



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de investigación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Industrial.

Título del Proyecto de Investigación:

**PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE SECADO DE
MAÍZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA**

Autores:

Kevin Valentin Padilla Zamora
Michael Jordan Remache Contreras

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Edison Marcelo Mancheno Padilla

Quevedo – Los Ríos – Ecuador.


2022



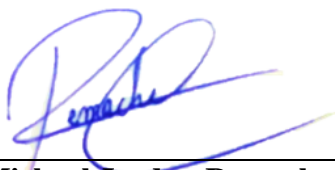
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, Kevin Valentin Padilla Zamora y Michael Jordan Remache Contreras, declaramos que la investigación aquí descrita es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. 

Kevin Valentin Padilla Zamora
C.C. # 1207890656

f. 

Michael Jordan Remache
Contreras
C.C. # 1206775007



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. Edison Marcelo Mancheno Padilla, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes **Kevin Valentin Padilla Zamora** y **Michael Jordan Remache Contreras**, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “**PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Firmado electrónicamente por:
**EDISON MARCELO
MANCHENO PADILLA**

.....

Ing. Edison Marcelo Mancheno Padilla
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.

Yo, Ing. Edison Marcelo Mancheno Padilla. En calidad de director de proyecto de investigación titulado “**PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA**”, me permito manifestar a usted y por intermedio de la presente al consejo académico de la facultad lo siguiente.

Que los estudiantes, Kevin Valentin Padilla Zamora y Michael Jordan Remache Contreras, egresados de la Facultad De Ciencias de la Industria y Producción, de la carrera de Ingeniería Industrial, han cumplido con las correcciones pertinentes, e ingresado su proyecto de investigación al sistema URKUND, tengo a bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema antiplagio con el porcentaje de 5%

Document Information

Analyzed document	Proyecto de Investigación - Six Sigma.docx (D145308268)
Submitted	10/1/2022 3:12:00 AM
Submitted by	
Submitter email	michael.remache2017@uteq.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	emanchenop.uteq@analysis.urkund.com



Firmado electrónicamente por:
**EDISON MARCELO
MANCHENO PADILLA**

.....
Ing. Edison Marcelo Mancheno Padilla
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Plan de mejora de la calidad en el proceso de secado de maíz mediante la aplicación de la metodología Six Sigma”

Presentando Al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:
**MERCEDES CLEOPATRA
MOREIRA MENENDEZ**

Ing. Mercedes Moreira Menéndez, M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**DANNY
ALEXANDER
RIVAS SIERRA**

Ing. Rivas Sierra Danny Alexander, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**WALTER
JOFFRED
JACOME VELEZ**

Firmado digitalmente por
WALTER JOFFRED JACOME
VELEZ
Fecha: 2022.11.22 21:54:35
-05'00'

Ing. Jácome Vélez Walter Joffred, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a mis Padres y demás familiares quienes durante mi carrera universitaria me han apoyado para conseguir este objetivo, a mis amigos con los cuales he compartido momentos inolvidables y han hecho más amena esta etapa de mi vida.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo como entidad, que me ha permitido prepararme y desarrollarme como profesional, al tutor de esta tesis y demás ingenieros los cuales han sido parte de mi preparación y me han orientado a lo largo de vida estudiantil en esta prestigiosa institución.

Padilla Zamora Kevin Valentin

A Dios padre todo poderoso por sus múltiples bendiciones en mi vida personal y estudiantil que me permitieron cumplir este proceso académico con éxito.

A mis padres por su inquebrantable apoyo durante mi formación académica, quienes con su esfuerzo y consejos me permitieron alcanzar este objetivo planteado en mi vida.

A mis hermanos, abuela, sobrina y mi pareja quienes en mi vida representan una motivación para el deseo de superación constante, así como a mis compañeros que brindaron el apoyo en momentos difíciles.

A ese prestigioso templo del saber como lo es la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por su excelente estructura organizacional para la formación de profesionales éticos.

De igual forma a los diferentes catedráticos que impartieron sus sabios conocimientos a lo largo del proceso, y mi tutor del presente proyecto por orientar el desarrollo del mismo.

Remache Contreras Michael Jordan

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado principalmente a Dios por bendecirme y brindarme la sabiduría necesaria durante mi etapa de estudios.

A mi madre Eloísa Zamora y mi Padre Jacobo Padilla, quienes fueron los grandes artífices de este logro conseguido, inculcándome los valores que hoy en día me definen como persona y dándome su apoyo incondicional para la consecución de este objetivo, por lo cual estoy eternamente agradecido.

Padilla Zamora Kevin Valentin

Este objetivo cumplido lo dedico a mi Dios por derramar sus bendiciones en cada objetivo planteado en mi vida, y otorgarme el don de la sabiduría para cumplir estas metas.

A los seres más importante en mi vida como lo son mi madre Sandra Contreras y mi padre Georgi Remache, por inculcar en mí, valores como perseverancia, responsabilidad y esfuerzo para no desmayar en este arduo proceso de formación profesional, además de su apoyo moral y económico que permitió lograr este proyecto de titulación.

A mis hermanos Cristhian, Lady y Brigitte, así como a mi abuela Isabel, quienes brindaron sus palabras de aliento y motivación para no flaquear fuerzas en este proceso.

A esa maravillosa persona que llevo a nuestras vidas hace 4 años, mi amada sobrina Keyla, quien transmite hacia mí, esa alegría y angelical ternura que la caracteriza y me motiva a seguir adelante día a día.

A la mujer que ha compartido a mi lado los momentos de alegrías y dificultades en este proceso, mi amada novia Brithany quien me aconseja y brinda apoyo incondicional para superar los obstáculos.

Remache Contreras Michael Jordan

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad elaborar un “**Plan de mejora de la calidad en el proceso de secado de maíz mediante la aplicación de la metodología Six Sigma**”, identificando en primer lugar las actividades que conlleva dicho proceso de producción, lo que permitió elaborar los diagramas de flujo de proceso y de recorrido, posteriormente se analizó cada uno de los 7 tipos de muda o desperdicios de una empresa, estableciendo que uno de los despilfarros de producto final más considerables se da en las mermas de la masa final del grano en la muda de sobre proceso, ya que, si se recibe un maíz con excesiva humedad (34%) y elevado contenido de impurezas (5%) una masa de 800qq puede mermar hasta un 27,20% (217,7qq), esto si se alcanza el 13% de humedad y 1% de impurezas que establece la norma INEN para la comercialización de maíz. Por medio de un diagrama de Ishikawa se estableció las causas que generan el daño del maíz en el proceso de secado, para luego ser clasificados mediante Pareto donde el 80% de los problemas de calidad que se presentan en el proceso, se deben a la presencia de plagas y roedores, exceso de humedad al momento de la recepción y un elevado contenido de impurezas. Para el desarrollo del último resultado, se implementó la metodología Six sigma DMAMC en cada una de sus fases las cuales son Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, aplicando diferentes herramientas Lean Manufacturing, derivando en el planteamiento de tres propuestas de mejora para el proceso del secado de maíz, con el objetivo de reducir la variabilidad estadística que existe en el proceso, además del diseño de una propuesta de Dashboard que permita monitorear de forma periódica los datos que se generen a diario en las comercializadoras.

Palabras clave: Six Sigma, Mudas, Plan de Mejora, Metodología.

ABSTRACT

The purpose of this research project is to develop a "Plan for quality improvement in the corn drying process through the application of the Six Sigma methodology", identifying in the first place the activities that this production process entails, which allowed elaborate process and route flow diagrams, later each of the 7 types of shedding or waste of a company was analyzed, establishing that one of the most considerable waste of final product occurs in the decreases in the final mass of the grain in the over-process moult, since, if a corn with excessive moisture (34%) and a high content of impurities (5%) is received, a mass of 800qq can reduce up to 27.20% (217.7qq), this if it reaches 13% moisture and 1% impurities established by the INEN standard for corn marketing. By means of an Ishikawa diagram, the causes that generate the damage of the corn in the drying process were established, to later be classified by Pareto where 80% of the quality problems that occur in the process are due to the presence of pests and rodents, excess humidity at the time of reception and a high content of impurities. For the development of the last result, the Six Sigma DMAIC methodology was implemented in each of its phases, which are Define, Measure, Analyze, Improve and Control, applying different Lean Manufacturing tools, resulting in the approach of three improvement proposals for the corn drying process, with the aim of reducing the statistical variability that exists in the process, in addition to the design of a Dashboard proposal that allows periodic monitoring of the data generated daily in the marketers.

Keywords: Six Sigma, Mudass, Improvement Plan, Methodology.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
CÓDIGO DUBLIN	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1.Problema de investigación.....	4
1.1.1.Planteamiento del problema.....	4
1.1.1.1.Diagnóstico.	4
1.1.1.2. Pronóstico	5
1.1.2.Formulación del problema.	5
1.1.3.Sistematización del problema.	5
1.2.Objetivos.....	6
1.2.1.Objetivo general.	6
1.2.2.Objetivos específicos.....	6
1.3.Justificación.	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1.Marco conceptual.....	9

2.1.1.El maíz.....	9
2.1.2.Secado del maíz.	9
2.1.3.Humedad de los granos.	10
2.1.4.Metodología Six Sigma.	10
2.1.5.Herramientas Six Sigma.	11
2.1.5.1.Diagramas de causa y efecto / Diagrama de espina de pescado.	11
2.1.5.2.Cartas de Pareto.....	11
2.1.5.3.Gráficos de control.	12
2.1.5.4.Diagramas de dispersión.....	12
2.1.5.5.Histogramas.	12
2.1.5.6.Diagramas de flujo.	12
2.1.5.7.Listas de verificación.....	13
2.1.6.Métricas Six Sigma.	13
2.1.6.1.Métricas a nivel empresa.	13
2.1.6.2.Métricas a nivel operaciones.....	14
2.1.6.3.Métricas a nivel proceso.	14
2.1.7.Método DMAIC.....	14
2.1.7.1.Definición.	14
2.1.7.2. Medición.	15
2.1.7.3. Análisis.	15
2.1.7.4.Mejora (Improve).	15
2.1.7.5. Control.	15
2.1.8.Diagrama de recorrido.	16
2.1.9.Mudas o desperdicios en la Producción.	16
2.1.9.1.Sobreproducción.....	16
2.1.9.2.Movimientos innecesarios.	16
2.1.9.3. Espera.....	17
2.1.9.4.Transporte.	17
2.1.9.5.Sobre proceso.	17
2.1.9.6.Stock o inventario.....	17
2.1.9.7.Productos defectuosos.	18
2.1.10.Plan de mejora continua.....	18
2.2.Marco referencial.	19
2.2.1.Situación actual del maíz en el Ecuador.....	19

