos y la cantidad de recursos utilizados para la generación de un bien o servicio. (Bain, 2003, citado en Moreno Barrantes, 2017, pág. 26)

(Neyra, 2016, pág. 29) afirma que una empresa sin productividad simplemente no podrá mantenerse en el mercado, aumentar la productividad tiene una importancia clave para mejorar el nivel de vida de la sociedad porque repercute en el incremento de la rentabilidad del capital invertido, que incentiva a más inversión, más empleo y crecimiento económico.

(Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 21) dice que al incrementar la productividad logramos mayor producción, considerando los recursos empleados. Los resultados se pueden medir en unidades producidas, unidades vendidas o en ganancias.

(Parrales & Tamayo, 2012, pág. 3) dice que la productividad ayuda a evaluar la capacidad de un proceso o sistema para producir un bien o servicio y a la vez evalúa el grado en que aprovecha los recursos utilizados.

2.2.2.3. Factores de la productividad

Eficiencia: (Curillo, 2014, pág. 19) dice que la eficiencia es el aprovechamiento óptimo de los recursos. Un trabajo es eficiente cuando se utiliza los materiales con un mínimo de desperdicios, emplear un mínimo de tiempo para producir un bien sin el deterioro de la calidad, utilizando servicios necesarios y maquinas sin deteriorarlas más de lo necesario.

Eficacia: (Gutiérrez, 2003, citado en Moreno Barrantes, 2017, pág. 27) dice que la eficacia es la cantidad de unidades conformes producidas (sin defectos) sobre las unidades producidas. La eficacia mide la capacidad del trabajo que se debe llevar a cabo dentro de una empresa.

2.3. Definición de temimos

Nivel sigma: Es el objetivo del Six sigma, enfocándose en no tener más de 3.4 defectos por millón de oportunidad, está en la relación directa con la cantidad de oportunidades de defectos que puede tener un producto o servicio. (Huerga, Abad & Blanco, 2012).

Tiempo de ciclo: (Molano & Materón, 2018, pág. 16) afirman que el tiempo de ciclo es el tiempo transcurrido que se toma en fabricar o procesar un producto, desde la primera actividad hasta la última requerida para obtener un bien o servicio.

Índice de productividad: Según (Curillo Curillo, 2014, pág. 9) es el valor numérico entre la división de los productos obtenidos y los recursos utilizados.

Mantenimiento: Según (Prieto Matzuki, 2008, pág. 32) el mantenimiento es un servicio que ejecuta un conjunto de actividades que permiten alcanzar un grado de confiabilidad en las maquinas o equipos, permitiendo trabajar con seguridad, calidad y rentabilidad.

Tiempo útil: (Parrales Rizzo & Tamayo Vargas, 2012, pág. 16) afirma que es el tiempo empleado para producir un bien o servicio, descartando los tiempos que demoran el proceso de producción del mismo.

Calidad: (Crosby, 2009) define a la calidad como la conformidad con los productos de la empresa teniendo en cuenta los requerimientos establecidos para evitar mal entendidos, midiendo continuamente el trabajo para evaluar la conformidad y los requerimientos.

Reprocesos: (ISO 9000, 2005) define al reproceso como una acción, tomando un producto que no cumple con las especificaciones de la empresa y tratándolo nuevamente para que cumpla con parámetros definidos.

Optimizar: (Guerra, 2015) lo define como una forma de mejorar un trabajo realizado, buscando un mejor resultado y un mejor desempeño.

Variabilidad: (Medina, 2010) define a la variabilidad como cambios que afectan al bien o servicio que se produce.

Eficiencia: (Aedo, 2005) define a la eficiencia como el cumplimiento de los objetivos, dando un uso adecuado, racional u óptimo a los recursos.

Eficacia: (Gutiérrez, 2005) define a la eficacia como los resultados alcanzados que cumplen los objetivos o requisitos de calidad.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM - Huancayo.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El uso de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción.
- b) El empleo de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

2.5.1.1. Variable independiente (X):

Metodología Six sigma

(James & William, 2008, pág. 501) definen al Six sigma como una estrategia de mejora para alcanzar niveles de desempeño óptimos, identificando, analizando y eliminando aspectos críticos dentro de los procesos, reduciendo los niveles de defectos a un mínimo de partes por millón.

2.5.1.2. Variable dependiente (Y):

Productividad

La productividad es una medida relativa que mide la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en una unidad de tiempo. La productividad de trabajo mide la cantidad de bienes que un trabajador es capaz de producir en un determinado tiempo o periodo (Sabino, 1991, pág. 240).

2.5.2. Definición operacional de las variables

2.5.2.1. Variable independiente (X):

Metodología Six sigma

(Prieto, 2008, pág. 11) define al Six sigma como una medida de cantidades de defectos por productos. Mientras el nivel sigma de un proceso, producto, servicio, sea mayor, su calidad será mejor.

2.5.2.1.1. Dimensiones

Definir

Se contabilizará la cantidad de fallas encontradas en el área de producción y se utilizará la siguiente fórmula para medir la cantidad del porcentaje que influye cada falla en el proceso productivo.

$$\frac{\text{Frecuencia de fallas}}{\sum \text{total de frecuencias de fallas}} \times 100\%$$

Medir

Se medirá el porcentaje de tiempo que el empleado no utiliza con la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{TR - TU}{TR} \right) \times 100\%$$

TU: Tiempo utilizado
TR: Tiempo real

Analizar

Se hallará el porcentaje de productividad con la siguiente formula:

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

Fuente: (Parrales & Tamayo, 2012)

Se hallará el nivel sigma del proceso productivo con la siguiente formula:

$$\text{Nivel Sigma} = (1 - \text{DPO}) \times 100\%$$

Fuente: (Salazar, 2016)

Mejorar

Se hallará el porcentaje de mejora de la cantidad de unidades producidas con la siguiente formula:

$$\left(\frac{\text{UPDM} - \text{UPAM}}{\text{UPAM}} \right) \times 100\%$$

UPDM: Unidades producidas mejoradas después de la mejora
UPAM: Unidades producidas antes de la mejora

Controlar

Con el fin de contrastar la cantidad de variación de la productividad después de la mejora, se hallará el nuevo porcentaje de productividad:

$$\text{Productividad} = \text{eficiencia} \times \text{eficacia}$$

Fuente: (Parrales & Tamayo, 2012)

2.5.2.2. Variable dependiente (Y):

Productividad

Indicador obtenido del producto de eficiencia y eficacia. (Neyra, 2016, pág. 52).

La productividad se halla mediante el índice de productividad, representada por la siguiente formula:

$$\text{Productividad\%} = (\text{Eficiencia\%} \times \text{Eficacia\%})$$

Fuente: (Neyra, 2016, pág. 52)

2.5.2.2.1. Dimensiones

Eficiencia

Se hallará la eficiencia del proceso productivo con la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia\%} = \frac{\text{Tiempo utilizado}}{\text{Tiempo real}} \times 100\%$$

Fuente: (Parrales & Vargas, 2012)

Eficacia:

Se hallará la eficacia con la siguiente fórmula:

$$\text{Eficacia\%} = \frac{\text{Unidades conformes}}{\text{Unidades producidas}} \times 100\%$$

Fuente: (Parrales & Vargas, 2012)

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla N° 05: Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	FORMULA	MEDIDA
VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGÍA SIX SIGMA	(James & William, 2008) definen al Six sigma como una estrategia de mejora para alcanzar niveles de desempeño óptimos, identificando, analizando y eliminando aspectos críticos dentro de los procesos, reduciendo los niveles de defectos a un mínimo de partes por millón.	(Prieto, 2008) define al Six sigma como una medida de cantidades de defectos por productos. Mientras el nivel sigma de un proceso, producto, servicio, sea mayor, su calidad será mejor.	DEFINIR	% de frecuencia de fallas	$\frac{\text{Frecuencia de fallas}}{\sum \text{total de frecuencias de fallas}}$	%
				MEDIR	% de tiempo no utilizado	$\left(\frac{TR - TU}{TR}\right) \times 100\%$ TU = Tiempo utilizado TR = Tiempo real	%
				ANALIZAR	% de productividad	Eficiencia x Eficacia (Parrales Rizzo & Tamayo Vargas, 2012)	%
					Nivel Sigma	Nivel Sigma = $(1 - DPO) \times 100\%$ DPO = Defectos Por Oportunidad (Salazar López, 2016)	%
				MEJORAR	% de mejora	$\left(\frac{UPDM - UPAM}{UPAM}\right) \times 100\%$ UPDM= Unidades Producidas Después de la Mejora UPAM= Unidades Producidas Antes de la Mejora	%
				CONTROLAR	% de productividad	Eficiencia x Eficacia (Parrales Rizzo & Tamayo Vargas, 2012)	%
VARIABLE DEPENDIENTE	PRODUCTIVIDAD	(Molano & Materón, 2018) definen a la productividad como un indicador del uso de los recursos, que refleja el estado de un proceso de producción de bienes o servicios.	Indicador obtenido del producto de eficiencia y eficacia. (Neyra, 2016)	EFICIENCIA	% de eficiencia	$\frac{\text{Tiempo utilizado}}{\text{Tiempo real}} \times 100\%$ (Parrales Rizzo & Tamayo Vargas, 2012, pág. 16)	%
				EFICACIA	% de eficacia	$\frac{\text{Unidades conformes}}{\text{Unidades producidas}} \times 100\%$ (Parrales Rizzo & Tamayo Vargas, 2012, pág. 16)	%

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En la presente investigación se utilizó el método científico, ya que dicho método abarca un conjunto de etapas y reglas que se deben de seguir para obtener una investigación con resultados aceptables y válidos para la comunidad científica.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada porque está dirigida a la comprensión y solución de los problemas y defectos que afectan a la baja productividad dentro del área de producción de la empresa. Tuvo como objetivo aplicar la metodología Six sigma en el área de producción y analizar en qué medida incrementa la productividad.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue explicativo porque se respondieron las causas y fenómenos que afectan a la productividad del área de producción y se explicó cómo se incrementó la productividad a través de la aplicación de la metodología Six sigma en el proceso productivo de la empresa APROMAC VM.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue experimental de tipo cuasi experimental porque se trabajó con un muestreo predeterminado donde no hubo un grupo de control y solamente se trabajó con un grupo experimental, donde se aplicó una pre prueba al grupo experimental, después se le administro el tratamiento y finalmente se le aplicó una post prueba posterior al tratamiento.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

En la presente investigación, la población es finita y está conformada por la producción de bolsas de maca durante 5 meses de la empresa APROMAC VM.

3.5.2. Muestra

Se utilizó el muestreo no probabilístico por juicio, donde se seleccionó 2 meses antes y 2 meses después de la aplicación de la metodología Six sigma como muestreo.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la técnica de la observación estructurada y fichas de recolección de datos dentro del área de producción, en base al tiempo de ciclo, cantidad de producción, fallas y defectos.

Para la recolección de datos se utilizó fichas de registro validados por expertos que fueron elaborados con una relación directa con la operacionalización de las variables para medir los diferentes valores y cantidades respectivas de cada variable.

Tabla N° 06: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
- Observación estructurada	- Ficha de toma de tiempos.
- Recolección de información / datos	- Ficha de cantidad de defectos.
	- Ficha de unidades producidas

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Procesamiento de la información

En la presente investigación los datos recolectados se trabajaron mediante el programa Excel 2016 y ProModel versión 7, obteniendo así cuadros estadísticos, gráficos, simulaciones, etc., para un mejor entendimiento.

3.8. Técnicas y análisis de datos

3.8.1. Análisis descriptivo

Se utilizará la estadística descriptiva, para analizar los datos obtenidos en porcentajes, diagramas, cuadros, etc. de cómo la aplicación de la metodología Six sigma mejora el proceso productivo y aumenta la productividad. Los resultados se expresarán en datos de una situación antes y una situación después de la mejora del área de producción.

3.8.2. Análisis inferencial (prueba de hipótesis)

Utilizando la estadística inferencial se analizará la hipótesis general y las específicas que se plantearon en la investigación. Con la aplicación de fórmulas de la estadística se trabajarán los datos recolectados, antes y después de la mejora, para luego ponerlo a prueba y decidir el rechazo o no de la hipótesis nula.

3.9. Desarrollo de la propuesta

Para diagnosticar la situación actual de la empresa, se ejecutó las tres primeras etapas de la metodología Six sigma, empezando con la etapa de “Definir” donde se ilustró el proceso productivo, se identificó los problemas más críticos del área de producción y se propuso los alcances y logros de la metodología, en la segunda etapa “Medir” se recopiló datos de tiempos de los problemas críticos identificados y en la etapa “Analizar” se procesó la información recopilada, hallando la productividad y nivel Sigma del proceso productivo actual.

Restricciones:

- **Tiempo de ejecución:** Se cumplirá las etapas de la metodología Six sigma según el cronograma de actividades establecido (ver anexo N° 02).
- **Presupuesto:** Se trabajará con el presupuesto establecido para el desarrollo del proyecto (ver anexo N° 03).
- **Recursos humanos:** El responsable de la ejecución de la investigación será el tesista con ayuda del gerente de la empresa.

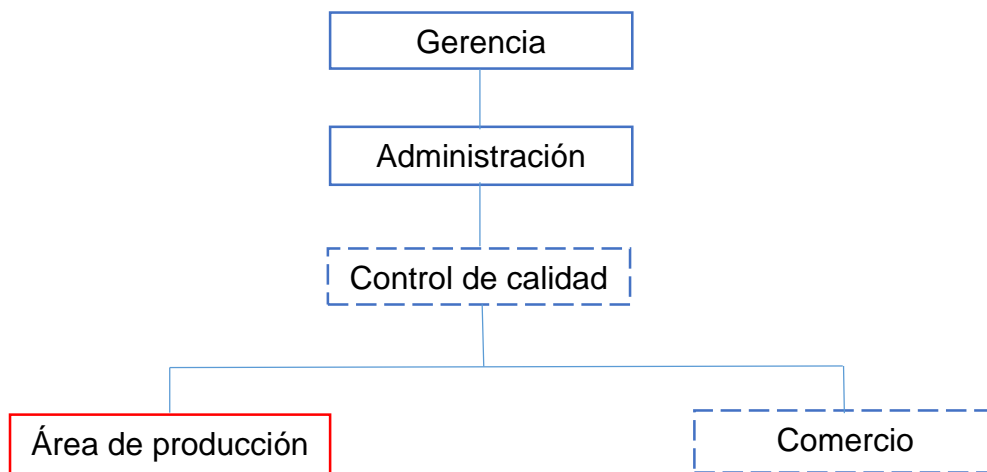
3.9.1. Situación actual

Etapa: Definir

En esta etapa se seleccionó el área donde se aplicó la metodología Six sigma, teniendo en cuenta la relación directa con la variable productividad. Utilizando una serie de herramientas para la ejecución de esta etapa se ilustró la situación actual del proceso productivo, se identificó los problemas con mayor índice de repetitividad y finalmente se hizo un Project Charter para el desarrollo de la mejora.

Selección del área: Se decidió aplicar la metodología Six sigma en el área de producción (ver figura N° 03) porque dicha metodología radica en la mejora del proceso productivo, reducción de tiempos y mejora de la calidad del producto final.

Figura N° 03: Organigrama de la empresa



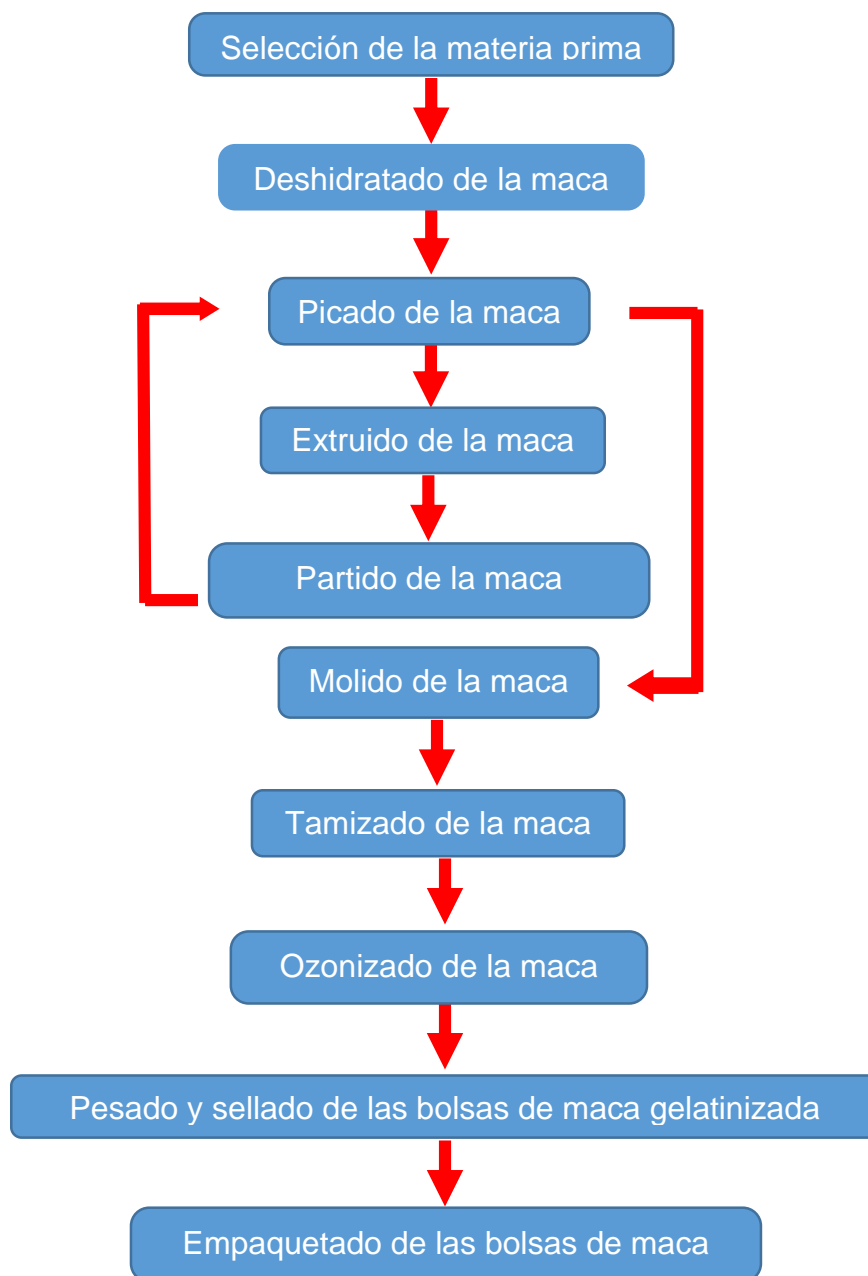
Fuente: APROMAC VM

Proceso productivo

Se ilustró las actividades que se desarrollan dentro del área de producción (proceso productivo), desarrollando el diagrama del proceso del gelatinizado de maca (ver figura N° 04), en el cual se representó gráficamente cada actividad que se realiza para obtener el producto final (maca gelatinizada), permitiendo una mayor comprensión de los procesos. Como podemos ver en el diagrama existe un reproceso de picado de la maca, que no nos genera valor agregado y provoca una demora en el proceso productivo.

Se desarrolló el plano de planta o más conocido como layout (ver figura N°06), el cual es una representación gráfica del área de producción que ayudó a tener una mejor perspectiva de la distribución de planta y de los movimientos que se realizan al momento de procesar el gelatinizado de maca. Como podemos apreciar en el plano, existen 11 movimientos que el trabajador realiza para procesar la maca gelatinizada.

Figura N° 04: Proceso del gelatinizado de maca



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 05: DAP del proceso productivo

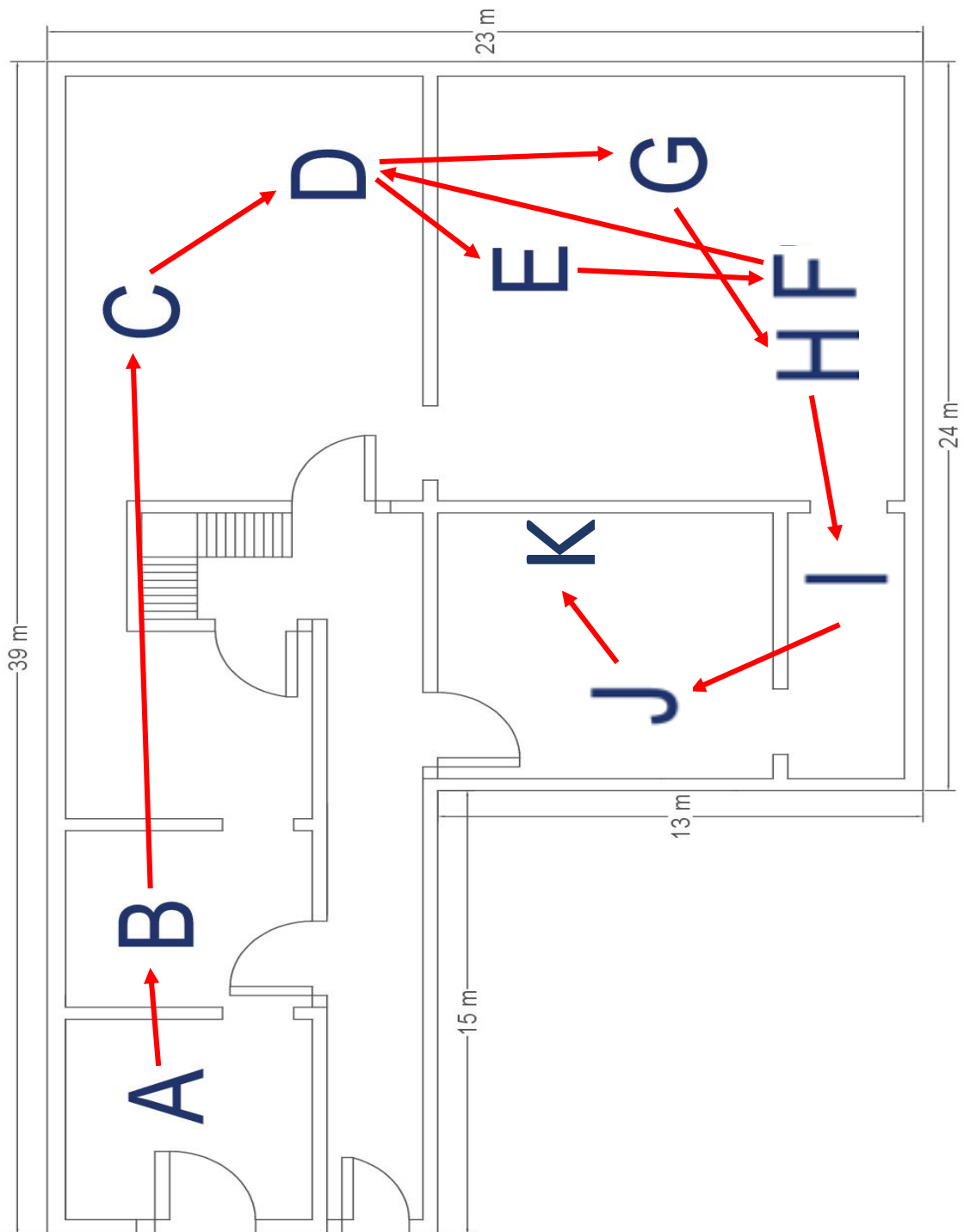
Diagrama analítico de procesos antes de la mejora						
Diagrama n°	1	Resumen				
Proceso	Gelatinizado de maca	Actividad		Actual	Propuesta	Ahorro
Lugar:	Área de producción	Operación	●	22	-	-
Hoja n°	1 de 1	Transporte	➔	9	-	-
Fecha	16/04/2018	Demora	◐	0	-	-
Hecho por Kenedy Aguilar Silva		Inspección	■	0	-	-
		Almacenamiento	▼	1	-	-
		Opr. Combinada	◑	1	-	-
N°	Descripción	Tiempo (min)	Símbolos			
			●	➔	◐	■
			▼	◑		
1	Almacen de materia prima	0.11				
2	Selección y llenado de maca en costales	4.68	●			
3	Pesado de los costales	0.26	●			
4	Traslado a la deshidratadora	0.33	●	➔		
5	Vaciado de la maca cruda en el horno	0.72	●			
6	Deshidratado de la maca	15.33	●			
7	Retirado de la maca del horno en bandeja	1.67	●			
8	Revisión y retirado de impurezas	1.73	●			
9	Llenado de la maca deshidratada en costales	0.83	●			
10	Traslado a la picadora	0.11	●	➔		
11	Vaciado y picado de la maca	1.68	●			
12	Llenado de la maca picada en costales	1.06	●			
13	Traslado a la extrusora	0.11	●	➔		
14	Vaciado y extruido de la maca	8.22	●			
15	Traslado a la mesa	0.16	●	➔		
16	Vaciado de la maca a la mesa	0.53	●			
17	Partido de la maca extruida	5.96	●			
18	Llenado de la maca partida en costales	0.59	●			
19	Traslado a la picadora	0.16	●	➔		
20	Vaciado y picado de la maca	1.68	●			
21	Llenado de la maca picada en costales	1.06	●			
22	Traslado al molino	0.16	●	➔		
23	Vaciado y molido de la maca	1.77	●			
24	Llenado de la maca molida en costales	0.77	●			
25	Traslado a una mesa	0.11	●	➔		
26	Vaciado y tamizado de la maca en una mesa	10.00	●			
27	Llenado de la maca tamizada en costales	0.63	●			
28	Traslado al ozonizador	0.11	●	➔		
29	Vaciado de la maca en el ozonizador	0.48	●			
30	Ozonizado y retirado de la maca	10.17	●			
31	Traslado al área de pesado y embalado	0.16	●	➔		
32	Pesado y sellado de las bolsas de maca	2.36	●			
33	Embalado y almacenado	1.09	●			
Total		74.79				

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el diagrama de análisis de procesos antes de la mejora (figura N° 05) del gelatinizado de maca, donde se puede apreciar 33 actividades.

Figura N° 06: Plano de la planta

ITEM	Descripción
A	Almacén de materia prima
B	Selección de la materia prima
C	Deshidratado de la maca
D	Picado de la maca
E	Extruido de la maca
F	Partido de la maca
G	Molido de la maca
H	Tamizado de la maca
I	Ozonizado de la maca
J	Pesado y sellado de la maca gelatinizada en bolsas
K	Empaquetado



Fuente: Elaboración propia

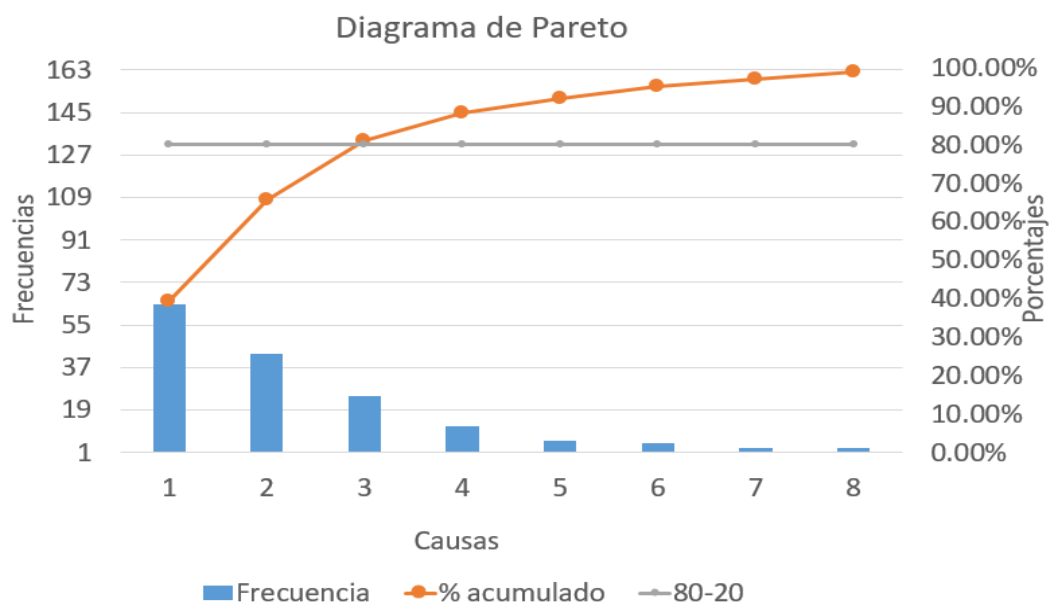
Con la aplicación de la ficha de fallas y defectos se registraron todas las fallas del proceso productivo (ver tabla N° 07) y se analizó mediante el diagrama de Pareto (ver figura N° 07) para identificar los problemas más críticos y trabajarlos en la siguiente etapa de la metodología.

Tabla N° 07: Cantidad de fallas en el área de producción

Fallas	Descripción	Frecuencia de fallas	Frecuencia acumulada	% de frecuencia de fallas	% acumulado
1	Demora del personal (ritmo lento, realizar otras actividades, no existen tiempos establecidos)	64	64	39.26%	39.26%
2	Reproceso en la picadora	43	107	26.38%	65.64%
3	Unidades producidas defectuosas	25	132	15.34%	80.98%
4	Falta de capacitación del personal (preguntan que deben de hacer)	12	144	7.36%	88.34%
5	Demora en el armado de piezas	6	150	3.68%	92.02%
6	Falla del motor del molino	5	155	3.07%	95.09%
7	Demora en el inicio de actividad de la extrusora	3	158	1.84%	96.93%
8	Falla del controlador de la extrusora	3	161	1.84%	98.77%
9	Rotura de la faja de la picadora	1	162	0.61%	99.39%
10	Falla en la salida de la extrusora	1	163	0.61%	100.00%
Total		163		100%	

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 07: Diagrama de Pareto de las fallas del área de producción



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el diagrama de Pareto (figura N° 07), existen tres causas que provocan un 80% de problemas dentro del proceso productivo ocasionando una baja productividad.

Por último, se realizó un “Project Charter” (ver tabla N° 08), donde se estableció los alcances y logros del proyecto.

Tabla N° 08: Project Charter de la metodología Six sigma

PROJECT CHARTER									
GUIA DEL PROYECTO SIX SIGMA					FECHA	24 de abril del 2018			
Nombre del proyecto	Six sigma para mejorar la productividad en una empresa procesadora de maca								
Nombre del responsable	Kenedy Fabián Aguilar Silva								
Descripción del proyecto	La empresa APROMAC VM, presenta una serie de inconvenientes dentro de área de producción, los cuales fueron los reprocesos, productos defectuosos, tiempos no estandarizados, fallas en las máquinas, entre otros, esto provocó un aumento en los tiempos de procesamiento y por consecuencia una disminución de la productividad. Por esa razón se decidió aplicar la metodología Six sigma para eliminar los problemas del área de producción y aumentar la productividad.								
Alcance del proyecto	Identificar y eliminar los problemas críticos del área de producción que afectan a la productividad del procesamiento de maca gelatinizada.								
Meta del proyecto	Aumentar la productividad de la empresa, reduciendo el tiempo empleado en el procesamiento del gelatinizado de maca.								
Variable de medición	Productividad								
Fórmula de la variable	Productividad = Eficiencia x Eficacia								
Cantidad base	78 unidades por semana	Cantidad meta			83 bolsas por semana				
Fecha de inicio del proyecto	24 de Abril del 2018	Fecha de finalización del proyecto		28 de setiembre del 2018					
Impacto sobre el negocio									
Seguridad		Calidad		Servicio		Productividad	x	Desperdicio	
Mejora esperado en 1 año	Aumento esperado de 220 bolsas de maca gelatinizada por año								
VB°									
Nombre				Cargo					
Efraín Zúñiga Molina				Gerente general de la empresa					
Pedro Elías Porras				Asesor temático					
José Olivera				Asesor metodológico					

Fuente: Elaboración propia

Etapa: Medir

En esta etapa se recopiló datos de los problemas más críticos identificados, con la finalidad de analizar su estado actual, midiendo tiempos de ciclo y contabilizando unidades producidas.

En la figura N° 09 se puede observar la cantidad de unidades producidas durante 13 semanas.

Tabla N° 09: Cantidad de unidades producidas antes de la mejora

Cantidad de producción			
Fecha	Unidades (10 kg)	Total entrada	Total salida
		Kilogramos de maca	
02 al 07 de abril	78	930	780
09 al 14 de abril	78	930	780
16 al 21 de abril	76	930	760
23 al 28 de abril	77	930	770
30 de abril al 05 de mayo	78	930	780
07 al 12 de mayo	78	930	780
14 al 19 de mayo	77	930	770
21 al 26 de mayo	78	930	780
28 de mayo al 02 de junio	76	930	760
04 al 09 de junio	78	930	780
11 al 16 de junio	78	930	780
18 al 23 de junio	77	930	770
25 al 30 de junio	78	930	780
Total	1007	12090 kg	10070 kg

Fuente: APROMAC – VM

Tiempo de ciclo de los procesos:

A falta de un tiempo estandarizado para realizar las actividades necesarias del gelatinizado de maca, existe incertidumbre en la cantidad de tiempo empleado en cada actividad del proceso productivo, los trabajadores del área realizan sus actividades con un tiempo indeterminado, provocando un empleo excesivo de tiempo en las actividades del proceso productivo. Para hallar el tiempo real de los procesos del área, se midió los tiempos (ver tabla N° 10) con la aplicación de la ficha validada de toma de tiempos, se tomaron tiempos de todas las actividades que se desarrollan para producir la maca gelatinizada, esto nos sirvió como base para estandarizar el tiempo de ciclo de cada proceso.