2.2.2.Tipos de secadoras de grano.	20
2.2.2.1.Secadoras de flujo continuo.	21
2.2.2.2.Secadoras en tandas.	23
2.2.2.3.Silos secadores.	24
2.2.3.Desperdicios en el secado de granos.	25
2.2.4.Simbología para diagramas de flujo.	28
2.2.5.Cursograma analítico de proceso.	29
2.2.6.Índices de capacidad para procesos.	30
2.2.6.1. Índice Cp.	30
CAPÍTULO III	32
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.1.Localización.	33
3.2.Tipo de investigación.	33
3.2.1.Investigación bibliográfica.	33
3.2.2.Investigación descriptiva no experimental.	34
3.2.3.Investigación cuantitativa.	34
3.3. Métodos de investigación.	34
3.3.1.Método inductivo.	34
3.3.2.Método deductivo.	34
3.3.3.Método analítico.	35
3.4.Fuentes de recopilación de información.	35
3.4.1.Fuentes Primarias.	35
3.4.2.Fuentes Secundarias.	35
3.5.Diseño de la Investigación.	36
3.5.1.Diseño no experimental.	36
3.6.Instrumentos de investigación.	36
3.6.1.Observación.	36
3.6.2.Entrevista.	36
3.6.3.Encuesta.	36
3.7.Tratamientos de datos.	37
3.8.Recursos humanos y materiales.	37
3.8.1.Recursos humanos.	37
3.8.2.Recursos materiales.	37
3.8.3.Cronograma de actividades.	38

CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Análisis de las ineficiencias en el proceso de secado de maíz.	40
4.1.1. Descripción del proceso de secado de maíz amarillo.	40
4.1.1.1. Recepción de materia prima.	40
4.1.1.2. Análisis físicos de la carga.	41
4.1.1.3. Descarga de materia prima.	42
4.1.1.4. Proceso de pre limpia del grano.	43
4.1.1.5. Proceso de secado de maíz.	44
4.1.1.6. Almacenamiento de maíz seco.	46
4.1.2. Diagrama de recorrido del secado de maíz.	47
4.1.3. Identificación de mudas (desperdicios) de producción.	51
4.1.3.1. Desperdicio por productos defectuosos.	51
4.1.3.2. Desperdicio por sobre proceso.	53
4.1.3.3. Desperdicio por espera.	55
4.1.3.4. Desperdicio por transporte.	56
4.1.3.5. Desperdicio de inventario.	56
4.1.3.6. Desperdicio de sobreproducción.	57
4.1.3.7. Desperdicio por movimientos innecesarios.	57
4.2. Definición de la metodología Six Sigma para el plan de mejora.	57
4.2.1. Variaciones de humedad inicial del maíz.	59
4.2.1.1. Rangos de variación de humedad inicial del maíz.	61
4.2.2. Variaciones de humedad final del maíz.	63
4.2.2.1. Rangos de variación de humedad inicial del maíz.	66
4.2.3. Identificación de problemas en el proceso de secado de maíz.	67
4.2.4. Elección de la metodología Six Sigma.	70
4.3. Plan de mejora continua para el proceso de secado de maíz.	70
4.3.1. Objetivos del plan de mejora.	70
4.3.2. Implementación de la metodología DMAMC.	71
4.3.2.1. Etapa de Definir.	71
4.3.2.2. Etapa de Medir.	73
4.3.2.3. Etapa de Analizar.	78
4.3.2.4. Etapa de Mejorar.	80
4.3.2.5. Etapa de Controlar.	87

4.4.Discusión.....	88
CAPÍTULO V.....	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1.Conclusiones.....	91
5.2.Recomendaciones.....	92
CAPÍTULO VI.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	93
6.1.Bibliografía.....	94
CAPÍTULO VII.....	96
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de mermas por humedad e impurezas.....	27
Tabla 2. Simbologías para diagramas de flujo.....	28
Tabla 3. Modelo de cursograma analítico.....	29
Tabla 4. Valores del Cp y su interpretación.....	31
Tabla 5. Cronograma de actividades del proyecto de investigación.....	38
Tabla 6. Descripción del proceso de secado de maíz amarillo.....	40
Tabla 7. Parámetros de calidad para la compra de maíz comercial.....	41
Tabla 8. Parámetros de calidad del maíz seco.....	45
Tabla 9. Factores que generan defectos en la calidad del maíz.....	51
Tabla 10. Datos de humedad inicial del maíz.....	59
Tabla 11. Datos de media de humedad inicial del maíz.....	60
Tabla 12. Rangos de variación de humedad inicial del maíz.....	62
Tabla 13. Datos de humedad final de maíz seco.....	64
Tabla 14. Datos de media de humedad final del maíz.....	65
Tabla 15. Rangos de variación de humedad final del maíz.....	66
Tabla 16. Problemas que alteran la calidad del maíz.....	68
Tabla 17. Cálculo de frecuencia de los problemas de secado de maíz.....	68
Tabla 18. Causas que afectan la productividad del secado de maíz.....	73
Tabla 19. Indicador clave de rendimiento de la Humedad Inicial.....	74
Tabla 20. Indicador clave de rendimiento de la humedad final.....	75
Tabla 21. Planificación de fumigación con fosfina.....	84

Tabla 22. Medidas para el plan de fumigación.....	85
Tabla 23. Normas para la recepción del maíz húmedo	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Ishikawa del proceso de secado de maíz.....	4
Figura 2. Superficies cosechadas de maíz amarillo en Ecuador.....	19
Figura 3. Producción nacional de maíz seco (13% humedad - 1% impurezas)	20
Figura 4. Secadora de flujo continuo vertical o tipo torre.....	21
Figura 5. Secadora horizontal de flujo continuo.....	22
Figura 6. Secadora de granos en cascada	23
Figura 7. Secadoras de maíz en tandas	24
Figura 8. Silos de secado de maíz.....	25
Figura 9. Localización del proyecto de investigación	33
Figura 10. Recepción y pesaje de grano de maíz	41
Figura 11. Homogenizador de granos.....	42
Figura 12. Medidor de humedad de granos.....	42
Figura 13. Descarga de materia prima	43
Figura 14. Pre limpiadora de granos.....	43
Figura 15. Proceso de secado de maíz	45
Figura 16. Almacenamiento de maíz seco	46
Figura 17. Diagrama de recorrido proceso de secado de maíz.....	48
Figura 18. Flujo de proceso del secado de maíz.....	49
Figura 19. Cursograma analítico del proceso de secado de maíz.....	49
Figura 20. Factores que alteran la calidad del maíz.....	51
Figura 21. Gráfico de control de medias humedad inicial del maíz	61
Figura 22. Variación de rangos de humedad inicial del maíz	63
Figura 23. Gráfico de control de medias humedad final del maíz.....	65
Figura 24. Variación de rangos de humedad final del maíz.....	67
Figura 25. Diagrama de Pareto de los problemas del secado de maíz.....	69
Figura 26. Diagrama SIPOC	71
Figura 27. Características críticas de calidad	72
Figura 28. Análisis 5 ¿Por qué? de la recepción de maíz muy húmedo	78
Figura 29. Análisis 5 ¿Por qué? de la presencia de plagas y roedores.....	79

Figura 30. Análisis 5 ¿Por qué? del elevado contenido de impurezas.....	80
Figura 31. Fumigación bajo cobertura plástica	84
Figura 32. Patrón de muestreo de carga.....	86

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Mermas en la limpieza de granos	25
Ecuación 2. mermas en el secado de granos.....	26
Ecuación 3. Porcentaje de mermas en limpieza y secado de granos	26
Ecuación 4. Capacidad potencial del proceso	30
Ecuación 5. Interpretación del índice Cp	30
Ecuación 6. Defectos por millón de oportunidades	76
Ecuación 7. Desempeño del proceso.....	77
Ecuación 8. Rendimiento del proceso.....	77
Ecuación 9. Interpolación.....	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario de encuesta para la recopilación de información	97
Anexo 2. Casa Comercial Granja	99
Anexo 3. Grupo Comercial Briones	99
Anexo 4. Casa Comercial Cevallos	100
Anexo 5. Agripac planta AGRIGRAIN.....	100
Anexo 6. Distribución de toma de muestras	102
Anexo 7. Dashboard para el control del proceso del secado de maíz	103

CÓDIGO DUBLIN

Titulo:	“PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA”			
Autores:	Kevin Valentín Padilla Zamora, Michael Jordan Remache Contreras			
Palabras Claves:	Six Sigma	Mudas	Plan de Mejora	Metodología
Fecha de Publicación:				
Editorial	Quevedo, UTEQ 2022			
Resumen	<p>Resumen.- El presente proyecto de investigación tiene como finalidad elaborar un “Plan de mejora de la calidad en el proceso de secado de maíz mediante la aplicación de la metodología Six Sigma”, identificando en primer lugar las actividades que conlleva dicho proceso de producción, lo que permitió elaborar los diagramas de flujo de proceso y de recorrido, posteriormente se analizó cada uno de los 7 tipos de muda o desperdicios de una empresa, estableciendo que uno de los despilfarros de producto final más considerables se da en las mermas de la masa final del grano en la muda de sobre proceso, ya que, si se recibe un maíz con excesiva humedad (34%) y elevado contenido de impurezas (5%) una masa de 800qq puede mermar hasta un 27,20% (217,7qq), esto si se alcanza el 13% de humedad y 1% de impurezas que establece la norma INEN para la comercialización de maíz. Por medio de un diagrama de Ishikawa se estableció las causas que generan el daño del maíz en el proceso de secado, para luego ser clasificados mediante Pareto donde el 80% de los problemas de calidad que se presentan en el proceso, se deben a la presencia de plagas y roedores, exceso de humedad al momento de la recepción y un elevado contenido de impurezas. Para el desarrollo del último resultado, se implementó la metodología Six sigma DMAMC en cada una de sus fases las cuales son Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, aplicando diferentes herramientas Lean Manufacturing, derivando en el planteamiento de tres propuestas de mejora para el proceso del secado de maíz, con el objetivo de reducir la variabilidad estadística que existe en el proceso, además del diseño de una propuesta de Dashboard que permita monitorear de forma periódica los datos que se generen a diario en las comercializadoras.</p> <p>Abstract.- The purpose of this research project is to develop a "Plan for quality improvement in the corn drying process through the application of the Six Sigma methodology", identifying in the first place the activities that this production process entails, which allowed elaborate process and route flow diagrams, later each of the 7 types of shedding or waste of a company was analyzed, establishing that one of the most considerable waste of final product occurs in the decreases in the final mass of the grain in the over-process moult, since, if a corn with excessive moisture (34%) and a high content of impurities (5%) is received, a mass of 800qq can reduce up to 27.20% (217.7qq), this if it reaches 13% moisture and 1% impurities established by the INEN standard for corn marketing. By means of an Ishikawa diagram, the causes that generate the damage of the corn in the drying process were established, to later be classified by Pareto where 80% of the quality problems that occur in the process are due to the presence of pests and rodents, excess humidity at the time of reception and a high content of impurities. For the development of the last result, the Six Sigma DMAIC methodology was implemented in each of its phases, which are Define, Measure, Analyze, Improve and Control, applying different Lean Manufacturing tools, resulting in the approach of three improvement proposals for the corn drying process, with the aim of reducing the statistical variability that exists in the process, in addition to the design of a Dashboard proposal that allows periodic monitoring of the data generated daily in the marketers.</p>			
Descripción:	120 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URL:				

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan hoy en día muchas industrias a nivel global, es mantener bajo control la calidad de sus procesos de producción y por ende en sus productos terminados, pues claro está que, toda empresa tiene por objetivo entregar un bien o brindar un servicio que satisfaga las expectativas y especificaciones determinadas, ya sea por el cliente o por los estándares establecidos por la empresa.

Ante esta realidad el ser humano se ha esforzado continuamente por desarrollar métodos, técnicas y herramientas para el control de los procesos, con el propósito de alcanzar altos niveles de producción y competitividad en las diferentes industrias, donde los productos agrícolas no son la excepción.

Dentro del sector agrícola el maíz ha sido considerado a través del tiempo como uno de los cereales más importantes y de mayor consumo a nivel mundial, convirtiéndose así en una materia prima altamente industrializada. En los procesos de producción del maíz, el secado es uno de los pasos principales y de vital importancia, ya que este proceso se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones de deterioración.

Entre los métodos de secado de maíz destaca el secado natural en el que el movimiento del aire de secado se debe a la acción de los vientos, y la energía para evaporar la humedad proviene de la capacidad de secado del aire y de la incidencia directa de la energía solar, también está el secado artificial el cual utiliza energía de combustión y métodos eléctricos o mecánicos para aumentar la temperatura del aire. Algunos sistemas tienen ventiladores o calentadores para mover tanto el aire seco como el caliente, este método es uno de los más usados hoy en día, donde el avance tecnológico ha permitido automatizar este proceso.

A pesar de los múltiples beneficios del secado, existen riesgos derivados de una incorrecta implementación. El secado a alta temperatura consume entre 1200 a 1800 kcal por kg de agua a evaporar del grano. Para secar de 18 a 14,5% se deben evaporar 40,94 kg de agua por tn, por lo que la cantidad de energía consumida por el secado será de 49 mil a 65 mil kcal por tn. [1]

Es importante recalcar dadas las condiciones de nuestro país, en especial en la Provincia de Los Ríos en donde la cosecha de maíz se realiza en dos períodos dentro del mismo año, el primero va desde Abril a Junio aproximadamente; y el segundo período entre Septiembre y Noviembre. La particularidad se presenta sobre todo durante el primer período de cosecha el cual coincide con la época invernal, de allí que el productor a fin de que su cosecha no se vea afectada vende su producto con alto contenido de humedad a las empresas que se dedican al secado de maíz, situación que implica que el proceso debe ser manejado de manera adecuada para que éste cumpla con los parámetros de calidad para su comercialización.

Por tal motivo, es indispensable mantener bajo control, parámetros como la humedad del grano, la temperatura, el tiempo de secado, condiciones ambientales, entre otros, para asegurar una calidad apropiada en este proceso. En este sentido la metodología Six Sigma es una buena alternativa, ya que otorga una serie de herramientas para el control de la calidad y la reducción de la variación de los procesos.

Ante lo expuesto anteriormente, el presente proyecto de investigación se centra en la elaboración de un plan de mejora de la calidad para el proceso de secado de maíz haciendo uso de herramientas de la metodología Lean Six Sigma, la importancia de este trabajo radica en la necesidad de poner en práctica criterios objetivos para la toma de decisiones, basado en datos estadísticos para la determinación de los niveles de calidad en este proceso.

Pues claro está que, este trabajo representa hoy en día un gran desafío para muchas empresas debido a varios factores como la falta de tecnología post cosecha, y la escasa información acerca de los métodos de secado sobre todo en zonas rurales. De esta forma, en el desarrollo de la presente investigación se estableció parámetros para la evaluación permanente de la calidad, contribuyendo directamente a la mejora de la producción en general.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

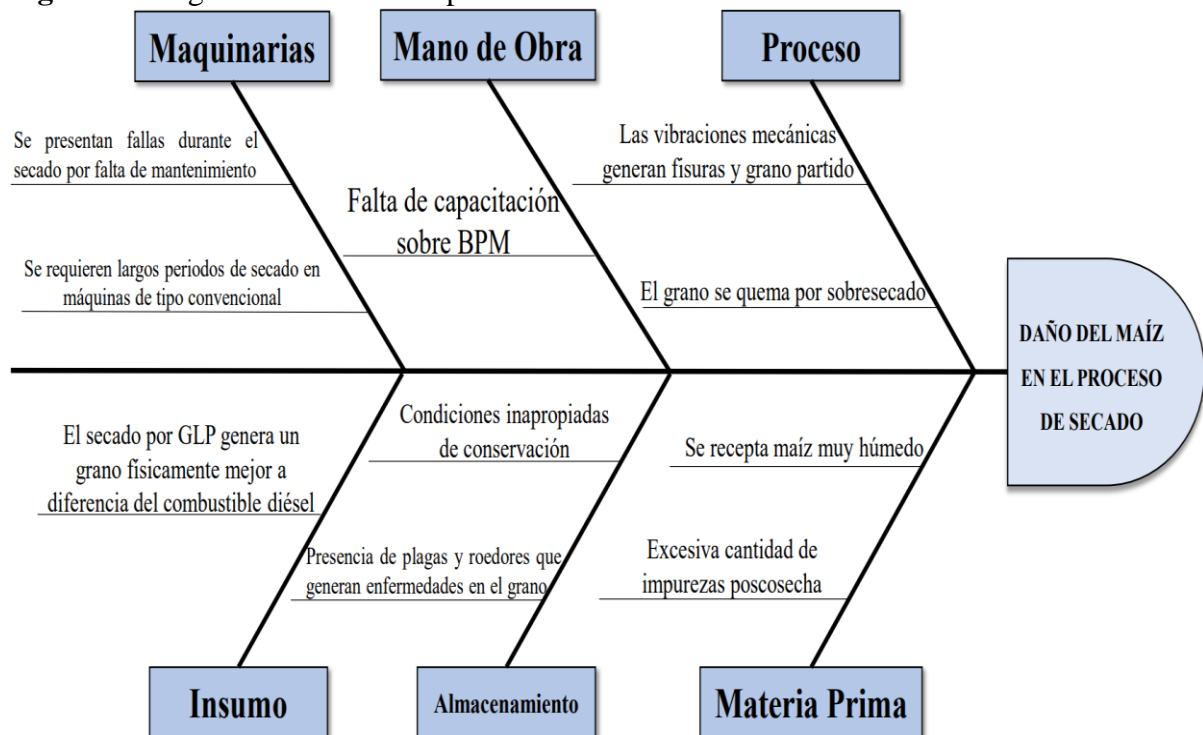
1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El maíz es el grano que más demanda capacidad de secado en el mundo, el secado del grano tiene varios objetivos, entre los que destacan la reducción del contenido de humedad de acuerdo al estándar de comercialización; la reducción de la actividad química y microbiológica para propiciar el almacenamiento; conservar las propiedades nutricionales, biológicas y de uso final del producto; extender la vida útil del producto; minimizar las pérdidas de materia seca y reducir la masa para facilitar el transporte.

1.1.1.1. Diagnóstico.

Figura 1. Diagrama Ishikawa del proceso de secado de maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

La gran cantidad de energía que se utiliza en el secado de maíz implica que, si no se aplica correctamente el secado se puede ver afectada la calidad del maíz desde el punto de vista físico, biológico, químico, etc. Contrario a esto, si se mejora la eficiencia de secado el ahorro de energía (y de costos) resulta muy significativa para una empresa.

En el caso particular del maíz el daño por secado más significativo es la formación de fisuras que reducen del rendimiento en los productos como grits, harinas y almidón, así mismo origina problemas de almacenabilidad (insectos, hongos, toxinas); problemas comerciales (incremento de grano partido).

Para tener un entendimiento cabal de la problemática del secado y la calidad hay que contextualizar el proceso dentro de muchas empresas, el grano que se recibe húmedo no se lo puede mantener en dicha condición mucho tiempo (solo un par de días) hasta que comience a calentarse y perder calidad. Además, las plantas de acopio normalmente tienen capacidad limitada para el almacenamiento de grano húmedo, para lo cual se necesitan instalaciones especiales (silos). Esto obliga a tener que secar el grano húmedo prácticamente al mismo ritmo que se lo recibe.

1.1.1.2. Pronóstico

En el caso de no disponer de un plan de mejora continua aplicado a los procesos productivos del secado de maíz, los problemas identificados a través del diagrama causa efecto impedirán que la empresa aumente su rentabilidad, lo que conlleva a su vez a mantenerse estancando en cuanto al posicionamiento de mercado frente a organizaciones que si ponen en práctica estos planes, además el proceso de secado de maíz controlado a través de Six Sigma otorgará una mayor calidad del grano al finalizar la producción.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cómo la metodología Six Sigma contribuye al control y mejora de la calidad en el proceso de secado de maíz?

1.1.3. Sistematización del problema.

- ¿Cómo identificar ineficiencias en el proceso de secado de maíz?
- ¿Qué herramientas de la metodología Six Sigma permitirán el desarrollo de un plan de mejora de la calidad?
- ¿Cómo diseñar un plan de mejora continua del proceso de secado de maíz?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Elaborar un plan de mejora de la calidad en el proceso de secado de maíz mediante la aplicación de la metodología Six Sigma.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Identificar ineficiencias en el proceso de secado de maíz mediante la aplicación de herramientas estadísticas .
- Definir la metodología Six Sigma que se aplicará en el plan de mejora de la calidad.
- Diseñar un plan de mejora continua para el proceso de secado de maíz, a través de la metodología DMAMC.