Para medir el tiempo de ciclo se utilizó el libro (Introducción al estudio del trabajo 4ta edición – OIT Ginebra pág. 289) el cual nos indica que, para medir los tiempos de un proceso, primero tenemos que desglosar el proceso en actividades, medir las actividades con ayuda de un cronometro, calcular el tamaño de muestra, valorar el ritmo y otorgar la tolerancia a la actividad según el trabajo realizado.

Reproceso en la picadora

Hallando el tiempo de ciclo de los procesos, se pudo medir el tiempo de reproceso del picado (ver tabla N° 11), llamado “picado de la maca partida”, el tiempo de reproceso es de 2.73 minutos por cada 30kg procesado, procesando la cantidad normal de 930 kilogramos por semana tendríamos 84.63 minutos de demora por cada semana. En las 13 semanas analizadas se acumuló 1100.19 minutos de demora en el proceso productivo. Este reproceso disminuye la productividad y a la vez provoca un mayor uso de la maquina “picadora”, teniendo como consecuencia un desgaste prematuro del motor y una disminución en la vida útil de la máquina.

Tabla N° 10: Tiempos de ciclo por procesos

N°	Proceso	Descripción	Tiempo	Tiempo de ciclo por actividad	Tiempo de ciclo por proceso
1	Selección de maca	Selección y llenado de maca en costales	Minutos	4.68	4.94
		Pesado de los costales	Minutos	0.26	
2	Deshidratado de la maca	Vaciado de la maca cruda en el horno	Minutos	0.72	20.29
		Deshidratado de la maca	Minutos	15.33	
		Retirado de la maca del horno en bandeja	Minutos	1.67	
		Revisión y retirado de impurezas	Minutos	1.73	
		Llenado de la maca deshidratada en costales	Minutos	0.83	
3	Picado de la maca	Vaciado y picado de la maca	Minutos	1.68	2.73
		Llenado de la maca picada en costales	Minutos	1.06	
4	Extruido de la maca	Vaciado y extruido de la maca	Minutos	8.22	8.22
5	Partido de la maca extruida	Vaciado de la maca a la mesa	Minutos	0.53	7.08
		Partido de la maca extruida	Minutos	5.96	
		Llenado de la maca partida en costales	Minutos	0.59	
6	Picado de la maca partida	Vaciado y picado de la maca	Minutos	1.68	2.73
		Llenado de la maca picada en costales	Minutos	1.06	
7	Molido de la maca	Vaciado y molido de la maca	Minutos	1.77	2.54
		Llenado de la maca molida en costales	Minutos	0.77	
8	Tamizado	Vaciado y tamizado de la maca en una mesa	Minutos	10.00	10.62
		Llenado de la maca tamizada en costales	Minutos	0.63	
9	Ozonizado	Vaciado de la maca en el ozonizador	Minutos	0.48	10.65
		Ozonizado y retirado de la maca	Minutos	10.17	
10	Pesado	Pesado y sellado de las bolsas de maca	Minutos	2.36	2.36
11	Empaquetado	Embalado de las bolsas de maca	Minutos	1.09	1.09
				Minutos	73.27
				T. traslados (min)	1.52
				T.C. (min)	74.79
				T.C. Horas	1.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11: Tiempo de ciclo del reproceso

Picado de la maca partida					
Reproceso	Tiempo de reproceso	Cantidad (kg)	Numero de ciclos	Tiempo total de reproceso (min)	Tiempo total de reproceso (horas)
Por ciclo	2.73	30	1	2.73	---
Semana	2.73	930	31	84.63	1.41
4 semanas	2.73	3720	124	338.52	5.64
8 semanas	2.73	7440	248	677.04	11.28
13 semanas	2.73	12090	403	1100.19	18.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 12: Porcentaje de tiempo no utilizado

Comparación del tiempo actual y el tiempo hallado							
Semanas	Cantidad producida	Horas a la semana	Tiempo real (Horas)	Tiempo de ciclo hallado por 30kg	Tiempo utilizado (Horas)	Horas de diferencia	% de tiempo no utilizado
1 semana	930	44.5	42.18	1.25	38.75	3.43	8.13%
4 semanas	3720	178.0	168.72	1.25	155.00	13.72	8.13%
8 semanas	7440	356.0	337.44	1.25	310.00	27.44	8.13%
13semanas	12090	578.5	548.34	1.25	503.75	44.59	8.13%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 12 se puede observar la comparación del tiempo hallado y el tiempo actual trabajado, se ha notado que no se utiliza un 8.13% del tiempo y este solamente se desperdicia en el transcurso del proceso productivo por no tener establecido el tiempo de ciclo por cada proceso.

Demoras inevitables

Estas horas están presentes antes y durante del proceso productivo, disminuyendo las horas disponibles para el trabajo, en la tabla N° 13 se puede observar la cantidad de tiempo que se demora antes del inicio y durante el trabajo. Como se puede apreciar, existen 34 minutos de demora.

Tabla N° 13: Demoras en el proceso productivo

ITEM	Demoras inevitables	Tiempo	
1	Cambio de ropa	10 min	Diario
2	Traslado al área de trabajo	3 min	
3	Preparación de materiales	4 min	
4	Limpieza y desinfección	4 min	
5	Armado de piezas de la maquina	3 min	1 veces por semana
6	Llenado de agua en el tanque de la maquina	2 min	
7	Pre prueba de la extrusora	8 min	

Fuente: Elaboración propia

Demoras inevitables por semana

Tabla N° 14: Demoras inevitables por semana

Frecuencia	Cantidad de tiempo	Total a la semana
Diario	21 min	126 min
Una vez por semana	13 min	13 min
Total		139 min

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 14 se puede observar la cantidad de tiempo de demora acumulado en una semana.

Etapa: Analizar

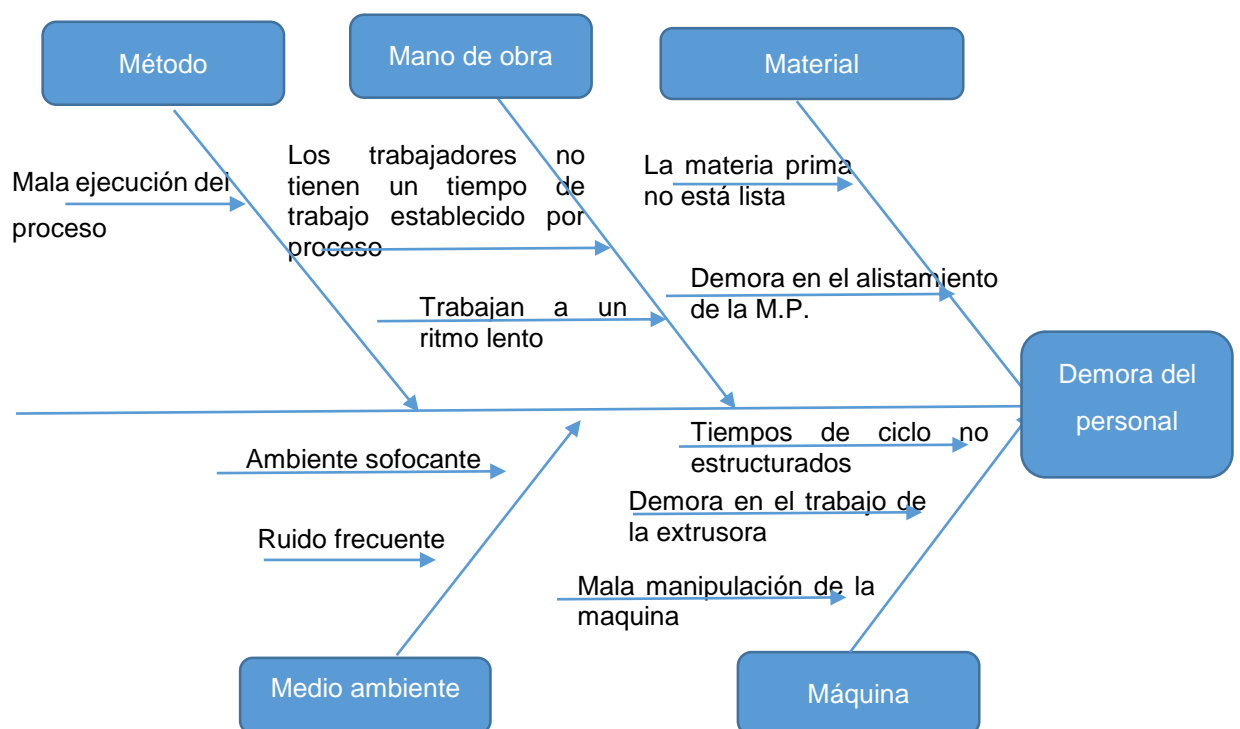
Diagrama de Ishikawa:

Para poder identificar las causas que provocan los problemas críticos del proceso productivo, se realizó el diagrama de Ishikawa de cada uno. En el mismo diagrama se aplicó la técnica de las 5Ms, el cual sirvió para precisar las causas en los siguientes aspectos:

- Material
- Mano de obra
- Método
- Máquina
- Medio ambiente

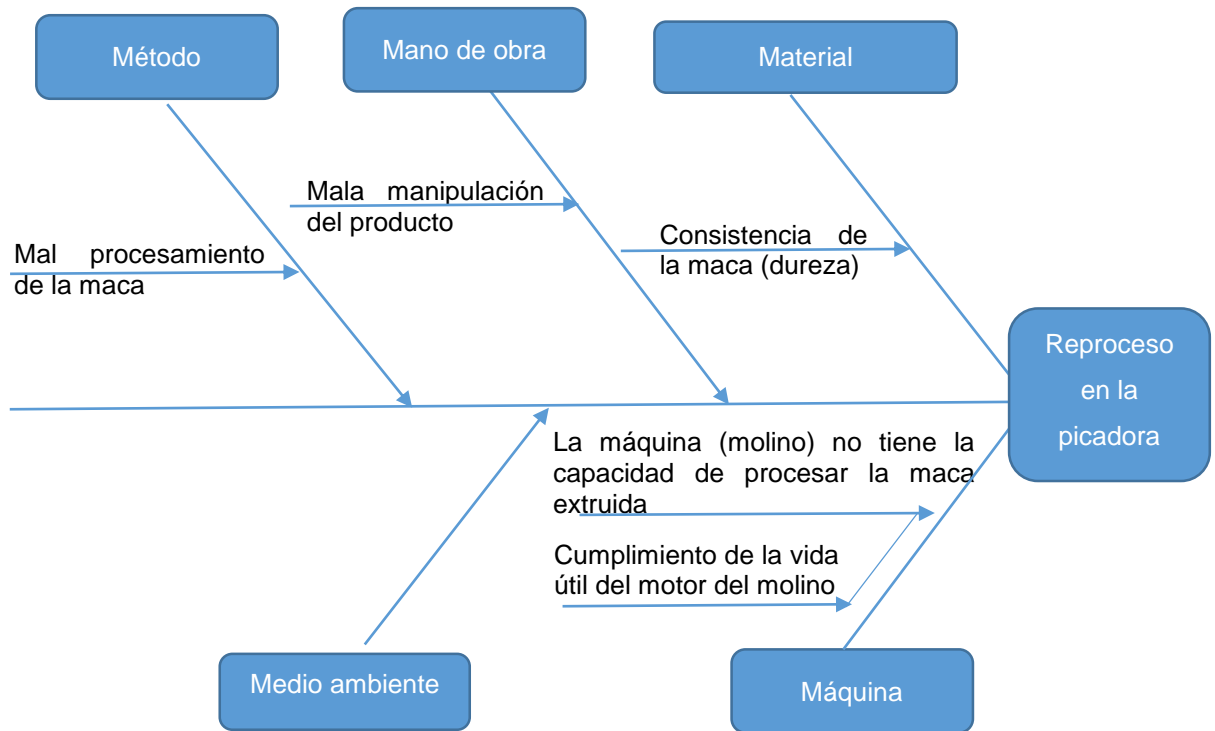
Los diagramas se pueden apreciar en las figuras 08, 09 y 10.

Figura N° 08: Diagrama de Ishikawa – problema 1



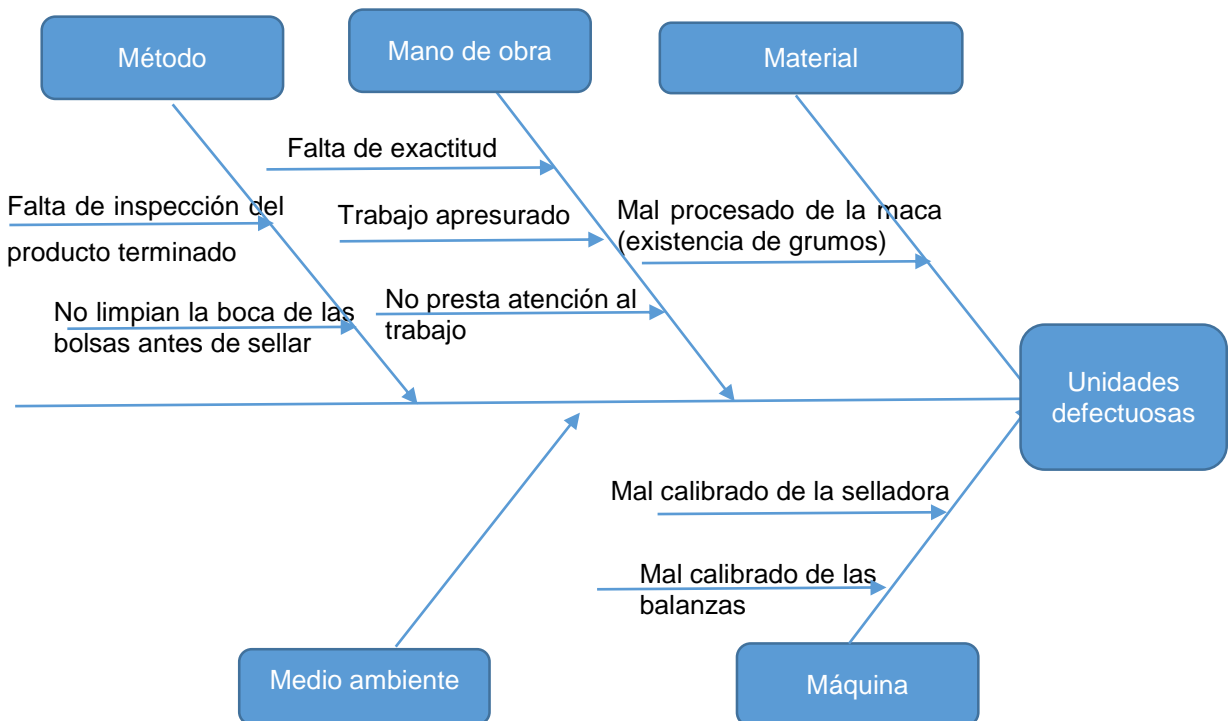
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 09: Diagrama de Ishikawa – problema 2



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 10: Diagrama de Ishikawa – problema 3



Fuente: Elaboración propia

Técnica de los 5 porqués

Para realizar un buen análisis de las causas de los problemas encontrados, se aplicó la técnica de los 5 porqués (ver tabla N° 15), esta técnica nos ayudó a identificar la causa raíz de los problemas, con una simple pregunta “por qué”, en la cual cada respuesta está relacionada con la siguiente pregunta. Finalmente se obtuvo un resultado que ayudó a eliminar los problemas críticos evaluados.

Tabla N° 15: Técnica de los 5 porqués

Problema	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5	Resultado
Demora del personal	Los empleados trabajan a un ritmo lento	No existe tiempos de ciclo establecidos	El gerente no estableció tiempos de trabajo	Falta de conocimiento	-----	Establecer tiempos de ciclo para optimizar los tiempos de procesado
Reproceso en la picadora	El gerente estableció esa secuencia	La máquina “molino” no es capaz de procesar la cantidad y consistencia de la maca	La fuerza del motor es muy deficiente	Al momento del proceso, el motor tiende a calentarse demasiado	Cumplimiento de la vida útil del motor	Comprar un motor de mayor fuerza (HP) para eliminar el reproceso
Unidades defectuosas	No revisan el producto final	Trabajan apresuradamente	Falta de interés (quieren acabar sus actividades)	-----	-----	Establecer una inspección del producto final

Fuente: Elaboración propia.

Curva de la bañera

Análisis del motor en la curva de la bañera

Para un mejor análisis del motor se realizó la curva de la bañera (ver figura N°11), para identificar en qué etapa de su vida útil se encuentra.