1.3. Justificación.

Muchos factores de riesgo y dificultades creados por los problemas empresariales amenazan la seguridad del capital humano, la productividad, la competitividad y la innovación de estas organizaciones; entre ellos: la competencia feroz en el mercado, el sabotaje interno y externo, gestión tradicional basada en métodos que no manejan información en línea, políticas motivacionales deficientes, altos costos que vale la pena implementar y monitorear dentro de las organizaciones, cadenas de valor y aliados estratégicos, estándares internacionales básicos, nuevas tecnologías, entre otros.

Todo aquello mencionado con anterioridad hace que muchos procesos y organizaciones se aíslen de estos requisitos esenciales de desarrollo o se desvíen del sistema de gestión que tienen implantado, se convierten en potentes frenos en la mejora e innovación de toda la cadena de la organización y su mantenimiento con balanceo funcional, afectando así a las nuevas generaciones con años de trabajo perdidos y poca información heredada.

Esta gran cantidad de riesgos, problemas, no conformidades y una amplia gama de variables internas y externas negativas, crean la necesidad de estandarizar los sistemas de gestión; con base en las realidades locales utilizando metodología científica y técnicas de cultura organizacional para asegurar la implementación de los objetivos del proyecto y su sistema de mejora continua; facilitando así, la gestión continua de todos los recursos humanos relevantes internamente y la transición fluida a las nuevas generaciones, desarrollando altos niveles de competencia motivacional y una alta garantía de seguridad.

Los resultados que se lograrán debido al proceso de implementación de proyectos Lean Six Sigma; tratarán de alcanzar un nivel superior de sistema de gestión de la calidad a largo plazo y que tenga sostenibilidad a nivel de capital humano profesional a nivel de procesos y por ende a nivel multi organizacional; en base a perspectivas financieras y de crecimiento, clientes, procesos y capital intangible.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. El maíz.

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cereales cultivados más productivos. Fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo. El maíz ocupa actualmente la tercera posición entre los cereales más cultivados después del trigo. [2]

El maíz se emplea como mazorca, o en formas procesadas como aceite, almidón, dulcificante y harina. Tal vez es su versatilidad que sus derivados también pueden encontrarse en medicamentos como: la aspirina y antibióticos, en los cosméticos y jabones y en un rango ancho de productos industriales. [2]

Es uno de los cereales de mayor tamaño y que más se produce en el mundo. El fruto de la planta se denomina mazorca se llena de granos aplanados y grandes, colocados en ejes paralelos alrededor de su eje vertical. Los granos de maíz son cariósides desnudas, cuyas partes fundamentales son el pericarpio, el endospermo, el germen y el fenículo. El principal parámetro de clasificación es el color externo del grano. [3]

2.1.2. Secado del maíz.

El secado es un método de conservación de alimentos que consiste en extraer el agua de estos, lo que inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción. El secado de alimentos mediante el sol y el viento para evitar su deterioro ha sido practicado desde la antigüedad, [4] sin embargo, hoy en día el avance tecnológico ha permitido desarrollar maquinarias y sistemas productivos que agilizan este proceso de secado de granos.

El secado del grano es imprescindible hasta alcanzar unos límites que permiten su conservación. Para el caso del maíz esto significa evaporar entre un tercio y un cuarto de la masa del grano seco antes de que alcance la instalación de almacenamiento. [4] Este proceso no debe afectar la calidad del grano de maíz la cual está asociada tanto con su constitución física, como su composición química, por lo que mantenerlo bajo control es importante.

2.1.3. Humedad de los granos.

La humedad es el factor de mayor influencia en la conservación de granos y semillas durante el almacenamiento. Su importancia radica en su relación con factores biológicos que causan daño y en los que afectan el valor nutricional y económico (calidad y peso) de las cosechas. Las plagas que atacan el grano son menos atraídas al grano seco, por el contrario el deterioro de grano húmedo es muy rápido y puede llegar a niveles de 100% de pérdidas. [5]

En el caso de los cereales un contenido de humedad menor del 14% es aceptable para el almacenamiento de 1 año o más; este contenido en las leguminosas se reduce a un 12% o menos. Para reducir la humedad del grano se requieren métodos de secado, ya sean naturales o artificiales. [5]

2.1.4. Metodología Six Sigma.

Six Sigma es una metodología compuesta por cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Representa el número de desviaciones estándar obtenidas a la salida del proceso. Su objetivo es aumentar la capacidad de los procesos, de tal forma que estos generen los mínimos defectos por millón de unidades producidas. Estos defectos deben ser imperceptibles para el cliente. [6]

Six Sigma es una metodología de trabajo aplicada a la empresa cuyo objetivo es medir la eficiencia operativa de la empresa y buscar soluciones y alternativas para mejorarla. La meta final del método Six Sigma es mejorar los procesos y procedimientos dentro de la empresa hasta llegar a un nivel de Sigma 6. [7]

En general, los procesos estándar tienden a comportarse dentro del rango de tres (3) Sigma, lo que equivale a un número de defectos de casi 67.000 por millón de oportunidades (DPMO), si ocurre un desplazamiento de 1,5 Sigma; esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. Comparativamente, un proceso de Tres Sigma es 19.645 veces más malo (produce más defectos) que uno de Seis Sigma. [8]

2.1.5. Herramientas Six Sigma.

Las 7 herramientas de control de calidad es un título dado a un conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles para solucionar problemas relacionados con la calidad. Las 7 herramientas de control de calidad son instrumentos fundamentales para mejorar el proceso y la calidad del producto. Se utilizan para examinar el proceso de producción, identificar los problemas clave, controlar las fluctuaciones de la calidad del producto y dar soluciones para evitar futuros defectos. [9]

Las 7 herramientas de control de calidad definidas por la American Society for Quality (ASQ) y aceptadas en toda la comunidad de ingeniería de calidad incluyen:

2.1.5.1. Diagramas de causa y efecto / Diagrama de espina de pescado.

El diagrama de Ishikawa también llamado “Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Esqueleto de Pescado” es una técnica que se muestra de manera gráfica para identificar y arreglar las causas de un acontecimiento, problema o resultado. Su creador fue el japonés Kaoru Ishikawa, experto en control de calidad. Esta técnica ilustra gráficamente la relación jerárquica entre las causas según su nivel de importancia o detalle y dado un resultado específico. [10]

2.1.5.2. Cartas de Pareto.

El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), el cual se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas. Mediante la gráfica colocamos los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha. [11]

2.1.5.3. Gráficos de control.

Una gráfica de control es una comparación gráfica de los datos de desempeño de proceso con los “límites de control estadístico” calculados, dibujados como rectas limitantes sobre la gráfica. Los datos de desempeño de proceso por lo general consisten en grupos de mediciones que vienen de la secuencia normal de producción y preservan el orden de los datos, este gráfico establece una línea central o valor nominal, que suele ser el objetivo del proceso o el promedio histórico, junto a uno o más límites de control, tanto superior como inferior, usados para determinar cuándo es necesario analizar una eventualidad. [12]

2.1.5.4. Diagramas de dispersión.

Los diagramas de dispersión usan una colección de puntos colocados usando coordenadas cartesianas para mostrar valores de dos variables. Al mostrar una variable en cada eje, se puede detectar si existe una relación o correlación entre las dos variables. Son ideales cuando se tienen datos numéricos emparejados y se desea ver si una variable afecta a la otra. Sin embargo, recuerde que la correlación no es causal y otra variable inadvertida puede estar influyendo en los resultados. [13]

2.1.5.5. Histogramas.

En estadística, un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. [14] En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos. [14]

2.1.5.6. Diagramas de flujo.

Un diagrama de flujo de procesos (PFD) es un tipo de diagrama de flujo que ilustra las relaciones entre los principales componentes de una planta industrial. Se usa ampliamente en los ámbitos de ingeniería química e ingeniería de procesos, aunque sus conceptos a veces también se aplican a otros procesos. Estos emplean un conjunto de símbolos y notaciones para describir un proceso. [15]

2.1.5.7. Listas de verificación.

Las listas de verificación para el control de calidad en la fabricación ayudan tanto a los fabricantes como a los proveedores a garantizar un alto nivel de calidad de los productos terminados antes de que lleguen a la fase de venta. Además, el uso de estas herramientas también contribuye a mejorar otros aspectos del negocio. [16]

2.1.6. Métricas Six Sigma.

La metodología que sigue Six Sigma establece la utilización de métricas para evaluar el estado de los diferentes indicadores de calidad. La utilización de métricas tiene los siguientes objetivos: [17]

- Medición de las opiniones de los clientes.
- Establecimiento de los factores Críticos de Calidad (CTQ's).
- Obtención de los resultados del producto, tales como: Rendimiento, Rendimiento Acumulado, Rendimiento Normalizado.
- Medición de los resultados debido a la interacción entre procesos y los indicadores económicos de la organización.

El principal objetivo es el de monitorizar y controlar todas las entradas y salidas, a todos los niveles de la empresa, que influyen sobre los resultados financieros de la organización. Estos niveles se resumen en:

2.1.6.1. Métricas a nivel empresa.

Consiste en resúmenes de estados financieros y de situación operacional de la empresa. Las áreas objetivo de las métricas en este nivel son: financiera, percepción del cliente, operaciones, gestión del conocimiento, satisfacción del empleado. [17]

2.1.6.2. Métricas a nivel operaciones.

Estas métricas se encargan de medir el consumo de recursos, tanto en coste como en tiempo, durante el proceso productivo. Enlazan las medidas de los procesos con los resultados de la empresa, permitiendo identificar y categorizar las diferentes relaciones existentes y priorizar aquellas que se diagnostican como cuellos de botella. [17]

2.1.6.3. Métricas a nivel proceso.

Estas métricas se refieren a la información que utiliza el departamento de producción. Son los indicadores que establecen los límites para llevar a cabo las diferentes operaciones de planta. Todo proyecto de mejora Six Sigma se basa en esta información para llevar a cabo los procesos de Medición (Measure), Análisis (Analyses), Mejora (Improvement), y Control de la metodología DMAIC. [17]

2.1.7. Método DMAIC.

DMAIC es la metodología central de trabajo en Six Sigma. Sistemática y rigurosa, se puede aplicar a cualquier proceso con el fin de lograr Six Sigma, y cuenta con 5 fases. Este método es una herramienta interactiva muy utilizada cuando se desea realizar mejoras en un proceso, si bien su uso más común es en proyectos que utilizan la metodología Seis Sigma, su aplicación no es exclusiva para proyectos guiados por dicha estrategia, ya que se puede utilizar esa herramienta en cualquier situación en la cual desee implantar mejoras. [18]