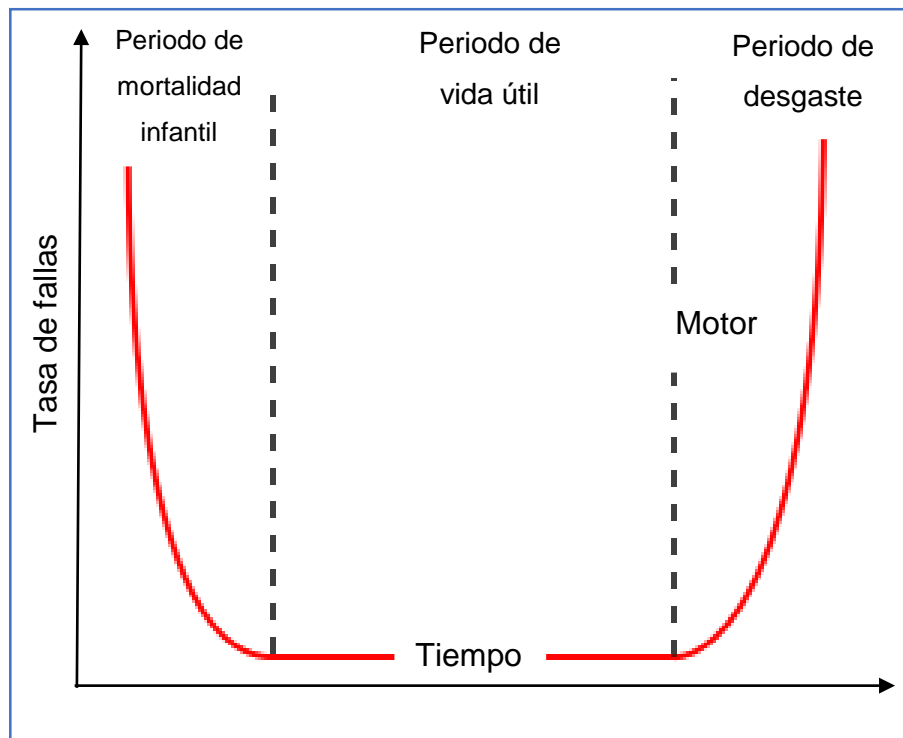
Tabla N° 16: Fallas del motor del molino

Fallas del motor del molino	
Mes	Veces
Abril	2
Mayo	2
Junio	1
Total	5

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla N° 16, el motor del molino tuvo 5 fallas en 3 meses, provocando paros contantes y pérdida de tiempo en el transcurso del proceso productivo.

Figura N° 11: Curva de la bañera del motor del molino



Fuente: Elaboración propia basada en la tesis de Ramírez Castaño.

(Ramírez Castaño, 2014) definen los periodos de la curva de la bañera de la siguiente manera:

Periodo de mortalidad infantil: Se presenta con una cantidad de fallas que decrece en un corto tiempo. Estas fallas son representadas por: equipo defectuoso, desconocimiento de manipulación del equipo, instalaciones incorrectas, errores de fabricación, etc.

Periodo de vida útil: Es la etapa más importante para el usuario ya que tiene el valor más bajo de frecuencia de fallas. Son fallas producidas por causas aleatorias, errores humanos, mala manipulación, eventos relacionados con el ambiente, golpes, etc.

Periodo de desgaste: Es la etapa donde la frecuencia de fallas crece constantemente debido al desgaste, corrosión, pérdida de resistencia por el uso, etc.

Según las definiciones de los periodos de la curva de la bañera, el periodo al que más se aproxima el motor del molino, es el periodo de desgaste, porque el motor presenta una serie de fallas continuas y pérdida de resistencia por el uso debido al desgaste.

Cálculo de la productividad

Se calculó la productividad del proceso productivo antes de la mejora (ver tabla N°17), para esto se utilizó dos indicadores:

- **Eficacia:**

Se calculó este indicador basándose en las unidades conformes (sin defectos) divididas entre las unidades producidas en la semana. Este indicador representa la capacidad del trabajador para producir una cantidad de unidades requeridas sin defectos.

- **Eficiencia:**

Este indicador se basa en dividir el tiempo utilizado (hallado con el tiempo de ciclo) entre el tiempo real (disponibles para trabajar), esto representa la capacidad del trabajador al emplear las horas disponibles por cada semana.

Por último, con el producto de estos dos indicadores se pudo hallar la productividad, indicándonos la cantidad de productos terminados y la cantidad de utilización de los recursos empleados (tiempo) para producir las bolsas de maca gelatinizada.

Tabla N° 17: Cálculo de la productividad antes de la mejora

Cálculo de la productividad							
Semana	Unidades producidas	Unidades conformes	Eficacia	Tiempo real (Horas)	Tiempo utilizado (Horas)	Eficiencia	Productividad
1	78	78	100%	42.18	38.75	91.86%	91.9%
2	78	78	100%	42.18	38.75	91.86%	91.9%
3	76	75	99%	42.18	38.75	91.86%	90.7%
4	77	74	96%	42.18	38.75	91.86%	88.3%
5	78	75	96%	42.18	38.75	91.86%	88.3%
6	78	76	97%	42.18	38.75	91.86%	89.5%
7	77	77	100%	42.18	38.75	91.86%	91.9%
8	78	78	100%	42.18	38.75	91.86%	91.9%
9	76	74	97%	42.18	38.75	91.86%	89.4%
10	78	76	97%	42.18	38.75	91.86%	89.5%
11	78	74	95%	42.18	38.75	91.86%	87.2%
12	77	74	96%	42.18	38.75	91.86%	88.3%
13	78	73	94%	42.18	38.75	91.86%	86.0%
Total	1007	982	97.5%	548.38	503.75	91.86%	89.6%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del nivel sigma

Para hallar el nivel sigma del área de producción de la empresa APROMAC VM se contabilizó la cantidad de defectos por unidades (ver tabla N° 19) de los productos terminados, el producto final debe de tener las siguientes características:

- Peso: Para considerar conforme el producto terminado el límite mínimo que debe pesar una bolsa de maca es de 10.05kg y el límite máximo es de 10.10kg.
- Sellado: El sellado no debe despegarse al momento de ser manipulado en el proceso de empaquetado.

- Gelatinizado: El contenido de las bolsas de maca (maca gelatinizada) no deben presentar grumos e impurezas.

Cantidad DPO (Defectos Por Oportunidad): Para hallar la cantidad de defectos por oportunidad de los productos terminados, se identificó la cantidad de defectos que un producto puede tener, las bolsas de maca gelatinizada tienen 3 defectos por oportunidad:

- Sellado de la bolsa.
- Peso de la bolsa.
- Presencia de grumos en la maca gelatinizada.

Cálculo del DPO: (Salazar, 2016) nos dice que debemos de contabilizar la cantidad de defectos que una unidad presenta y no la cantidad de unidades defectuosas. En la tabla N° 18 se presentan los defectos por oportunidad que una bolsa de maca puede tener. Con los datos recolectados se pudo identificar qué en las 13 semanas analizadas, hubo 25 unidades defectuosas.

Tabla N° 18: Descripción del tipo de defecto

Tipo de defecto	Descripción	Unidades defectuosas
D1	Mal sellado de las bolsas de maca	25
D2	Variación en el peso de las bolsas de maca	
D3	Bolsas de maca con grumos	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 19: Cálculo de la cantidad de defectos

Cantidad de unidades defectuosas	Tipo de defecto	Total de defectos
14	D1	14
9	D2	9
2	D2 y D3	4
		27

Fuente: Elaboración propia.

Después de contabilizar los defectos por unidad, se calculó el DPO, donde:

D=Numero de defectos observados en la muestra =27

U=Cantidad de unidades en la muestra = 1007

O=Oportunidad de defectos por unidad =3

$$DPO = \frac{27}{1007 \times 3} = 0.00893$$

Por último, teniendo el resultado del DPO podemos calcular el nivel sigma, hallando el desempeño del proceso (Yield%)

Formula: (Salazar, 2016)

$$\begin{aligned} \text{Yield\%} &= (1 - DPO) \times 100\% \\ \text{Yield\%} &= (1 - 0.00893) \times 100\% \\ \text{Yield\%} &= 99.11 \% \end{aligned}$$

Obteniendo el Yield% (desempeño del proceso), se ubicó el nivel sigma en la tabla N° 04 obteniendo un resultado de 3.9 de nivel sigma. Esto quiere decir que el proceso por cada millón de oportunidades tiene 8,190 defectos.

3.9.2. Propuesta de mejora

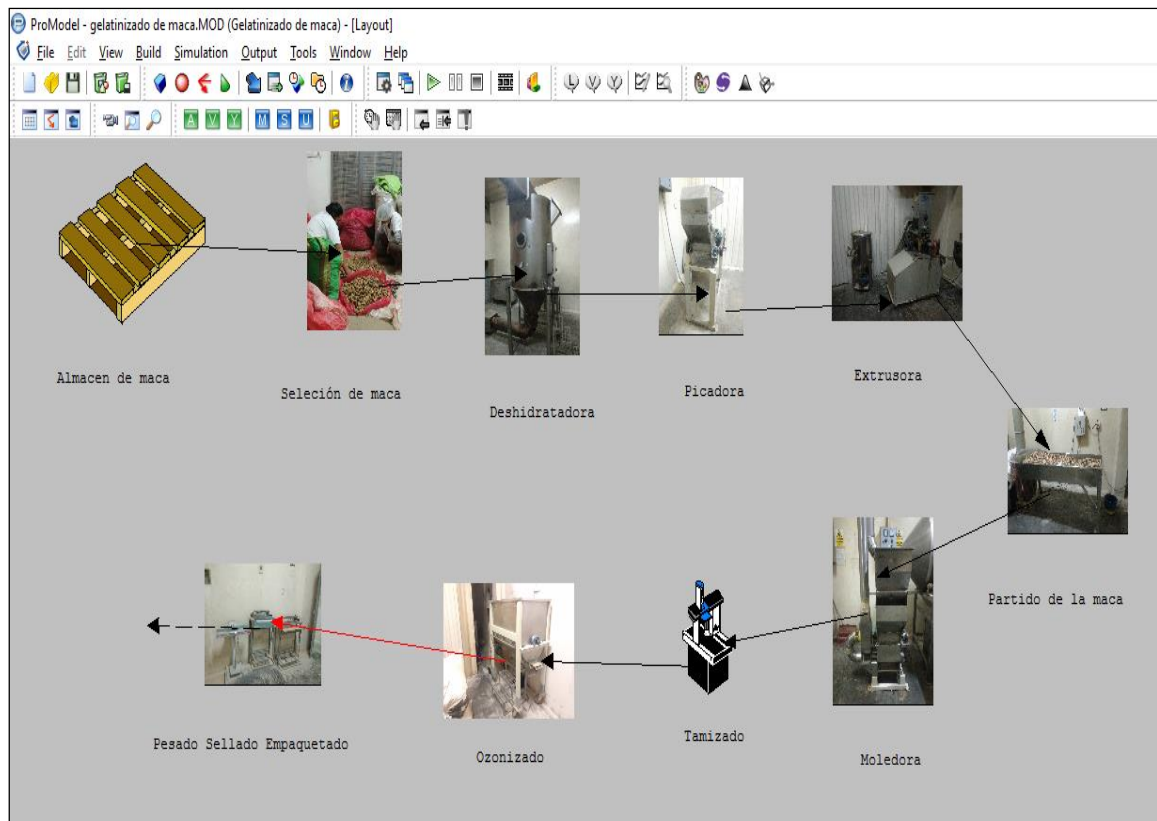
Etapa: Mejorar

Al llegar a esta etapa ya se analizaron todos los problemas críticos del proceso productivo, se conoce el proceso, los defectos, problemas, reprocesos, etc. los cuales se solucionarán en esta etapa, no obstante, no se debe actuar bajo la intuición, es por eso que en esta parte se va simular las propuestas de mejora para contrastar si hay relevancia y poder implementarla en proceso productivo.

Implementación de los tiempos de ciclo

Se realizó la simulación del tiempo de ciclo hallado, en el programa ProModel (ver figura N°12).

Figura N° 12: Simulación de la mejora



Fuente: Elaboración propia.

Se simuló los procesos actuales del gelatinizado de maca para observar cómo quedara después de la implementación del tiempo de ciclo, se trabajó con el tiempo utilizado por semana (42.18 horas) para la simulación. Para simular el reproceso en la picadora, se duplico el tiempo de ciclo de 2.73 min a 5.46 min en el software. La simulación se comenzó desde el almacén de la materia prima hasta el empaquetado de las bolsas de maca, obteniendo un nuevo resultado en la cantidad de productos terminados (ver figura N° 13).

Figura N° 13: Resultado de la simulación del tiempo de ciclo

General Report (Normal Run - Rep. 1)				
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Failed Arrivals
gelatinizado de maca.M				
Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time
Almacen de maca	1.76	999999.00	13.00	
Selección de maca	1.76	1.00	26.00	
Deshidratadora	1.76	1.00	33.00	
Picadora	1.76	1.00	45.00	
Extrusora	1.76	1.00	52.00	
Partido de la maca	1.76	1.00	65.00	
Moledora	1.76	1.00	71.00	
Tamizado	1.76	1.00	72.00	
Ozonizado	1.76	1.00	72.00	
Pesado	1.76	1.00	83.00	
Empaquetado	1.76	1.00	83.00	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura N° 13 el tiempo de trabajo utilizado por semana (42.18 horas) se convirtió en días (1.76 días), esto sucedió por el defecto del software, por otro lado, implementado los tiempos de ciclo en el proceso, se puede observar que la cantidad a la que puede llegar el proceso productivo es de 83 productos terminados.

Eliminación del reproceso “picado de la maca partida”

En este caso se cambiaron los datos de la simulación, eliminando el reproceso del “picado de maca partida”, en esta situación al eliminar el tiempo del reproceso, se vuelve a la normalidad el tiempo de ciclo de la picadora (de 5.46 min a 2.73 min) ver figura N° 14. Esta simulación se lleva a cabo, con el fin de que el software nos proporcione una mayor confiabilidad al eliminar el reproceso del picado (cambiando el motor antiguo de la moledora por uno nuevo de mayor fuerza).

Figura N° 14: Eliminación del tiempo de reproceso

Location...	Operation...
Deshidratadora	WAIT 20.29 MIN
Picadora	WAIT 5.46 MIN
Extrusora	WAIT 8.22 MIN
Partido_de_la_maca	WAIT 7.08 MIN
Moledora	WAIT 2.54 MIN

Location...	Operation...
Deshidratadora	WAIT 20.29 MIN
Picadora	WAIT 2.73 MIN
Extrusora	WAIT 8.22 MIN
Partido_de_la_maca	WAIT 7.08 MIN
Moledora	WAIT 2.54 MIN

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 14 se puede observar que el tiempo de ciclo de la picadora se vuelve a la normalidad (de 5.46 min a 2.73 min, porque ya no hay reproceso) para trabajar en la nueva simulación.

Figura N° 15: Resultados de la eliminación del reproceso

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
gelatinizado de maca.MOD					
Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per	
Almacen de maca	1.76	999999.00	14.00		
Selección de maca	1.76	1.00	28.00		
Deshidratadora	1.76	1.00	35.00		
Picadora	1.76	1.00	48.00		
Extrusora	1.76	1.00	55.00		
Partido de la maca	1.76	1.00	69.00		
Moledora	1.76	1.00	75.00		
Tamizado	1.76	1.00	75.00		
Ozonizado	1.76	1.00	75.00		
Pesado	1.76	1.00	87.00		
Empaquetado	1.76	1.00	87.00		

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 15 se puede observar que, eliminando el tiempo del reproceso, se obtiene 87 productos terminados.

Implementación de la inspección en el proceso productivo

Para minimizar las unidades terminadas defectuosas, se vio conveniente aumentar una actividad de inspección en el proceso de “Pesado”, siguiendo con el ProModel, se aumentó un tiempo de 0.36 minutos para dicha actividad, quedando de la siguiente manera (ver figura N° 16):

Figura N° 16: Aumento de tiempo en el proceso de pesado

The figure consists of two screenshots of the ProModel 'Process' window. Both windows show a table with three columns: Entity..., Location..., and Operation... The top window shows the 'Maca_en polvo' entity at the 'Pesado' location with a 'WAIT 2.36 MIN' operation. The bottom window shows the same entity and location but with a 'WAIT 2.70 MIN' operation, indicating an increase in the wait time.

Entity...	Location...	Operation...
Maca_en polvo	Tamizado	WAIT 10.62 MIN
Maca_en polvo	Ozonizado	WAIT 10.65 MIN
Maca_en polvo	Pesado	WAIT 2.36 MIN
Maca_embolsada	Empaquetado	WAIT 1.09 MIN

Entity...	Location...	Operation...
Maca_en polvo	Tamizado	WAIT 10.62 MIN
Maca_en polvo	Ozonizado	WAIT 10.65 MIN
Maca_en polvo	Pesado	WAIT 2.70 MIN
Maca_embolsada	Empaquetado	WAIT 1.09 MIN

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 17: Resultados aumentando la inspección

The figure shows a screenshot of the 'General Report (Normal Run - Rep. 1)' window. The 'Locations' tab is selected. The table below lists various process steps with their scheduled times, capacities, and total entries. The 'Pesado' row is highlighted with a red box, showing a total of 86.00 units.

Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	A
Almacen de maca	1.76	999999.00	14.00	
Selección de maca	1.76	1.00	28.00	
Deshidratadora	1.76	1.00	34.00	
Picadora	1.76	1.00	47.00	
Extrusora	1.76	1.00	55.00	
Partido de la maca	1.76	1.00	68.00	
Moledora	1.76	1.00	74.00	
Tamizado	1.76	1.00	74.00	
Ozonizado	1.76	1.00	74.00	
Pesado	1.76	1.00	86.00	
Empaquetado	1.76	1.00	86.00	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura N°16 el tiempo de ciclo del proceso del pesado aumenta de 2.36 min a 2.70 min, aumentando en 0.36min por la nueva actividad de inspección.

En la en la figura N° 17 se puede observar que con el aumento de la actividad de inspección se produce 86 unidades.

Apreciando el último resultado de la simulación en la figura N° 17, se obtuvo una mejora en la cantidad de unidades producidas, se aumentó la actividad de inspección y se eliminó el reproceso en el programa, viendo que hay un aumento en las unidades producidas, es conveniente implementar la mejora en el área de producción de la empresa.

Tabla N° 20: Resumen de la simulación

Simulación	Mejora	Unidades producidas en la simulación		
		Pésimo	Normal	Óptimo
Simulación del tiempo de ciclo	Se identifica cuantas unidades se puede producir en 42.18h	81	82	83
Eliminación del reproceso	Se disminuye 2.73 min pertenecientes al reproceso	85	86	87
Implementación de la inspección	Se añade la inspección en el proceso de pesado	84	85	86

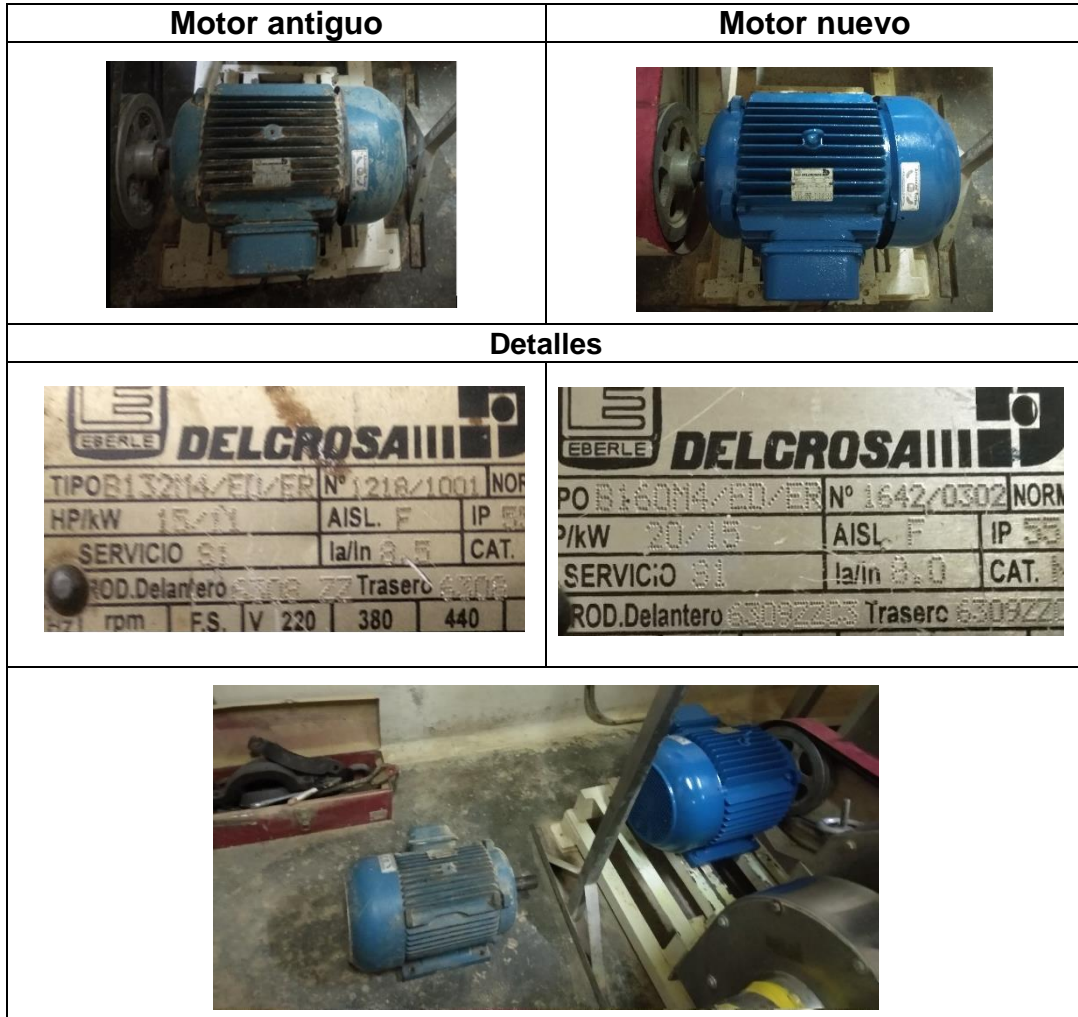
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 20 se puede observar la descripción de la simulación realizada, la mejora que se obtiene gracias a la implementación simulada y las unidades producidas en tres niveles (óptimo, normal y pésimo).

3.9.3. Implementación de la mejora

Implementación del motor del molino

Figura N° 18: Implementación del motor trifásico de 20HP en el molino



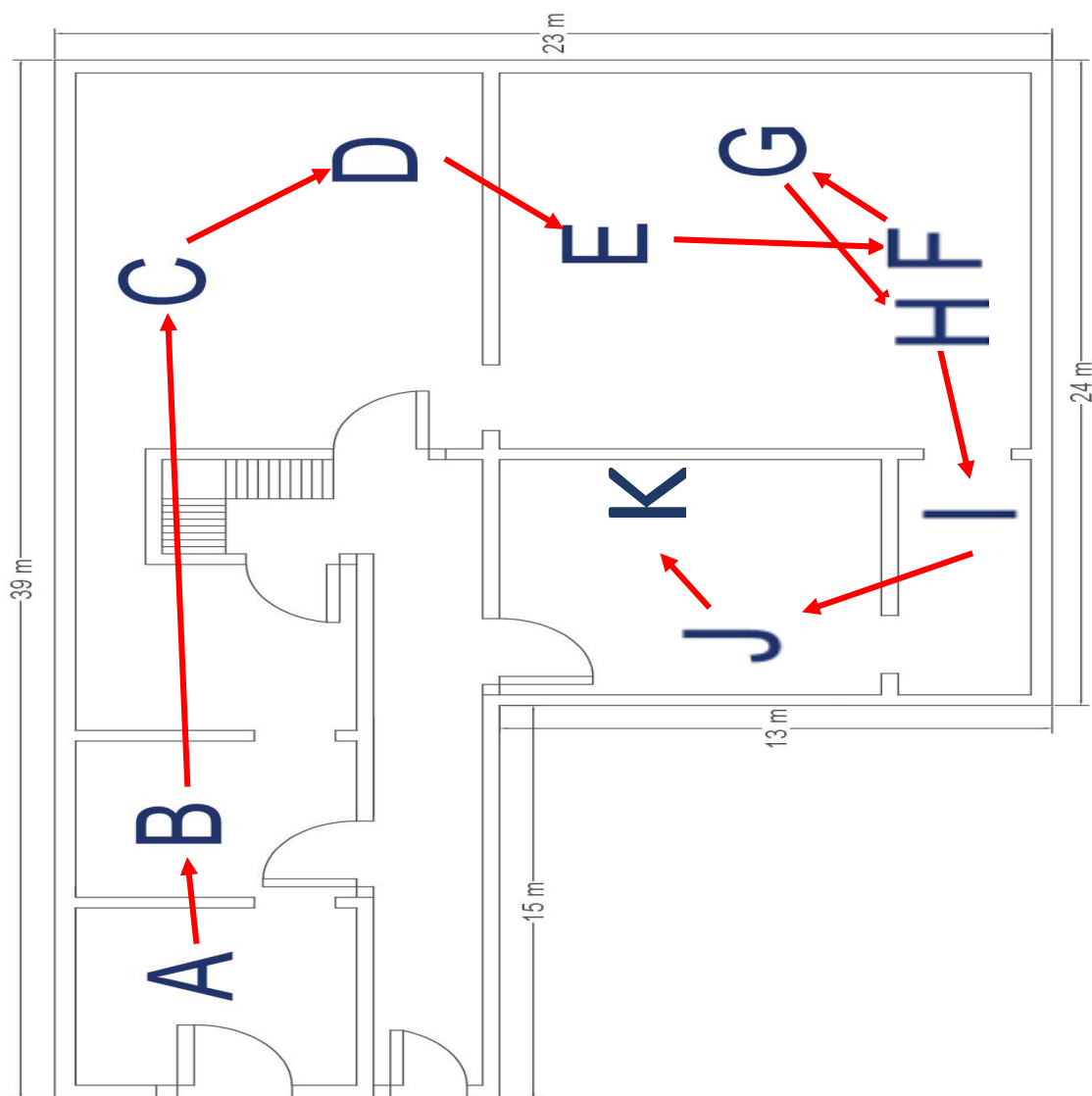
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura N° 18 se cambió el motor antiguo de 15 HP por uno nuevo de 20 HP de la misma marca.

Con la implementación del nuevo motor, todo el proceso productivo tiende a cambiar desde los movimientos que realiza el personal, el tiempo de ciclo total y las unidades producidas.

Figura N° 19: Plano de la planta después de la mejora

ITEM	Descripción
A	Almacén de materia prima
B	Selección de la materia prima
C	Deshidratado de la maca
D	Picado de la maca
E	Extruido de la maca
F	Partido de la maca
G	Molido de la maca
H	Tamizado de la maca
I	Ozonizado de la maca
J	Pesado, inspección y sellado de la maca gelatinizada
K	Empaquetado y almacenado



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°19 se puede observar que ya no hay un traslado del partido de la maca a la picadora (de la letra F a la letra D), ahora se traslada de frente al molino (letra G), de esta manera se elimina el tiempo de traslado a la picadora.

Tiempo de ciclo mejorado

Al eliminar el reproceso y aumentar la actividad de la inspección, los tiempos de ciclo variaron, obteniendo 1.20 horas por cada 30kg de maca procesada, quedando de la siguiente manera (ver tabla N° 21).

Tabla N° 21: Tiempo de ciclo después de la mejora (nuevo)

N°	Proceso	Descripción	Tiempo de ciclo por actividad	Tiempo de ciclo por proceso
1	Selección de maca	Selección y llenado de maca en costales	4.68	4.94
		Pesado de los costales	0.26	
2	Deshidratado de la maca	Vaciado de la maca cruda en el horno	0.72	20.29
		Deshidratado de la maca	15.33	
		Retirado de la maca del horno en bandeja	1.67	
		Revisión y retirado de impurezas	1.73	
		Llenado de la maca deshidratada en costales	0.83	
3	Picado de la maca	Vaciado y picado de la maca	1.68	2.73
		Llenado de la maca picada en costales	1.06	
4	Extruido de la maca	Vaciado y extruido de la maca	8.22	8.22
5	Partido de la maca extruida	Vaciado de la maca a la mesa	0.53	7.08
		Partido de la maca extruida	5.96	
		Llenado de la maca partida en costales	0.59	
6	Molido de la maca	Vaciado y molido de la maca	1.77	2.54
		Llenado de la maca molida en costales	0.77	
7	Tamizado	Vaciado y tamizado de la maca en una mesa	10.00	10.62
		Llenado de la maca tamizada en costales	0.63	
8	Ozonizado	Vaciado de la maca en el ozonizador	0.48	10.65
		Ozonizado y retirado de la maca	10.17	
9	Pesado	Pesado, sellado e inspección de las bolsas de maca	2.70	2.70
10	Empaquetado	Embalado de las bolsas de maca	1.09	1.09
			Minutos	70.87
			T. Traslados min	1.36
			T. total (min)	72.23
			T.C. Horas	1.20

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de análisis de operaciones (DAP)

Se realizó el DAP mejorado de los procesos, donde se eliminó tres actividades que no generaban valor agregado y se aumentó la inspección dentro del proceso, quedando de la siguiente manera (ver figura N°20).

Figura N° 20: DAP mejorado del proceso productivo

Diagrama analítico de procesos mejorado									
Diagrama n°	2	Resumen							
Proceso	Gelatinizado de maca	Actividad	Anterior	Mejorado	Ahorro	Tiempo (min)			
Lugar:	Área de producción	Operación	●	22	20	2	2.73		
Hoja n°	1 de 1	Transporte	➔	9	8	1	0.16		
Fecha	15/09/2018	Demora	◐	0	0	0	0		
Hecho por Kenedy Aguilar Silva		Inspección	■	0	0	0	0		
Nota : Se aumento la actividad de inspección en el trabajo n° 29 con un tiempo de 0.36 min		Almacenamiento	▼	1	1	0	0		
		Opr. Combinada	◑	1	1	0	0		
N°	Descripción	Tiempo (min)	Símbolos					Observación	
			●	➔	◐	■	▼	◑	
1	Almacen de materia prima	0.11							
2	Selección y llenado de maca en costales	4.68	●						
3	Pesado de los costales	0.26	●						
4	Traslado a la deshidratadora	0.33	●						
5	Vaciado de la maca cruda en el horno	0.72	●						
6	Deshidratado de la maca	15.33	●						
7	Retirado de la maca del horno en bandeja	1.67	●						
8	Revisión y retirado de impurezas	1.73	●						
9	Llenado de la maca deshidratada en costales	0.83	●						
10	Traslado a la picadora	0.11	●						
11	Vaciado y picado de la maca	1.68	●						
12	Llenado de la maca picada en costales	1.06	●						
13	Traslado a la extrusora	0.11	●						
14	Vaciado y extruido de la maca	8.22	●						
15	Traslado a la mesa	0.16	●						
16	Vaciado de la maca a la mesa	0.53	●						
17	Partido de la maca extruida	5.96	●						
18	Llenado de la maca partida en costales	0.59	●						
19	Traslado al molino	0.16	●						
20	Vaciado y molido de la maca	1.77	●						
21	Llenado de la maca molida en costales	0.77	●						
22	Traslado a una mesa	0.11	●						
23	Vaciado y tamizado de la maca en una mesa	10.00	●						
24	Llenado de la maca tamizada en costales	0.63	●						
25	Traslado al ozonizador	0.11	●						
26	Vaciado de la maca en el ozonizador	0.48	●						
27	Ozonizado y retirado de la maca	10.17	●						
28	Traslado al área de pesado y embalado	0.16	●						
29	Pesado, sellado e inspección de las bolsas	2.70	●						Se adiciono 0.36 min
30	Embalado y almacenado	1.09	●						
Total		72.23							

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de unidades producidas después de la mejora

Tabla N° 22: Cantidad de unidades producidas después de la mejora

Cantidad de producción			
Fecha	Unidades producidas (10kg)	Total de entrada	Total de salida
		Kilogramos de maca	
30 de julio al 04 de agosto	85	1014	850
06 al 11 de agosto	85	1014	850
13 al 18 de agosto	85	1014	850
20 al 25 de agosto	85	1014	850
27 de agosto 01 de setiembre	85	1014	850
03 al 08 de setiembre	85	1014	850
10 al 15 de setiembre	85	1014	850
17 al 22 de setiembre	85	1014	850
Total	680	8112 kg	6800 kg

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 22 se puede observar la cantidad de unidades producidas después de la mejora.

Cálculo del tiempo no utilizado

Tabla N° 23: Porcentaje de tiempo no utilizado (nuevo)

Tiempo no utilizado							
Semanas	Cantidad producida	Horas a la semana	Tiempo real (Horas)	Tiempo de ciclo hallado por 30kg	Tiempo utilizado (Horas)	Horas de diferencia	% de tiempo no utilizado
1 semana	1014	44.5	42.18	1.20	40.56	1.62	3.84%
4 semanas	4056	178	168.72	1.20	162.24	6.48	3.84%
8 semanas	8112	356	337.44	1.20	324.48	12.96	3.84%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 23 se puede observar el porcentaje de tiempo no utilizado después de la mejora.

Tabla N° 24: Resultados de la productividad después de la mejora

Porcentaje de productividad después de la mejora								
N°	Unidades producidas	Unidades conformes	Eficacia	Tiempo real (Horas)	Tiempo de ciclo hallado (nuevo)	Tiempo utilizado (Horas) nuevo	Eficiencia	Productividad
1	85	85	100.0%	42.18	1.20	40.56	96.15%	96.15%
2	85	85	100.0%	42.18	1.20	40.56	96.15%	96.15%
3	85	84	98.8%	42.18	1.20	40.56	96.15%	95.02%
4	85	85	100.0%	42.18	1.20	40.56	96.15%	96.15%
5	85	85	100.0%	42.18	1.20	40.56	96.15%	96.15%
6	85	84	98.8%	42.18	1.20	40.56	96.15%	95.02%
7	85	85	100.0%	42.18	1.20	40.56	96.15%	96.15%
8	85	83	97.6%	42.18	1.20	40.56	96.15%	93.89%
Total	680	676	99.4%	337.47		324.48	96.15%	95.59%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla N° 24, con la aplicación de la mejora se pudo obtener un 95.59% de productividad.