2.1.7.1. Definición.

Quizás la fase más importante de cualquier proyecto Lean Six Sigma, la definición establece cuál es la situación actual y marca claramente los objetivos que se quieren conseguir. Una vez que se tienen claros la situación actual, el problema que genera dicha situación y los objetivos que se quieren conseguir, se debe definir el proyecto como tal. La definición del proyecto incluye, entre otros, alcance, cronograma, presupuesto, equipo de trabajo y stakeholders. [18]

2.1.7.2. Medición.

La fase de medición permite conocer de forma más detallada los procesos incluidos en el alcance del proyecto. La medición nos proporciona información sobre el rendimiento del proceso, sus entradas y salidas y las expectativas del cliente. Uno de los entregables más importantes que se genera en esta fase es el mapa de flujo de valor, que representa el flujo que sigue la cadena de valor desde que el cliente hace un pedido hasta que se le entrega el producto o servicio final. [18]

2.1.7.3. Análisis.

La fase de análisis permite investigar sobre las relaciones entre el rendimiento de los procesos y las entradas del proceso gracias a los datos recogidos en la fase de medición. Aquí es donde se establecen las hipótesis de mejora y se crea el plan de mejora basados en la lista de factores con sus respectivos impactos, esta es la fase más intensiva en cuanto a cálculos estadísticos y la que permite identificar y confirmar las correlaciones entre las variables que se consideran en las distintas hipótesis. [18]

2.1.7.4. Mejora (Improve).

La mejora verifica el trabajo realizado en la fase de análisis a través de las propuestas de acción y la realización de estas propuestas. Se diseña, se prueba y se implementa la solución propuesta. Con la solución implementada se hace un nuevo análisis de stakeholders, un caso de negocio y una evaluación de riesgos, así como un cálculo de la nueva capacidad y sigma de los procesos del proyecto. [18]

2.1.7.5. Control.

Esta fase es clave para el mantenimiento del trabajo realizado en todas las fases anteriores. Se encarga de establecer controles lo más automatizados posible para que la mejora del proceso perdure en el tiempo. El sistema de control también debe tener en cuenta un plan de mitigación y una estructura de reporte específica para gestionar los riesgos y reaccionar de forma eficiente ante un incidente en un proceso. [18]

2.1.8. Diagrama de recorrido.

El diagrama de recorrido es una herramienta que reproduce a escala la zona de trabajo, y muestra los diversos puntos de actividad así como la interrelación de los mismos. Consecuentemente, estos diagramas están íntimamente ligados a los conceptos de distribución de planta y a los diagramas del proceso. [19]

En todo estudio de trabajo, es necesario conocer la trayectoria que sigue el personal y los materiales durante la jornada de labores. Con la finalidad de registrar convenientemente la información que sobre el movimiento o desplazamiento de los materiales se pudiere obtener.

2.1.9. Mudos o desperdicios en la Producción.

En las gestiones enfocadas al Lean Manufacturing se utiliza con frecuencia el término MUDA, que proviene del japonés y cuyo significado literal es algo inútil o que genera algún tipo de desperdicio. Se puede definir como despilfarro todo aquel recurso que se emplea de más respecto a los necesarios para producir bienes o la prestación de un determinado servicio. Identificar estas mudas o despilfarros se trata de analizar el proceso productivo para eliminar o reducir los residuos como una manera efectiva de aumentar la rentabilidad. [20]

2.1.9.1. Sobreproducción.

Producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario es bastante frecuente, la falsa creencia de que es preferible producir grandes lotes para minimizar los costes de producción y almacenarlos en stock hasta que el mercado los demande. No obstante esta mala práctica es un desperdicio, ya que se utiliza recursos de mano de obra, materias primas y financieros, que deberían haberse dedicado a otras cosas más necesarias. [20]

2.1.9.2. Movimientos innecesarios.

Este tipo de desperdicio incluye movimientos de empleados (o maquinaria) que son complicados e innecesarios. Estos generan lesiones y alargan tiempos. En otras palabras, hay que hacer lo que sea necesario para organizar un proceso en donde los trabajadores deban hacer lo menos posible para terminar su trabajo, para esto sería de gran ayuda la implementación de una herramienta Lean como por ejemplo un diagrama de recorrido. [21]

2.1.9.3. Espera.

Representa el evento de que los recursos cuya misión, en un momento dado, es no detenerse, se encuentran en dicho estado. Por ejemplo, cuando en un centro de trabajo sale una unidad de producto y debe esperar un tiempo para que sea procesada. Esto genera costos innecesarios y puede posibilitar pereza en la persona ociosa y bajo rendimiento cuando se vuelva a ocupar. Las esperas se deben a carente nivelación de cargas de trabajo, fallas en la programación o en equipos, ausencia de 5S, entre otros. [22]

2.1.9.4. Transporte.

El desperdicio del transporte se define como el movimiento de materiales o productos de una ubicación a otra. En Lean, el transporte se consideraría una actividad que no agrega valor innecesario cuando destinamos recursos a trasladar materiales o producto que no requieren procesamiento inminente. Sumado a los recursos desperdiciados en dicha actividad existe el riesgo de dañar, refundir o maltratar el producto o causar algún accidente. [23]

2.1.9.5. Sobre proceso.

Se entiende por sobre proceso el hecho de realizar más trabajos de lo necesario para producir un producto o un servicio puede ser difícil de identificar y por lo tanto, de eliminar. En efecto las etapas y tareas de un proceso se acaban realizando por rutina, costumbre o “tradicición” del oficio. Puede pasar desapercibido que la evolución tecnológica puede sustituir algunas tareas y se sigue realizando por mano del hombre provocando una pérdida de tiempo. [24]

2.1.9.6. Stock o inventario.

Excesivo almacenamiento de materia prima o materiales, producto en proceso y producto terminado. Simplemente es dinero invertido y detenido en materiales que en un mejor caso estaría dando algún rédito si ese dinero estuviese en el banco. Este stock, evidencia una ineficiencia entre dos procesos, tiene un coste negativo para la organización, y ocupa un espacio que puede ser necesario en la planta productiva. Además puede esconder otros problemas, como calidad, movimientos innecesarios. [25]

2.1.9.7. Productos defectuosos.

Incluye los defectos y fallas del producto a la hora de producirse, teniendo que corregirse por ser devuelto por el cliente, al no reunir las condiciones de calidad requeridas. Esto le resta credibilidad y economía a la empresa. Por ello, es de suma importancia, prevenir y corregir estos errores, cuando el producto ya se encuentra en el mercado. La causa principal es no contar con una supervisión correcta y materiales de poca credibilidad. [25]

2.1.10. Plan de mejora continua.

El plan de mejora es un proceso que se utiliza para alcanzar la calidad total y la excelencia de las organizaciones de manera progresiva, para así obtener resultados eficientes y eficaces. El punto clave del plan de mejora es conseguir una relación entre los procesos y el personal generando una sinergia que contribuyan al progreso constante. [26]

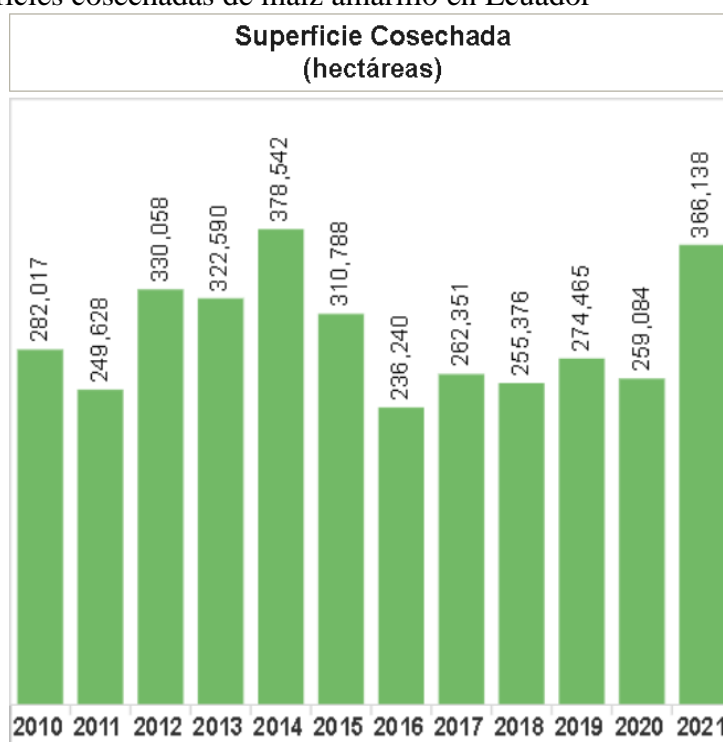
La principal contribución de esta metodología sería el establecer cinco diferentes niveles, además indicar las conductas a seguir de cada uno de ellos logrando así el éxito en la implementación de la mejora continua. La metodología a utilizar consiste en el análisis de las áreas a mejorar, definiendo los problemas a solucionar, y en función de estos estructurar un plan de acción, que esté formado por objetivos, actividades, responsables e indicadores de gestión que permita evaluar constantemente, este proceso debe ser alcanzable en un periodo determinado. [26]

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Situación actual del maíz en el Ecuador.

En Ecuador el maíz amarillo duro representa uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional debido al significativo rol que cumple en seguridad alimentaria de la población. Constituye la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal, especialmente a la avicultura comercial. El maíz amarillo duro, destinado en un 80% a la producción de alimento balanceado, se produce mayormente en la región litoral y es el primer cultivo transitorio en importancia en relación con la superficie sembrada en 2021 (366.138 ha). [27]

Figura 2. Superficies cosechadas de maíz amarillo en Ecuador



Fuente: INEC – ESPAC Y MAGAP (2021)

Según el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos, INEC, en conjunto con ESPAC en el año 2021, en el país hubieron sembradas 366.138 ha de maíz duro, de las cuales 151.556 ha se encontraron ubicadas de la provincia de Los Ríos, 108.190 ha en la provincia de Manabí, 51.570 ha en la provincia del Guayas y el resto en provincias como Loja, Santa Elena, Santo Domingo. Es importante destacar que alrededor del 90% de la siembra de maíz tiene lugar en la época lluviosa.