Porcentaje de mejora de las unidades producidas

Tabla N° 25: Porcentaje de mejora de las unidades producidas

Unidades producidas		
Antes de la mejora	Después de la mejora	Porcentaje de mejora
78	85	8.97 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 25 se observa la cantidad de unidades producidas después de la mejora y el porcentaje de mejora obtenido.

Nivel sigma después de la mejora

Se calculó el nivel sigma después de la mejora, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 26: Defectos por oportunidad de las unidades defectuosas

Cantidad de unidades defectuosas	Tipo de defecto	Total de defectos por oportunidad
1	D1	1
1	D2	1
2	D1 y D3	4
		6

Fuente: Elaboración propia.

Se calculó los defectos por oportunidad de la cantidad de productos defectuosos después de la mejora, obteniendo los siguientes resultados:

D=Numero de defectos observados en la muestra = 6

U=Cantidad de unidades en la muestra = 680

O=Oportunidad de defectos por unidad =3

$$DPO = \frac{6}{680 \times 3} = 0.002941$$

Por último, se calculó el Yield% para ubicar el nuevo nivel sigma en la tabla de conversión sigma, obteniendo el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} \text{Yield\%} &= (1 - \text{DPO}) \times 100\% \\ \text{Yield\%} &= (1 - 0.002941) \times 100\% \\ \text{Yield\%} &= 99.71\% \end{aligned}$$

Calculando el Yield% se pudo ubicar el nivel sigma en la tabla de conversión sigma, obteniendo 4.3 de nivel sigma, esto quiere decir que por cada millón de oportunidades el proceso tendrá 2,550 defectos por oportunidad.

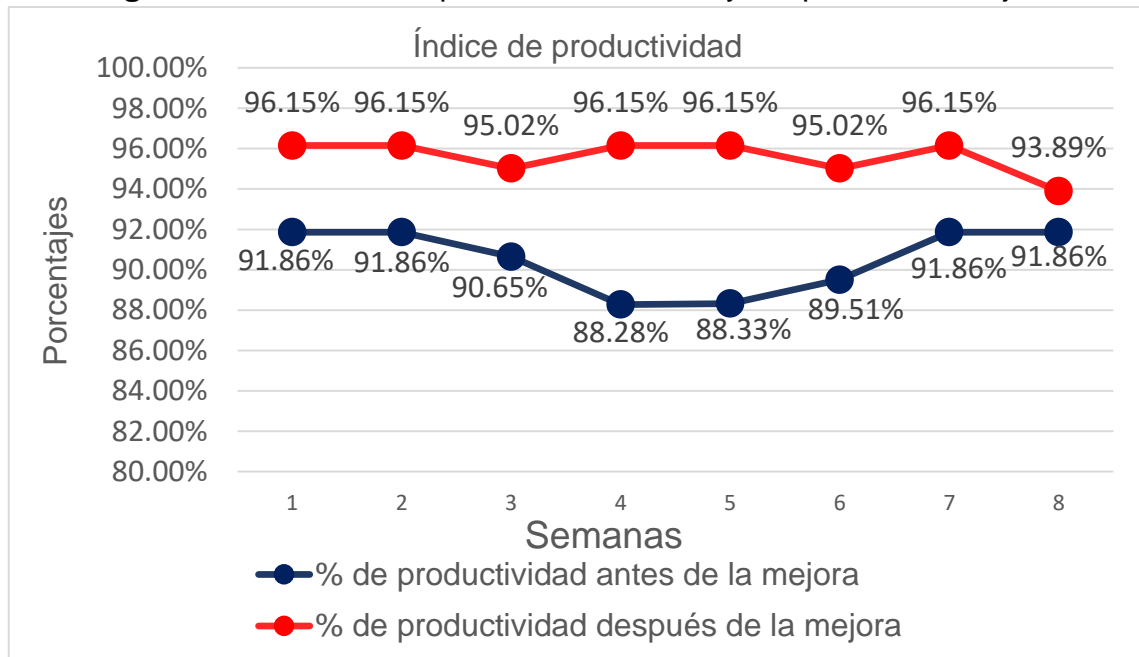
Etapas: Controlar

Gráfico de control

Índice de productividad

Como se puede apreciar en la figura N° 21 se realiza la comparación del índice de productividad antes y después de la mejora, se observa un aumento de productividad gracias a la mejora implementada.

Figura N° 21: Índice de productividad antes y después de la mejora

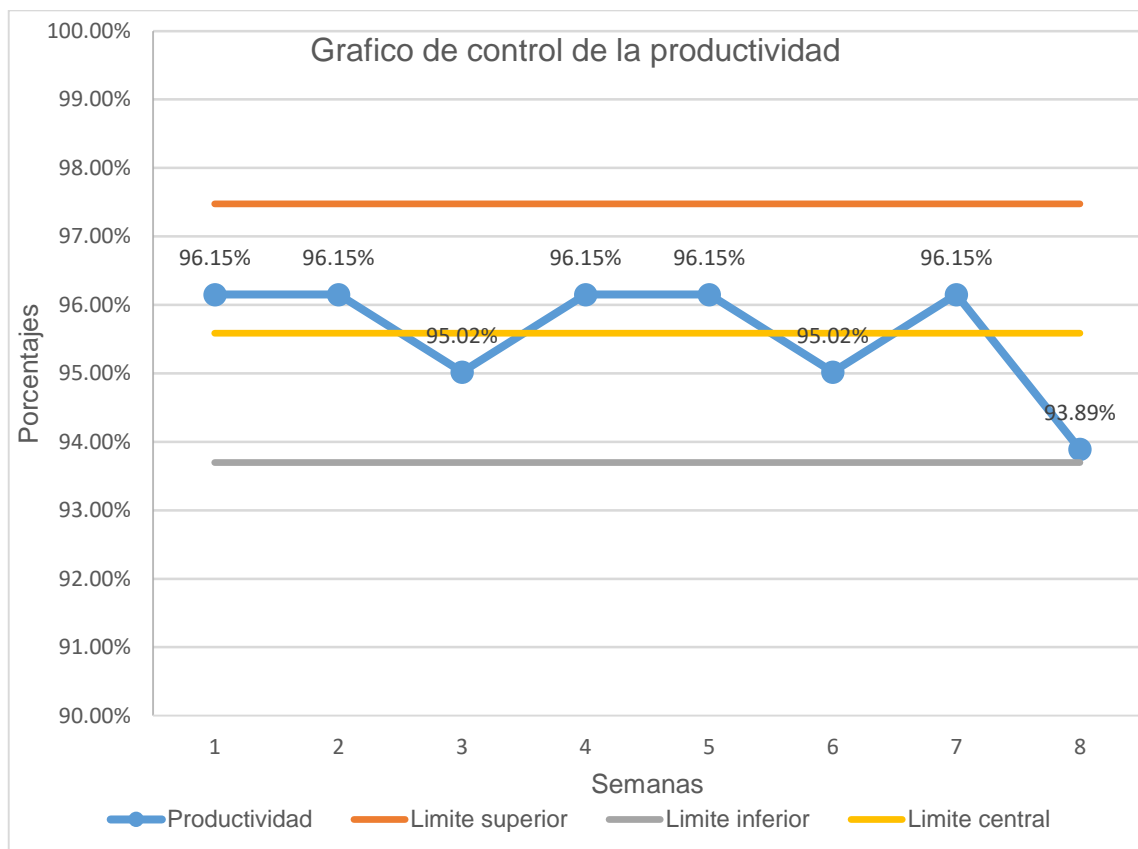


Fuente: Elaboración propia

Control de la productividad

Para controlar la productividad del proceso productivo se realizó un gráfico de control (ver figura N° 22) donde se observa la oscilación de la productividad durante las 8 semanas analizadas. Este grafico nos ayudara a identificar si el sistema está bajo control o si se está perdiendo el control del mismo.

Figura N° 22: Gráfico de control de la productividad



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo

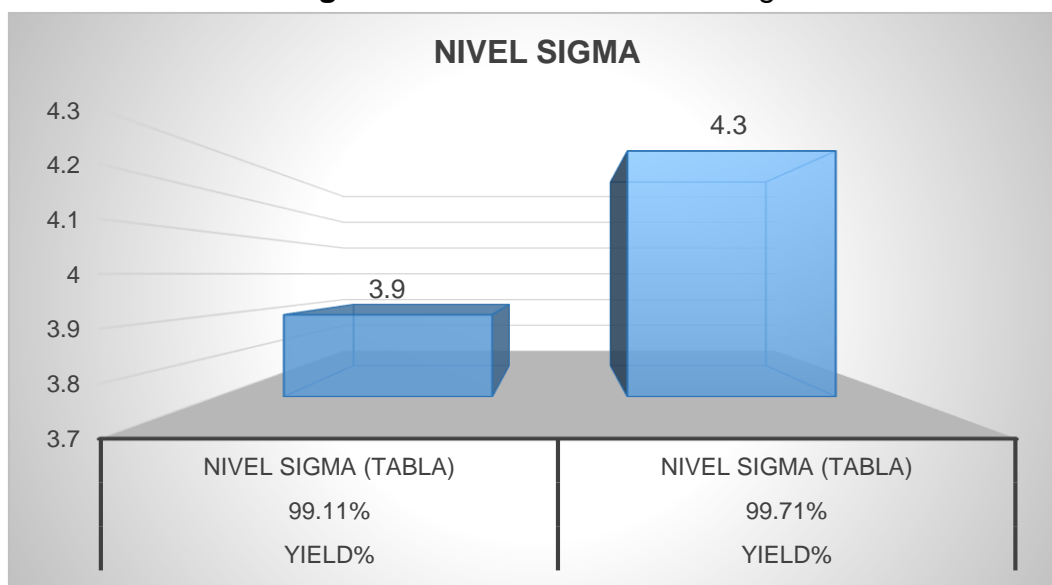
Análisis de la variable independiente Six sigma

Tabla N° 27: Comparación del nivel sigma

Antes		Después	
DPO	8190	DPO	2550
Yield%	99.11%	Yield%	99.71%
Nivel sigma (tabla)	3.9	Nivel sigma (tabla)	4.3

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 23: Gráfico del nivel sigma



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura N° 23, el valor de Yield% antes de la aplicación del Six sigma era de un 99.11%, posterior a la aplicación se observa que se incrementó en un 99.71%, así también se puede inferir que el nivel sigma

aumentó de un 3.9 a un 4.3, entendiéndose de que hubo una disminución de 5640 defectos por oportunidad.

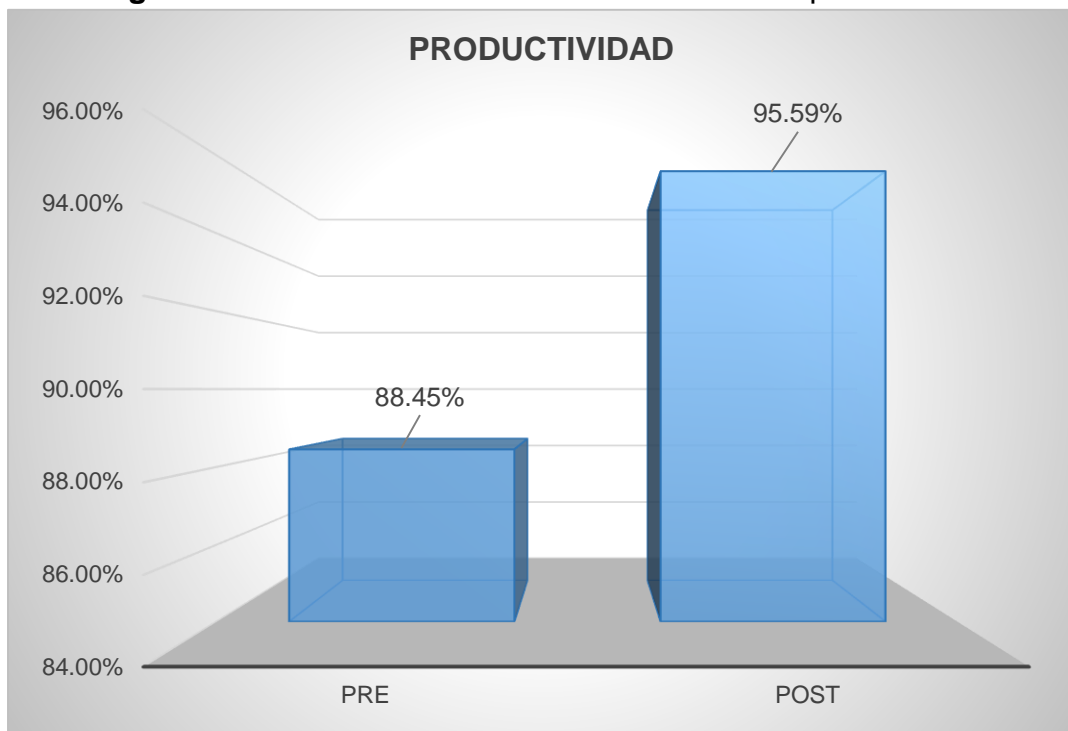
Análisis de la variable dependiente productividad:

Tabla N° 28: Análisis estadístico de la variable productividad

Estadístico		
Productividad antes de la mejora	Media	0,8845
	Nivel de confianza	95%
	Desviación típica	0,965
Productividad después de la mejora	Media	0,9559
	Nivel de confianza	95%
	Desviación típica	0,610

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 24: Gráfico del resultado de la variable productividad



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura N° 24, con la aplicación de la metodología Six sigma, existe un aumento en la productividad, incrementando del 88.45% a un 95.59%, dando como resultado una mejora en un 7.14%.

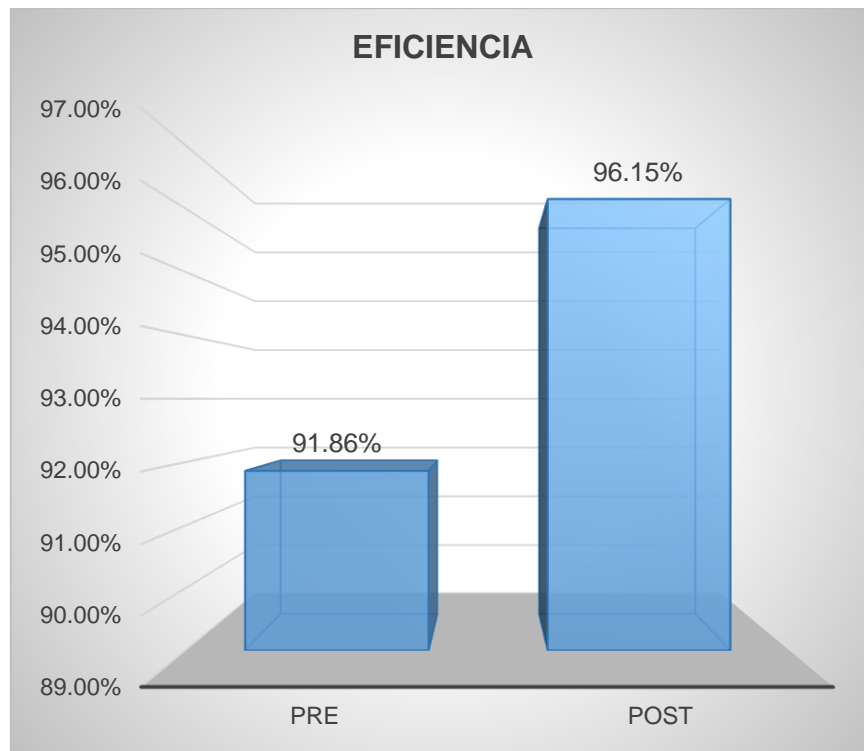
Análisis de la dimensión eficiencia

Tabla N° 29: Análisis estadístico - dimensión eficiencia

Estadístico		
EFICIENCIA ANTES	Media	0,9186
	Nivel de confianza	95%
	Desviación típica	0.8932
EFICIENCIA DESPUES	Media	0,9615
	Nivel de confianza	95%
	Desviación típica	0.5823

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 25: Gráfico del resultado de la eficiencia



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura N° 25, con el uso de la metodología Six sigma, existe un incremento en la eficiencia pasando del 91.86% a un 96.15%, dando como resultado una mejora en un 4.29%.

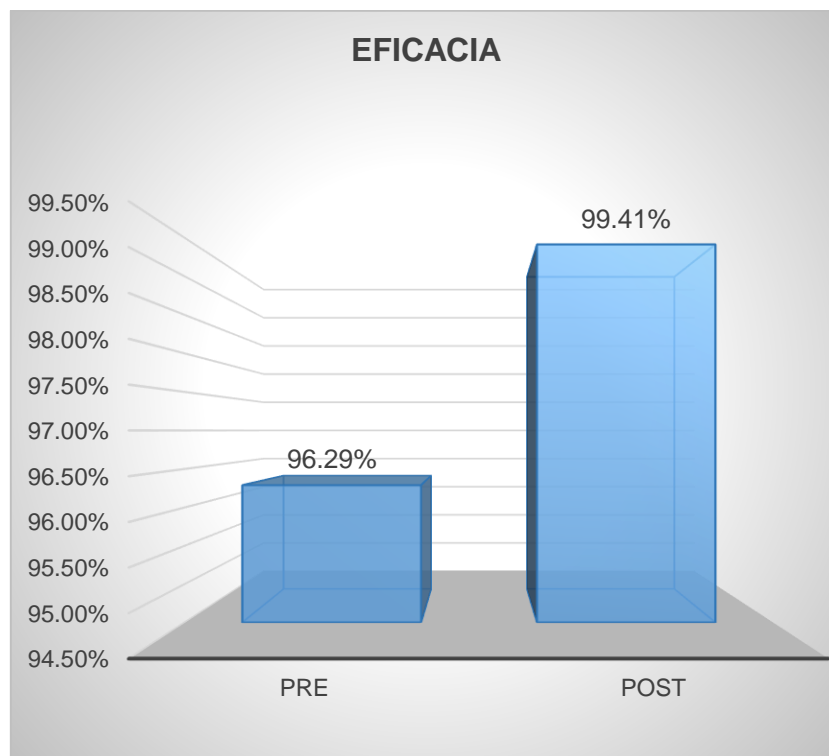
Análisis de la dimensión eficacia

Tabla N° 30: Análisis estadístico - dimensión eficacia

Estadístico		
EFICACIA ANTES	Media	0,9629
	Nivel de confianza	95%
	Desviación típica	0,10685
EFICACIA DESPUES	Media	0,9941
	Nivel de confianza	95%
	Desviación típica	0,225

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 26: Gráfico del resultado de la eficacia



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura N° 26, con el empleo de la metodología Six sigma, se observa un incremento en la eficacia pasando del 96.29% a un 99.41%, dando como resultado una mejora en un 3.12%.

4.2. Análisis inferencial

Resultados estadística inferencial

Hipótesis general

Ho: La aplicación de la metodología Six sigma no incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM – Huancayo.

Ha: La aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM – Huancayo.

Regla de decisión

Ho: Media de la productividad pre \geq Media de la productividad post

Ha: Media de la productividad pre $<$ Media de la productividad post

Tabla N° 31: Análisis estadístico para la hipótesis general

	N	Media	Desviación típica
Productividad pre	8	0.8845	0,965
Productividad post	8	0.9559	0,610

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la comparación de la tabla N° 31, el promedio de la productividad antes de la aplicación del Six sigma fue de 0.8845 y esta es menor que la media posterior a la aplicación que es de 0.9559, por tal razón se cumple la hipótesis alterna que plantea que la media de la productividad pre es menor que la media de la productividad post por lo tanto se acepta la hipótesis alterna que menciona que “la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM – Huancayo”

Hipótesis específica 01

Ho: El uso de la metodología Six sigma no incrementa la eficiencia en el área de producción.

Ha: El uso de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción.

Regla de decisión

Ho: Media de la eficiencia pre \geq Media de la eficiencia post

Ha: Media de la eficiencia pre $<$ Media de la eficiencia post

Tabla N° 32: Análisis estadístico para la hipótesis específica 01

	N	Media	Desviación típica
Eficiencia pre	8	0.9186	0.8932
Eficiencia post	8	0.9615	0.5823

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla N° 32, se realiza una comparación de la eficiencia, teniendo como promedio de la eficiencia 0.9186 antes de aplicar el Six sigma y esta es menor que la media posterior a la aplicación que es de 0.9615, por tal razón se cumple la hipótesis alterna que plantea que la media de la eficiencia pre es menor que la media de la eficiencia post, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna que menciona que “el uso de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción”.

Hipótesis específica 02

Ho: El empleo de la metodología Six sigma no incrementa la eficacia en el área de producción.

Ha: El empleo de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción.

Regla de decisión

Ho: Media de la eficacia pre \geq Media de la eficacia post

Ha: Media de la eficacia pre $<$ Media de la eficacia post

Tabla N° 33: Análisis estadístico para la hipótesis específica 02

	N	Media	Desviación típica
Eficacia pre	8	0.9629	0,10685
Eficacia post	8	0.9941	0,225

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla N° 33 se compara la eficacia, teniendo que el promedio de la eficacia antes de aplicar el Six sigma fue de 0.9629 y esta es menor que la media posterior a la aplicación que es de 0.9941, por tal razón se cumple la hipótesis alterna, que plantea que la media de la eficacia pre es menor que la media de la eficacia post, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que menciona que “el empleo de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción”

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante la investigación realizada se pudo comprobar que con la aplicación de la metodología Six sigma se incrementó la productividad de la empresa APROMAC VM, incrementando del 88.45% a un 95.59%, dando como resultado una mejora en un 7.14%, de la misma manera este resultado coincide con la investigación de Moreno Barrantes Milagros, titulada Aplicación de la metodología Six sigma para incrementar la productividad en el área de pulido en la empresa manufacturas andina metales S.A.C., ATE Vitarte 2017, el cual le generó un incremento en la productividad de un 46% a un 93%, incrementando así en un 47%. De igual manera los resultados de esta investigación coinciden con los resultados de la investigación de Neyra de la Cruz Paul, titulada Aplicación de la metodología Six sigma para el mejoramiento de la productividad en el proceso de pintado automotriz en el área de producción de la empresa factoría Alpaer S.A.C., CARABAYLLO 2016, donde obtuvo un incremento de la productividad en el área de pintado del 19.02% a un 99.22%, teniendo como aumento un 80.02%. Por último, la mejora de la productividad que se obtuvo en la presente investigación coinciden con la mejora la productividad de la investigación de Alata Riveros Elvis, titulada Aplicación de Six sigma para mejorar la productividad del área de Urdido en la empresa La Moda, Lima 2016, donde obtuvo una mejora después de la aplicación de la variable dependiente: Six sigma sobre la variable dependiente: Productividad, dando como resultado un incremento de 4.82% en la productividad.

CONCLUSIONES

- 1.** Se concluye que, con la aplicación de la metodología Six sigma en el área de producción de la empresa APROMAC VM se incrementó la productividad de un 88.45% a un 95.59%, incrementando así en un 7.14%.
- 2.** Se concluye que, con el uso de la metodología Six sigma se incrementó la eficiencia del área de producción de la empresa APROMAC VM, pasando del 91.86% a un 96.15%, incrementando así en un 4.29%.
- 3.** Se concluye que, con el empleo de la metodología Six sigma se incrementó la eficacia del área de producción de la empresa APROMAC VM, pasando del 96.29% a un 99.41%, incrementando así en un 3.12%.
- 4.** Se concluye que, con la aplicación de la metodología Six sigma se incrementó el nivel sigma del área de producción de la empresa APROMAC VM, pasando del 3.9 a un 4.3 de nivel sigma, entendiéndose que hubo una disminución de 5640 defectos por millón oportunidad.

RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda realizar un seguimiento de la implementación, basándose en el indicador de control de productividad para asegurar un correcto funcionamiento del área de producción.
- 2.** Se recomienda realizar un estudio de distribución de planta ya que existen ambientes sin ser utilizados y aumentan los tiempos de traslado.
- 3.** Se recomienda promover el desempeño del personal, con incentivos económicos estableciendo metas ya que los trabajadores son la clave del incremento de la productividad del área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson .
2. Castillo, S. (2008). *Gestión de calidad total con enfoque en la metodología Seis Sigma*. México: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
3. Chávez Genis, E. (2016). *Seis sigma en las pymes: caso de aplicación de una empresa productiva*. Cd. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Crosby, P. (06 de Febrero de 2009). *La calidad como filosofía de gestión*. Obtenido de <http://www.pablogiugni.com.ar/httpwwwpablogiugnicomarp106/>
5. Curillo Curillo, M. (2014). *Análisis y propuesta de mejoramiento de la productividad de la fábrica artesanal de hornos industriales FACOPA*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana .
6. Eckes, G. (2004). *El Six Sigma para todos*. Colombia: Norma.
7. Gomez, F., Tejero, M., & Vilar, J. (2003). *Seis Sigma*. España: Fundación Confemetal.
8. Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
9. Harry, M., & Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: la estrategia de gestión revolucionaria, revolucionando las principales corporaciones del mundo*.
10. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. The McGraw-Hill.
11. Huerga Castro, C., Abad González, J., & Blanco Alonso, P. (2012). *El papel de la estadística en la metodología seis sigma*. León - España: Pecvnia Monográfico.
12. ISO 9000. (2005). *Reproceso*.
13. James, R. E., & William, M. L. (2008). *Administración y control de calidad*. México: Cengage Learning™.
14. Jay, A. (2003). *Six Sigma simplificado*. Panorama.
15. Kanawaty, G. (1998). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
16. Medina, O. (10 de Mayo de 2010). *blogdiario.com*. Obtenido de <http://oszielmedina.blogspot.es/1273527350/>
17. Molano Zapata, A., & Materón Acevedo, C. (2018). *Reducción del tiempo de ciclo para el aumento de la productividad en el proceso de elaboración de*

concentrado para gallinas ponedoras. Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura Colombia.

18. Moreno Barrantes, M. (2017). Aplicación de la metodología Six Sigma para incrementar la productividad en el área de pulido en la empresa manufacturas andina metales S.A.C., ATE Vitarte. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
19. Muñoz Castro, M. (2016). *Aplicación del método Six Sigma para reducir la variabilidad en un proceso de fabricación*. Barcelona: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.
20. Neyra de la Cruz, P. (2016). Aplicación de la metodología Six Sigma para el mejoramiento de la productividad en el proceso de pintado automotriz en el área de producción de la empresa factoría Alpaer S.A.C., CARABAYLLO 2016. Perú: Universidad Cesar Vallejo.
21. Orozco Cardozo, E. (2015). Plan de mejora para aumentar la productividad en el área de producción de la empresa confecciones deportivas todo sport Chiclayo – 2015. Perú: Universidad Señor de Sipán.
22. Parrales Rizzo, V., & Tamayo Vargas, J. (2012). Diseño de un modelo de gestión estratégica para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una empresa procesadora de alimentos balanceados. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Litoral.
23. Prieto Matzuki, P. (2008). Uso de la metodología six sigma como referencia para la optimización de un área de mantenimiento de planta. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
24. Ramírez , T. (1999). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Caracas: Editorial Panapo.
25. Ramírez Castaño, S. (2014). *Análisis de datos de fallas*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
26. Romero Hernández, S. (2012). *Aplicación de la metodología six sigma en ayuntamientos y administraciones públicas*. Colombia: Universidad Los Andes.
27. Sabino Carlos. (1991). Diccionario de economía y finanzas. Caracas: Editorial Panapo.
28. Sachiko Nakata. (2014). *Planificación y control de la producción*. Extensión Maturin.
29. Salazar López, B. (2016). *Ingenieriaindustrial.com*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/nivel-sigma-y-dpmo/>

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: SIX SIGMA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE MACA				
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	FORMULACIÓN DEL OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cómo la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM - Huancayo?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Aplicar la metodología Six sigma para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM - Huancayo.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>La aplicación de la metodología Six sigma incrementa la productividad en el área de producción de la empresa APROMAC VM - Huancayo.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Six Sigma</p> <p>DIMENSIONES:</p> <p>Definir Medir Analizar Mejorar Controlar</p>	<p>- Se utilizó el método científico. - El tipo de investigación es aplicada. - El nivel de la investigación es explicativo. - El diseño de la investigación es experimental de tipo cuasi experimental.</p> <p>Dónde:</p> <p style="text-align: center;">G O1 X O2</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) ¿En qué medida la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción?</p> <p>b) ¿De qué manera la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) Determinar en qué medida la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción.</p> <p>b) Indicar de qué manera la aplicación de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>a) El uso de la metodología Six sigma incrementa la eficiencia en el área de producción de la empresa.</p> <p>b) El empleo de la metodología Six sigma incrementa la eficacia en el área de producción.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Productividad</p> <p>DIMENSIONES:</p> <p>Eficiencia Eficacia</p>	<p>G = Grupo experimental O1 = Pre test O2 = Post test X = Manipulación de la variable independiente</p> <p>- La población está conformada por la producción de 1687 bolsas de maca durante 5 meses de la empresa APROMAC VM.</p> <p>- La muestra es de tipo no probabilístico por juicio dirigido y está conformada por la producción de 620 bolsas de maca durante 2 meses antes y 680 bolsas de maca durante 2 meses después de la aplicación de la metodología Six sigma en el área de producción de la empresa APROMAC VM.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 03: Presupuesto para el desarrollo del proyecto

Descripción	Cantidad	Cst. por und (S/.)	Costo total (S/.)
Impresiones	80	0.2	16
Fotocopias	50	0.1	5
Tapa boca	2 cajas	20	40
Guardapolvo	1	40	40
Orejeras	1	35	35
Lentes	1	35	35
Imprevistos	1	150	150
Total			S/. 321


Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 04: Aplicación de la técnica del focus group



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 05: 1ra validación del instrumento que mide la variable Six sigma



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE SIX SIGMA

N°	DIMENSIONES	PERTINENCIA ¹		RELEVANCIA ²		CLARIDAD ³		Aportes / Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	DEFINIR							
	Porcentaje de frecuencia de fallas	X		X		X		
2	MEDIR							
	Porcentaje de tiempo no utilizado	X		X		X		
3	ANALIZAR							
	Porcentaje de productividad	X		X		X		
	Nivel Sigma	X		X		X		
4	MEJORAR							
	Porcentaje de mejora	X		X		X		
5	CONTROLAR							
	Porcentaje de productividad	X		X		X		


Observaciones (precisar si hay suficiencia) SI ES APLICABLE

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) No aplicable ()

Apellidos y Nombres del Juez validador. Dr./Mg./Ing.: CARAHAYOMA ARZAGA RICARDO ANTONIO DNI: 45529382

Especialidad del evaluador: INGENIERO INDUSTRIAL N° de CIP: 211625

.D.S. de del 2018




Firma del especialista

PERTINENCIA¹: El ítem pertenece al concepto teórico formulado.
RELEVANCIA²: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
CLARIDAD³: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem.
 Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 06: 2da validación del instrumento que mide la variable Six sigma



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE SIX SIGMA


N°	DIMENSIONES	PERTINENCIA ¹		RELEVANCIA ²		CLARIDAD ³		Aportes / Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	DEFINIR							
	Porcentaje de frecuencia de fallas	X		X		X		
2	MEDIR							
	Porcentaje de tiempo no utilizado	X		X		X		
3	ANALIZAR							
	Porcentaje de productividad	X		X		X		
	Nivel Sigma	X		X		X		
4	MEJORAR							
	Porcentaje de mejora	X		X		X		
5	CONTROLAR							
	Porcentaje de productividad	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia) Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) No aplicable ()

Apellidos y Nombres del Juez validador. Dr./Mg./Ing.: Milka Gloria Godiño Poma DNI: 20037711

Especialidad del evaluador: Ing. Industrial N° de CIP: 126028 de 04 de 06 del 2018



Firma del especialista

PERTINENCIA¹: El ítem pertenece al concepto teórico formulado.


RELEVANCIA²: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

CLARIDAD³: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem.

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

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 07: 3ra validación del instrumento que mide la variable Six sigma



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE SIX SIGMA

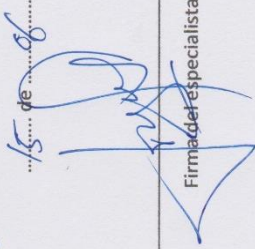
N°	DIMENSIONES	PERTINENCIA ¹		RELEVANCIA ²		CLARIDAD ³		Aportes / Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	DEFINIR							
	Porcentaje de frecuencia de fallas	X		X		X		
2	MEDIR							
	Porcentaje de tiempo no utilizado	X		X		X		
3	ANALIZAR							
	Porcentaje de productividad	X		X		X		
	Nivel Sigma	X		X		X		
4	MEJORAR							
	Porcentaje de mejora	X		X		X		
5	CONTROLAR							
	Porcentaje de productividad	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia) _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) No aplicable ()

Apellidos y Nombres del Juez validador. Dr./Mg./Ing.: Jorge F. Garcia Cuba DNI: 44401034

Especialidad del evaluador: _____ N° de CIP: 199485 .../5 de .../5 del 2018



Firmado por especialista

PERTINENCIA¹: El ítem pertenece al concepto teórico formulado.


RELEVANCIA²: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

CLARIDAD³: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem.