Su producción y rendimiento ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos 20 años, lo cual se debe al uso de semilla certificada (híbrida) y a las tecnologías de manejo que las compañías privadas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el INIAP han transferido a los productores, en el 2021 se observó un rendimiento promedio de 4,64 t/ha, además que la provincia de Los Ríos lideró la participación en la producción nacional de maíz duro seco en condiciones de 13% de humedad y 1% de impurezas, con el 46,02%. [27]

Figura 3. Producción nacional de maíz seco (13% humedad - 1% impurezas)



Fuente: MAGAP (2021)

2.2.2. Tipos de secadoras de grano.

La secadora de granos se utiliza para reducir la humedad de los distintos tipos de granos a los niveles recomendados para su almacenamiento. En el mercado existen distintos tipos de secadoras, pues su empleo dependerá del tipo de producto final que se desea obtener, así como la calidad de este. [28]

Las máquinas secadoras se clasifican de acuerdo con el proceso empleado. En las máquinas de procesos en lotes, el material se introduce en el equipo y el proceso termina en un determinado período de tiempo. En las máquinas de procesos continuos, el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene el grano seco con un régimen continuo. De acuerdo con este criterio, las máquinas secadoras de granos se clasifican en: secadoras de flujo continuo, secadoras en tandas y silos secadores. [28]

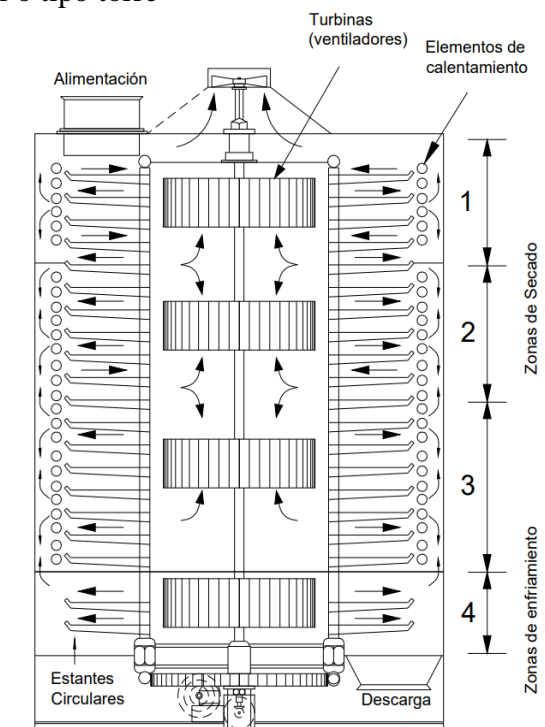
2.2.2.1. Secadoras de flujo continuo.

En las secadoras continuas, el grano húmedo penetra permanentemente por un extremo, y, el grano seco sale por el extremo opuesto. Las secciones de secado y enfriamiento permanecen constantemente llenas. Estas secadoras constan de una tolva, un módulo de calor, y, un módulo de frío. Estos 2 últimos configuran el proceso de secado. En este tipo de secadoras, se trabaja normalmente con 2/3 partes de aire caliente y una 1/3 parte (inferior) a temperatura ambiente. Las secadoras de flujo continuo se clasifican en máquinas: [28]

- **Verticales o tipo torre:** Una secadora de torre contiene una serie de bandejas, dispuestas unas encima de otras, sobre un eje central rotatorio. El grano a secar se introduce sobre la bandeja superior y se expone a una corriente de aire caliente que pasa sobre la bandeja.

Después, el grano es descargado por medio de una compuerta y pasa inmediatamente a la bandeja inferior. De esta forma, el grano circula a través de la secadora, descargándose por el fondo de la torre. En función de los flujos de gas y de sólido (grano), las secadoras tipo torre se clasifican en: de flujo mixto, de flujo contracorriente, de flujo cruzado, y, de flujo concurrente. [28]

Figura 4. Secadora de flujo continuo vertical o tipo torre



Fuente: Investigación de campo

- **Horizontales:** Las secadoras horizontales se caracterizan por tener la sección de secado y enfriamiento en posición horizontal plana. El flujo de aire en el secador horizontal se introduce en el eje de la cámara que transporta el grano, y, se dirige a lo largo de la longitud de la misma. Este flujo puede ser contra corriente o concurrente. En una secadora horizontal, la eficiencia de secado es sensible a la carga. [28]

La capacidad de estas máquinas se aumenta haciéndolas de mayor longitud. Están formadas por módulos superpuestos, en los que cada módulo es una secadora individual. Esta última disposición tiene la ventaja de que cada módulo puede tener temperaturas de secado diferentes, mayores en los módulos superiores y menores en los inferiores; al mismo tiempo se detienen o suprimen los ventiladores de aire frío, intercalando de esta forma períodos de reposo que mejoran la calidad y eficiencia del proceso. [28]

Figura 5. Secadora horizontal de flujo continuo



Fuente: Acaro & Castillo (2010)

- **En cascada:** Estas máquinas están formadas por uno o dos planos inclinados, compuestos por persianas, a través de las cuales el grano desciende en forma de una cascada continua. Una corriente de aire atraviesa las persianas. Este flujo, además de la función principal de secar y enfriar, limpia el grano. Existen dos configuraciones especiales: una con un solo plano inclinado y otra con dos planos inclinados. [28]

Al ser equipos de poca inclinación, ocupan un área superficial mayor que las secadoras tipo torre. Además, la potencia absorbida por tonelada es casi el doble que en las secadoras tipo torre. Este sistema tiene la ventaja de que no se tapan agujeros(no posee). También son aptas para secar semillas muy pequeñas reduciendo el caudal de aire. [28]

Figura 6. Secadora de granos en cascada



Fuente: Acaro & Castillo (2010)

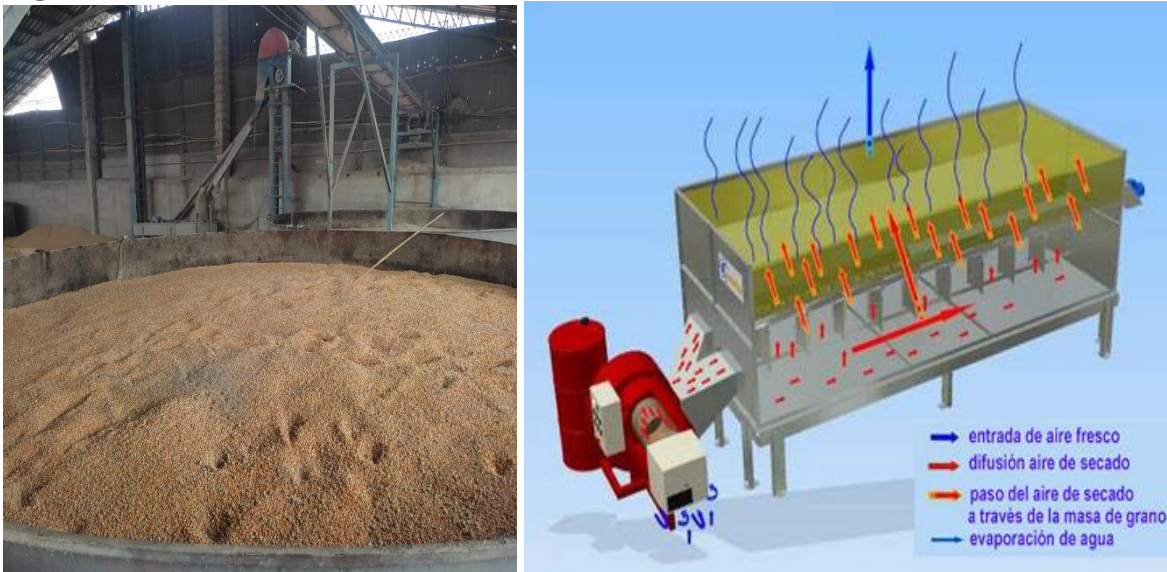
2.2.2.2. Secadoras en tandas.

En este tipo de secadoras llamadas también convencionales, existen bandejas de metal que pueden ser perforadas o no, de acuerdo con el flujo de aire que posean. El grano húmedo es colocado en la secadora, manteniéndolo en ella hasta que se seca y se enfría. Posteriormente, el grano es extraído, y, la secadora se vuelve a llenar con otra tanda. [28]

En la secadora en tanda, primero se carga la máquina, se enciende el quemador, y, se seca el grano. Luego se apaga el quemador, y, el ventilador funciona sólo con aire frío hasta enfriar toda la carga. El inconveniente de este sistema es el espesor de la capa de grano, que ocasiona un secado disparejo. El grano en contacto con las láminas calientes sufre sobrecalentamiento y un secado excesivo en relación con el grano ubicado en la parte superior. [28]

Por lo general, las secadoras en tandas son de baja capacidad, y el flujo de aire que se utiliza para el secado de granos en este tipo de secador varía de 10 a 30 m³ de aire por cada metro cúbico de producto. La temperatura del aire de secado varía entre 35°C a 70°C. Se recomienda que el ventilador esté conectado al motor por medio de correas o bandas de transmisión, ya que el aire de secado (aire caliente) pasa por el ventilador. [28]

Figura 7. Secadoras de maíz en tandas



Fuente: Investigación de campo

2.2.2.3. Silos secadores.

En silos secadores, el secado se realiza en lotes. Los silos secadores están conformados por un contenedor o silo con un suelo perforado, un esparcidor de grano, un ventilador, un calefactor, una compuerta de descarga, y, un transportador de barrido continuo. Se fabrican en muchos tamaños y capacidades, y, se utilizan para obtener diferentes tipos de secado. [28]

Por lo general, son operados con tasas de flujo de aire más baja, y, son más eficientes, aunque más lentos que la mayoría de otros tipos de secadoras. La velocidad de secado depende de variables como la profundidad de grano, la temperatura del aire y el tipo de flujo de aire. Para una profundidad de grano determinado, elevar la temperatura del aire aceleraría el secado, pero aumenta la probabilidad de que el grano cerca del suelo se seque más delo normal. Por lo tanto, se debe elegir una temperatura del aire seguro, teniendo en cuenta el contenido de humedad inicial del grano. [28]

Cuando el secado termina, se procede a enfriar el grano para su almacenamiento. Esto se hace apagando el calentador y manteniendo encendido el ventilador para insertar aire frío sobre el grano, o mediante la transferencia del grano caliente a otro suelo de almacenamiento y dejar que se enfríe. Para disminuir la diferencia de porcentaje de humedad entre los granos que se encuentran cerca del piso perforado y los que están en la parte superior de la columna de grano, se suele alternar los ciclos de calentamiento y enfriado periódicamente. [28]

Figura 8. Silos de secado de maíz



Fuente: Acaro & Castillo (2010)

2.2.3. Desperdicios en el secado de granos.

Dentro del proceso de secado de maíz se genera las denominadas mermas, el cual se refiere a la reducción de la cantidad de masa total de maíz ingresado a la máquina secadora, esto debido a la propia acción de reducción de humedad del grano, o por la formación de maíz fisurado o quemado que se generan en el proceso, el cual es separado de la masa de maíz de buena calidad. Se puede determinar esta pérdida de masa, a través de las siguientes fórmulas, la ecuación 1 determina las mermas que se generan en el proceso de limpieza: [29]

Ecuación 1. Mermas en la limpieza de granos

$$ml = mi \left(\frac{li - lf}{100 - lf} \right)$$

Fuente: Muñoz (2011)

Elaborado por: Autores (2022)

Donde:

ml= mermas por limpieza

mi= masa inicial

li= impureza inicial

lf= impureza final

La ecuación 2 permite determinar la masa de maíz que merma en el proceso de secado:

Ecuación 2. mermas en el secado de granos

$$ms = mi \left(\frac{Hi - Hf}{100 - Hf} \right)$$

Fuente: Muñoz (2011)

Elaborado por: Autores (2022)

Donde:

ms= mermas por secado

mi= masa inicial

Hi= humedad inicial

Hf= humedad final

Por su parte, la ecuación 3 se emplea para calcular el porcentaje de masa que merma en el proceso de limpieza y secado del grano:

Ecuación 3. Porcentaje de mermas en limpieza y secado de granos

$$\%m = \left(\frac{ml + ms}{mi} \right) \times 100$$

Fuente: Muñoz (2011)

Elaborado por: Autores (2022)

Donde:

%m= Porcentaje de merma

ml= mermas por limpieza

ms= mermas por secado

mi= masa inicial

La tabla 1 permite simplificar estos cálculos, ya que se ubica el contenido de impurezas y de humedad inicial y el valor obtenido se multiplica por el número de quintales a secar, los valores intermedios podrán interpolarse. [29]

Tabla 1. Porcentajes de mermas por humedad e impurezas

		GRADO INICIAL DE IMPUREZAS				
		1%	2%	3%	4%	5%
GRADO INICIAL DE HUMEDAD	13	0,00%	1,01%	2,02%	3,03%	4,04%
	14	1,15%	2,15%	3,15%	4,14%	5,14%
	15	2,30%	3,29%	4,27%	5,26%	6,25%
	16	3,45%	4,42%	5,40%	6,37%	7,35%
	17	4,60%	5,56%	6,53%	7,49%	8,45%
	18	5,75%	6,70%	7,65%	8,60%	9,56%
	19	6,90%	7,84%	8,78%	9,72%	10,66%
	20	8,05%	8,97%	9,90%	10,83%	11,76%
	21	9,20%	10,11%	11,03%	11,95%	12,86%
	22	10,34%	11,25%	12,16%	13,06%	13,97%
	23	11,49%	12,39%	13,28%	14,18%	15,07%
	24	12,64%	13,53%	14,41%	15,29%	16,17%
	25	13,79%	14,66%	15,53%	16,41%	17,28%
	26	14,94%	15,80%	16,66%	17,52%	18,38%
	27	16,09%	16,94%	17,79%	18,63%	19,48%
	28	17,24%	18,08%	18,91%	19,75%	20,59%
	29	18,39%	19,22%	20,04%	20,86%	21,69%
	30	19,54%	20,35%	21,17%	21,98%	22,79%
	31	20,69%	21,49%	22,29%	23,09%	23,89%
	32	21,84%	22,63%	23,42%	24,21%	25,00%
	33	22,99%	23,77%	24,54%	25,32%	26,10%
	34	24,14%	24,90%	25,67%	26,44%	27,20%
	35	25,29%	26,04%	26,80%	27,55%	28,31%
	36	26,44%	27,18%	27,92%	28,67%	29,41%
37	27,59%	28,32%	29,05%	29,78%	30,51%	
38	28,74%	29,46%	30,18%	30,90%	31,62%	

Fuente: Muñoz (2011)




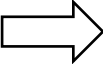
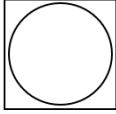
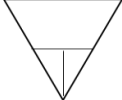
Elaborado por: Autores (2022)

2.2.4. Simbología para diagramas de flujo.

Una vez establecidos los lineamientos generales del proceso, se deberá entrar a detallar las actividades del mismo. Es entonces cuando se manifiesta útil el “diagrama de análisis del proceso”, el cual para su grafica hace uso de símbolos que facilitan su interpretación y los cuales están aprobadas por normas como la ASME (La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos –ASME por sus siglas en inglés) [19]

La ASME ha desarrollado signos convencionales que se presentan en la tabla N.2, a pesar de la amplia aceptación que ha tenido esta simbología, en el trabajo de diagramación administrativa es limitada, porque no ha surgido un conjunto de símbolos estándar. [19]

Tabla 2. Simbologías para diagramas de flujo

Símbolo	Significado	¿Para qué se utiliza?
	INICIO / FIN	Representa el punto de partida de la operación, si bien no significa un proceso como tal, permite identificar el punto de partida y final de la operación productiva.
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Hay una operación cada vez que un documento es cambiado intencionalmente en cualquiera de sus características.
	INSPECCIÓN	Indica cada vez que un documento o paso del proceso se verifica, en términos de: la calidad, cantidad o características. Es un paso de control dentro del proceso. Se coloca cada vez que un documento es examinado.
	TRANSPORTE	Indica cada vez que un documento se mueve o traslada a otra oficina y/o funcionario.
	ACTIVIDAD COMBINADA	Este caso, indica que el fin principal es efectuar una operación, durante la cual puede efectuarse alguna inspección.
	ALMACENAMIENTO TEMPORAL	Indica el depósito temporal de un documento o información dentro de un archivo, mientras se da inicio el siguiente paso.

Fuente: Normas ASME

Elaborado por: Autores (2022)

2.2.6. Índices de capacidad para procesos.

Los autores Gutiérrez y de la Vara en su libro “Control estadístico de calidad y Seis Sigma” establecen que la capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada, ya que esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones). [30]

La capacidad del proceso se encuentra muy ligado con la calidad del producto final, pues se trata de una forma de medir la habilidad de un proceso y el ajuste de este para cumplir con las expectativas del cliente, dado que todo sistema productivo tiene una variable de salida, la cual necesita cumplir con una serie de especificaciones para considerar que el proceso está funcionando satisfactoriamente. [30] Los índices que se consideran son los siguientes:

2.2.6.1. Índice Cp.

Indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones entre la amplitud de la variación natural del proceso. [30] El índice de capacidad potencial del proceso, Cp, se define de la siguiente manera:

Ecuación 4. Capacidad potencial del proceso

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Fuente: Gutiérrez (2010)

Elaborado por: Autores (2022)

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice Cp compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste:

Ecuación 5. Interpretación del índice Cp

$$Cp = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Fuente: Gutiérrez (2010)

Elaborado por: Autores (2022)

Decimos que 6σ (seis veces la desviación estándar) es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma que entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal. Incluso si no hay normalidad, en $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra un gran porcentaje de la distribución debido a la desigualdad de Chebyshev y a la regla empírica. [30]

Tabla 4. Valores del Cp y su interpretación

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

Fuente: Gutiérrez (2010)

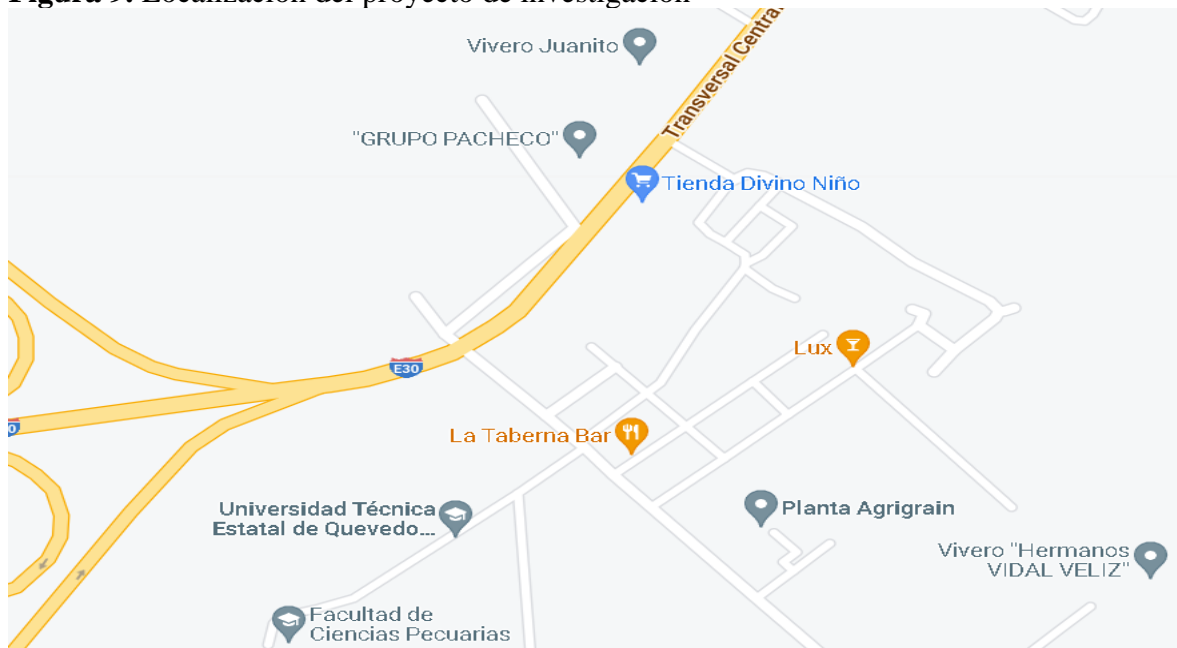
Elaborado por: Autores (2022)

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo a través del estudio del proceso de secado de maíz amarillo en casas comercializadoras de granos del cantón Quevedo, como Casa Comercial Granja y Casa Comercial Cevallos ubicados en la parroquia San Carlos, Grupo Comercial Briones ubicada en el Km 19 de la vía Quevedo – Ventanas y la empresa Agripac en su planta AGRIGRAIN en el Km 6 ½ de la vía Quevedo – El Empalme.

Figura 9. Localización del proyecto de investigación



Fuente: Google Maps

Elaborado por: Autores (2022)

3.2. Tipo de investigación.

Para llevar a cabo el desarrollo del presente estudio se realizó los siguientes tipos de investigación para el alcance de los objetivos planteados:

3.2.1. Investigación bibliográfica.

Este tipo de investigación se aplicó para la recopilación de información bibliográfica originaria de libros, revistas, páginas del internet, indagaciones y documentos, relacionados con el tema investigación, para poder analizar y hallar conclusiones que ayuden a llevar a cabo la realización del proyecto, plasmando estas consultas en el marco teórico.