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

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 08: 1ra validación del instrumento que mide la variable Productividad



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

N°	DIMENSIONES	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		Aportes / Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	EFICIENCIA							
	Porcentaje de eficiencia	X		X		X		
2	EFICACIA							
	Porcentaje de eficacia	X		X		X		


Observaciones (precisar si hay suficiencia) SI ES APLICABLE

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) No aplicable ()

Apellidos y Nombres del Juez validador. Dr./Mg./Ing.: CARRASPOA ARTEAGA RICARDO ANTONIO DNI: 45529382

Especialidad del evaluador: INGENIERO INDUSTRIAL N° de CIP: 211625

..... de del 2018


 Firma del especialista

PERTINENCIA ¹: El ítem pertenece al concepto teórico formulado.


RELEVANCIA ²: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

CLARIDAD ³: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem.

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

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 09: 2da validación del instrumento que mide la variable Productividad



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

N°	DIMENSIONES	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		Aportes / Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	EFICIENCIA Porcentaje de eficiencia	X		X		X		
2	EFICACIA Porcentaje de eficacia	X		X		X		


Observaciones (precisar si hay suficiencia) Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()

Apellidos y Nombres del Juez validador. Dr./Mg./Ing.: Milka Gloria Godiño Poma DNI: 20037711

Especialidad del evaluador: Ing. Industrial N° de CIP: 12602B

...04... de ...06... del 2018



Milka Gloria Godiño Poma
INGENIERA INDUSTRIAL
CP N° 12602B

Firma del especialista

PERTINENCIA ¹: El ítem pertenece al concepto teórico formulado.


RELEVANCIA ²: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

CLARIDAD ³: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem.

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

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 10: 3ra validación del instrumento que mide la variable Productividad



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

N°	DIMENSIONES	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		Aportes / Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	EFICIENCIA Porcentaje de eficiencia	X		X		X		
2	EFICACIA Porcentaje de eficacia	X		X		X		


Observaciones (precisar si hay suficiencia) _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) No aplicable ()

Apellidos y Nombres del Juez validador. Dr./Mg./Ing. José F. Guech Cuba DNI: 4140103X

Especialidad del evaluador: _____ N° de CIP: 199485

...15... de del 2018



Firma del especialista

PERTINENCIA¹: El ítem pertenece al concepto teórico formulado.

RELEVANCIA²: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

CLARIDAD³: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem.

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

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 11: Recolección de datos de la empresa



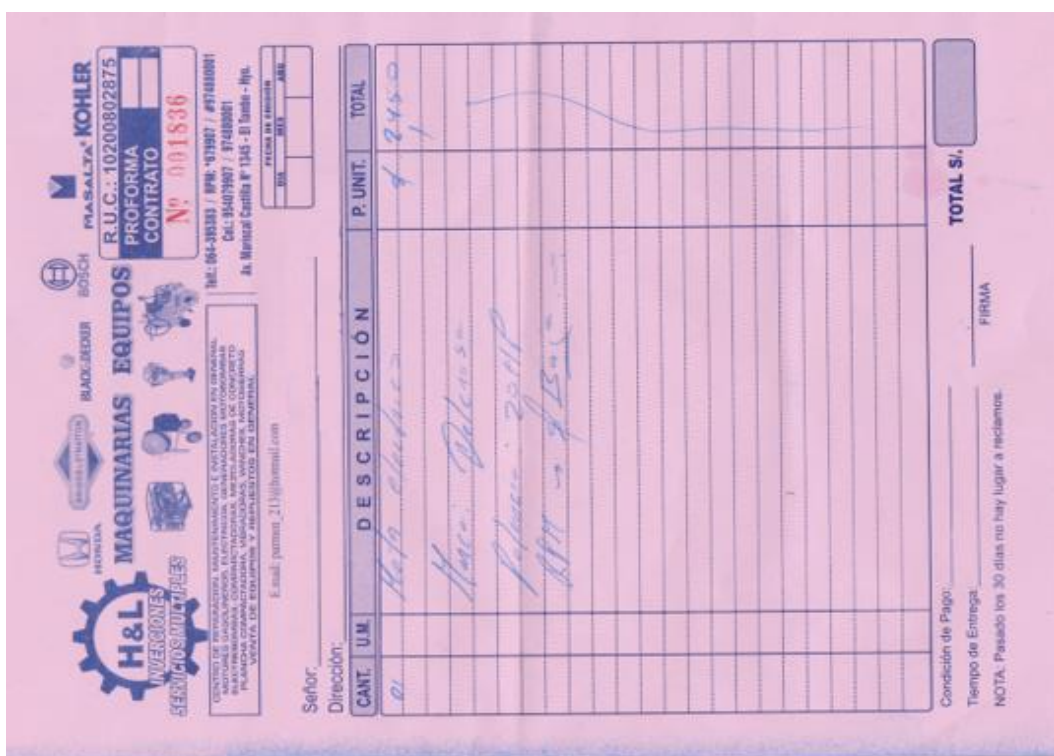
Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 12: Motor del molino antes de la mejora



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 15: 3ra cotización del motor trifásico de 20 HP



Fuente: Inversiones servicios múltiples.

Anexo N° 16: Costo beneficio de la implementación

Costo beneficio de la implementación de la metodología Six sigma						
	Periodo cero	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Saldo anterior	S/.0.00	-S/.2,450.00	S/.343.24	S/.3,136.47	S/.5,929.71	S/.8,722.94
Ventas	S/.0.00	S/.3,360.00	S/.3,360.00	S/.3,360.00	S/.3,360.00	S/.3,360.00
Inversión	-S/.2,450.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Sueldos	S/.0.00	-S/.188.76	-S/.188.76	-S/.188.76	-S/.188.76	-S/.188.76
Materia prima	S/.0.00	-S/.378.00	-S/.378.00	-S/.378.00	-S/.378.00	-S/.378.00
Total de salida	-S/.2,450.00	-S/.566.76	-S/.566.76	-S/.566.76	-S/.566.76	-S/.566.76
Saldo final	-S/.2,450.00	S/.2,793.24	S/.2,793.24	S/.2,793.24	S/.2,793.24	S/.2,793.24
Saldo final acumulado	-S/.2,450.00	S/.343.24	S/.3,136.47	S/.5,929.71	S/.8,722.94	S/.11,516.18

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 17: Aprobación del gerente para otorgar el presupuesto para la compra del motor trifásico de 20HP



APROMAC – VM
RUC: 20486014998
Cel: 964796979
Apromacv@yahoo.es
Pasaje Esmeralda N° 211 - Chilca

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE MACA DEL VALLE DEL MATARO

**APROBACIÓN DEL PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN SIX SIGMA
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE MACA"**

PRESUPUESTO					
N°	Concepto	Detalles	Cantidad (unidades)	Precio	Importe
1	Motor de inducción trifásica, marca "DELCROSA"	Tipo: B160M4/ED/ER HP: 20	1	2,450	2,450
		Instalación	1	---	---
Total				2,450	

Huancayo, 19 de julio del 2018


Ing. Efraín Zúñiga Molina
Presidente de la Asociación
APROMAC – VM
EFRAÍN ZÚÑIGA M.
PRESIDENTE
APROMAC VM

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 18: Motor del molino después de la mejora



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 19: Productos terminados de la empresa APROMAC VM



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 20: Preparación del área de trabajo



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 21: Selección de la maca



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 22: Inspección de la maca deshidratada



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 23: Procesamiento de la maca



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 24: Maca procesada en costales



Fuente: APROMAC VM

Anexo N° 25: Escala de valoración – Norma Británica

Escala	Descripción
0	Actividad nula
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros, parece dormido, sin interés en el trabajo
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido, Parece lento pero no pierde tiempo
100	Activo, capaz, como de operario calificado medio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima del anterior.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por varios períodos.

Fuente: Introducción al estudio del trabajo – segunda edición OIT

Anexo N° 27: Cronograma de mantenimiento de las máquinas y equipos

Cronograma de mantenimiento de máquinas / equipos												
Nombre de la maquina o equipo	Extrusora		Año	2018								
Componente analizado	Motor											
Marca	Delcrosa											
Serie	15D78/LR2040											
Actividad \ Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Limpieza												
Revisión												
Mantenimiento preventivo												
Mantenimiento correctivo	Cuando es necesario											
Observaciones:												
1.-												
2.-												
3.-												
4.-												

Fuente: APROMAC – VM

Anexo N° 28: Ficha de toma de tiempos

FICHA DE TOMA DE TIEMPOS													
	Ficha N°							Estudio N°					
	Estudiado por	Kenedy Fabián Aguilar Silva						Área					
	Fecha	DD/MM/AAAA						Proceso					
	Hora de inicio				Hora de término				Tiempo transcurrido				
	Tipo de cronometraje	Acumulativo / vuelta a cero						Cantidad de entrada (Kg)					
	Kg de maca procesada por tiempo							Cantidad de salida (Kg)					
	Operario												
Tiempos tomados													
N°	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													


Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 29: Ficha de cantidad de producción

FICHA DE CANTIDAD DE PRODUCCIÓN						
	Ficha N°			Producto	Harina de maca gelatinizada	
	Estudiado por	Kenedy Aguilar Silva		Tipo de test	Pre test / Post test	
	Área	Almacén		Comprobado por		
n°	Fecha	Unidades producidas (10kg)	Unidades defectuosas	Unidades conformes	Total de Kg al inicio del proceso	Total de Kg al final de proceso
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 30: Ficha de fallas y defectos

FICHA DE FALLAS Y DEFECTOS				
	Ficha N°		Área	
	Desde	DD/MM/AA	Hasta	DD/MM/AA
	Estudiado por	Kenedy Fabián Aguilar Silva		
N°	Tipo de fallas o defectos	Descripción		N° veces
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 31: Tiempos tomados de los procesos del área de producción

N°	Proceso	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
1	Selección de maca	Selección y llenado de maca en costales	4.58	4.78	5.17	4.62	4.65	4.78	4.67	5.22	4.67	4.70	
		Pesado de los costales	0.28	0.25	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.25	0.27	0.28	0.27
2	Deshidratado de la maca	Vaciado de la maca cruda en el horno	0.52	0.55	0.50	0.53	0.57	0.55	0.52	0.57	0.57	0.52	0.48
		Deshidratado de la maca	11.12	10.93	11.15	10.97	11.18	11.12	11.12	10.98	11.22	11.15	11.27
		Retirado de la maca del horno en bandeja	1.05	1.10	1.12	1.23	1.27	1.22	1.22	1.23	1.27	1.25	1.22
		Revisión y retiro de impurezas	1.22	1.25	1.20	1.28	1.30	1.25	1.25	1.27	1.27	1.20	1.32
3	Picado de la maca	Llenado de la maca deshidratada en costales	0.58	0.62	0.55	0.67	0.62	0.60	0.62	0.62	0.65	0.58	0.62
		Vaciado y picado de la maca	1.41	1.43	1.42	1.41	1.52	1.45	1.45	1.44	1.45	1.43	1.45
		Llenado de la maca picada en costales	0.75	0.74	0.74	0.80	0.79	0.83	0.83	0.81	0.81	0.82	0.84
4	Extruido de la maca	Vaciado y extruido de la maca	6.83	6.90	7.23	7.35	6.93	6.82	6.87	6.97	7.27	6.83	
		Vaciado de la maca a la mesa	0.61	0.63	0.55	0.60	0.61	0.58	0.58	0.58	0.54	0.60	0.61
5	Partido de la maca extruida	Partido de la maca extruida	6.28	6.73	6.83	6.98	6.42	6.38	6.61	6.69	6.61	6.61	6.91
		Llenado de la maca partida en costales	0.69	0.63	0.66	0.67	0.66	0.68	0.68	0.64	0.65	0.72	0.63
6	Picado de la maca partida	Vaciado y picado de la maca	1.20	1.19	1.18	1.30	1.24	1.30	1.31	1.21	1.21	1.21	1.29
		Llenado de la maca picada en costales	0.73	0.71	0.80	0.72	0.81	0.79	0.79	0.83	0.84	0.81	0.82
7	Molido de la maca	Vaciado y molido de la maca	1.53	1.48	1.53	1.56	1.46	1.63	1.62	1.62	1.62	1.64	1.63
		Llenado de la maca molida en costales	0.78	0.74	0.63	0.66	0.73	0.72	0.72	0.65	0.66	0.66	0.66
8	Tamizado	Vaciado y tamizado de la maca en una mesa	10.78	11.22	11.19	11.42	11.26	11.47	11.32	11.32	11.32	11.46	11.52
		Llenado de la maca tamizada en costales	0.66	0.69	0.74	0.65	0.64	0.76	0.76	0.76	0.75	0.73	0.74
9	Ozonizado	Vaciado de la maca en el ozonizador	0.40	0.43	0.47	0.41	0.47	0.43	0.44	0.44	0.46	0.44	0.47
		Ozonizado y retiro de la maca	9.27	9.23	9.27	9.29	9.24	9.22	9.22	9.26	9.23	9.20	9.27
10	Pesado	Llenado, pesado y sellado de las bolsas de maca	2.75	2.85	2.50	2.60	2.70	2.55	2.75	2.85	2.60	2.95	
11	Empaquetado	Embalado de las bolsas de maca	0.73	0.75	0.80	0.85	0.78	0.83	0.90	0.78	0.88	0.80	

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 32: Tiempos adicionales determinados con la fórmula del tamaño de muestra

N°	Proceso	Actividades	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
1	Selección de maca	Selección y llenado de maca	4.88	4.85	4.83				
		Pesado de los costales	0.25	0.28	0.28				
2	Deshidratado de la maca	Vaciado de la maca cruda en	0.52	0.48	0.52	0.50			
		Deshidratado de la maca							
		do de la maca del horno en ba	1.25	1.22	1.22	1.27	1.23	1.25	
		Revisión y retirado de	1.28	1.27					
		Llenado de la maca	0.58	0.57	0.62	0.58			
3	Picado de la maca	Vaciado y picado de la maca	1.48						
		Llenado de la maca picada	0.79	0.82	0.81				
4	Extruido de la maca	Vaciado y extruido de la	7.97						
5	Partido de la maca extruida	Vaciado de la maca a la	0.62	0.63	0.60				
		Partido de la maca extruida	7.22	7.18					
		Llenado de la maca partida	0.67	0.68	0.69				
6	Picado de la maca partida	Vaciado y picado de la maca	1.25	1.29	1.30				
		Llenado de la maca picada	0.80	0.81	0.73	0.81	0.83		
7	Molido de la maca	Vaciado y molido de la maca	1.60	1.61	1.59				
		Llenado de la maca molida	0.65	0.63	0.66	0.72	0.74	0.73	0.74
8	Tamizado	Vaciado y tamizado de la	11.29						
		Llenado de la maca tamizada	0.66	0.65	0.74	0.76	0.77	0.64	
9	Ozonizado	Vaciado de la maca en el	0.41	0.44	0.41	0.40	0.46		
		Ozonizado y retirado de la							
10	Pesado	Llenado, pesado y sellado de las bolsas de maca	2.75	2.80	2.65	2.70			
11	Empaquetado	Embalado de las bolsas de maca	0.83	0.90	0.85	0.80	0.80	0.88	0.90

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 33: Procesamiento del tiempo de ciclo

N°	Proceso	Σ T/#T	T.Obs	Valoración	T. normal	Tolerancia	T.C. x actividad	T.C. x Proceso
1	Selección de maca	4.80	4.80	75%	3.60	30%	4.68	4.94
		0.27	0.27	75%	0.20	30%	0.26	
2	Deshidratado de la maca	0.52	0.52	100%	0.52	38%	0.72	20.29
		11.11	11.11	100%	11.11	38%	15.33	
		1.21	1.21	100%	1.21	38%	1.67	
		1.26	1.26	100%	1.26	38%	1.73	
		0.60	0.60	100%	0.60	38%	0.83	
3	Picado de la maca	1.44	1.44	100%	1.44	34%	1.68	2.73
		0.80	0.80	100%	0.80	34%	1.06	
4	Extruido de la maca	7.09	7.09	100%	7.09	16%	8.22	8.22
5	Partido de la maca extruida	0.60	0.60	75%	0.45	18%	0.53	7.08
		6.73	6.73	75%	5.05	18%	5.96	
		0.66	0.66	75%	0.50	18%	0.59	
6	Picado de la maca partida	1.25	1.25	100%	1.25	34%	1.68	2.73
		0.79	0.79	100%	0.79	34%	1.06	
7	Molido de la maca	1.58	1.58	100%	1.58	12%	1.77	2.54
		0.69	0.69	100%	0.69	12%	0.77	
8	Tamizado	11.30	11.30	75%	8.47	18%	10.00	10.62
		0.71	0.71	75%	0.53	18%	0.63	
9	Ozonizado	0.44	0.44	100%	0.44	10%	0.48	10.65
		9.25	9.25	100%	9.25	10%	10.17	
10	Pesado	2.71	2.71	75%	2.04	16%	2.36	2.36
11	Empaquetado	0.83	0.83	100%	0.83	32%	1.09	1.09
							T.C (minutos)	73.27
							T. Traslados (min)	1.52
							T.C. total (min)	74.79
							T.C. total (horas)	1.25

Fuente: Elaboración propia