3.2.2. Investigación descriptiva no experimental.

Mediante esta metodología de tipo descriptiva se identificó los principales parámetros en relación con el tema de investigación, como el tiempo de secado del maíz, las temperaturas efectivas de trabajo, el grado de madurez de la semilla entre otros, basado en estudios investigativos homólogos y la observación directa de dicho proceso.

3.2.3. Investigación cuantitativa.

Se llevó a cabo con el fin de describir el proceso de producción, determinar la capacidad del proceso y establecer variables críticas de calidad, obteniendo de esta forma conclusiones estadísticas para recopilar información procesable.

3.3. Métodos de investigación.

Para llevar a cabo la búsqueda de información para la resolución del proyecto, se hizo uso de los siguientes métodos de investigación:

3.3.1. Método inductivo.

Con la utilización de este método se recabó la información necesaria para fundamentar el proyecto de manera teórica lo que permitió analizar las propiedades en general del maíz y los trabajos que implica el proceso de secado, determinar la importancia, así como las ventajas de la metodología Six Sigma aplicado a los procesos de producción y finalmente elaborar un plan de mejora de la calidad para el secado del maíz mediante esta herramienta.

3.3.2. Método deductivo.

El método deductivo es lo opuesto al método inductivo, pues mientras que el método deductivo procura ir de lo general a lo particular, el método inductivo procede de modo inverso: a partir de premisas particulares se procura alcanzar conclusiones generales. En él, se parte de la observación, registro y análisis de la información para, con base en ella, formular premisas generales dentro del proyecto de investigación.

3.3.3. Método analítico.

Se lo utilizó para hacer un análisis del proceso de secado de maíz, con el fin de comprender los posibles problemas que se suscitan durante esta operación y aplicar la herramienta apropiada de la metodología Six Sigma que permita contrarrestar estos inconvenientes, para esto se utilizó los resultados obtenidos en la investigación no experimental y los análisis de ingeniería aplicados a la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Como fuentes para la recolección de información se usó fuentes de investigación tanto primaria como secundaria:

3.4.1. Fuentes Primarias.

- Observación.
- Entrevista.
- Encuesta

3.4.2. Fuentes Secundarias.

- **Libros:** Se recopiló información originaria de libros para definir temas de importancia para el desarrollo de la investigación y que permitió llevar a cabo el marco teórico.
- **Páginas Web:** Se recopiló información originaria de sitios web para definir temas de importancia para el desarrollo de la investigación y que permitió llevar a cabo el marco teórico.
- **Documentos:** Se recurrió a documentos con temas homólogos al presente proyecto de investigación con el propósito de guiar el desarrollo del trabajo y realizar comparaciones de resultados.

3.5. Diseño de la Investigación.

3.5.1. Diseño no experimental.

A través de este tipo de investigación se observó los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Es decir permitió observar y analizar el proceso de secado de maíz duro a través de las visitas técnicas realizadas a las empresas dedicadas a este trabajo, lo que permitió adquirir conocimientos mediante el análisis y diagnóstico del proceso. Permitiendo la identificación del proceso a través de diagramas de flujo y generar las herramientas necesarias para la implementación del Six Sigma.

3.6. Instrumentos de investigación.

3.6.1. Observación.

Con esta técnica se observó directamente el proceso de secado de maíz y las maquinarias que intervienen en este trabajo, esto permitió el desarrollo de diagramas de procesos y una mejor comprensión de los problemas de calidad que afectan al grano durante el secado.

3.6.2. Entrevista.

Este método permitió recopilar la información de una manera efectiva a través de la comunicación interpersonal con el recurso humano involucrado en el proceso de secado de maíz, y con una serie de preguntas previamente elaboradas, la información recopilada a través de esta técnica permitió el desarrollo de diagramas como Pareto o Ishikawa.

3.6.3. Encuesta.

Las 4 empresas que se visitó para el desarrollo de la investigación cuentan con un promedio de 6 trabajadores en el área de producción, lo cual representa una población finita de 24 personas a quienes se dirigió la encuesta, ya que este recurso humano cuenta con la amplia experiencia en el secado del grano para comprender parámetros como los principales problemas que afectan la calidad del maíz y la frecuencia con la que se suscitan.

3.7. Tratamientos de datos.

La elaboración de herramientas de la metodología Lean Six Sigma se realizó a través de softwares de Microsoft tales como Visio o Excel, los cuales facilitan la elaboración de gráficos estadísticos y permite la fácil comprensión de los datos tabulados.

3.8. Recursos humanos y materiales.

Como recursos empleados para llevar a cabo la investigación se utilizó los siguientes:

3.8.1. Recursos humanos.

- Investigadores del proyecto.
- Director del proyecto de investigación.
- Gerentes y propietarios de las empresas visitadas.

3.8.2. Recursos materiales.

- Hojas de papel Bond A4 75gr.
- Lapiceros.
- Cuadernos.
- Calculadora.
- Libros o textos de consultas.
- Computadoras, celulares, Tablet e internet, pendrive, impresora.

3.8.3. Cronograma de actividades.

Tabla 5. Cronograma de actividades del proyecto de investigación

TAREA	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre							
	Semanas															
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3			
Aceptación de la propuesta investigativa	■															
Se redacta el planteamiento del problema		■														
Se plantean los objetivos			■													
Recolección de fuentes bibliográficas				■												
Se realiza la fundamentación teórica					■											
Planteamiento de metodología de investigación						■										
Preparación de preguntas para la entrevista y encuesta							■									
Visita técnica a empresas								■								
Estudio de datos obtenidos en la visita									■							
Desarrollo de resultados										■						
Discusiones por cada resultado											■					
Desarrollo de conclusiones												■				
Desarrollo de recomendaciones													■			
Ultimar detalles del trabajo														■		
Presentación de trabajo investigativo															■	
Culminación del trabajo																■

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de las ineficiencias en el proceso de secado de maíz.

Para identificar las ineficiencias que se presentan en el proceso de secado de maíz amarillo, se analiza previamente cada uno de los pasos que conlleva esta operación.

4.1.1. Descripción del proceso de secado de maíz amarillo.

Las actividades generales que se llevan a cabo para el proceso de secado de maíz amarillo se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6. Descripción del proceso de secado de maíz amarillo

PROCESO DE SECADO DE MAÍZ AMARILLO	
No.	ACTIVIDADES
1	Recepción de materia prima
2	Análisis físicos de la carga
3	Descarga de materia prima
4	Transporte del grano al área de operaciones
5	Prelimpia del grano
6	Cargar las máquinas secadoras con el maíz
7	Proceso de secado de maíz
8	Análisis físico de la carga de maíz seco
9	Transporte del maíz seco al área de almacenamiento
10	Almacenamiento temporal del grano

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

4.1.1.1. Recepción de materia prima.

El proceso de secado de maíz dentro de la empresa comienza con la llegada del grano en transportes de carga con capacidades de 15 a 50 tn, a quienes se les asigna un turno registrando su llegada a la planta, posteriormente se realiza un primer pesaje en la báscula de la empresa y se realiza una toma de muestra de la carga para realizar análisis físicos con el fin de determinar las características con las que llega el grano a la empresa. A continuación se detallan los parámetros de calidad que gran parte de empresas dedicadas al secado de maíz amarillo, imponen a sus proveedores para realizar la compra de este grano:

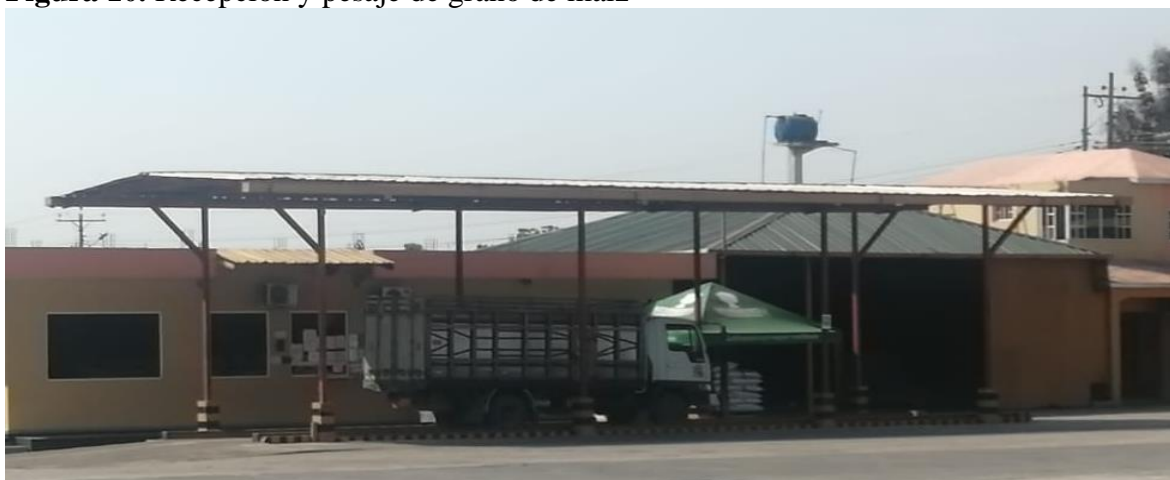
Tabla 7. Parámetros de calidad para la compra de maíz comercial

REQUISITOS	MAÍZ HÚMEDO	MAÍZ SECO
Humedad	Máx. 34%	Mín. 10% - Máx. 13%
Impurezas	Máx. 6%	Máx. 2%
Grano Partido	Máx. 5%	Máx. 3%
GRANOS DAÑADOS POR		
Calor	Máx. 2%	Máx. 2%
Hongos	Máx. 3%	Máx. 2%
Insectos	Máx. 4%	Máx. 2%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Figura 10. Recepción y pesaje de grano de maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

4.1.1.2. Análisis físicos de la carga.

Previo a descargar el grano, se realiza el muestreo haciendo varias tomas en el interior de la masa de granos con la ayuda de un calador de sonda especial, o artefactos similares, y mezclando las muestras primarias obtenidas. El muestreo debe realizarse dependiendo de la cantidad total del grano que llega a la empresa, pudiendo variar de 5 hasta 11 tomas de muestra, la cual depende de la capacidad de carga del transporte que llega a planta.

Las muestras obtenidas de la carga son separadas a través de un homogenizador tipo boerner el cual es un divisor de muestras que sirve para separar igualitariamente u homogeneizar las muestras de diferentes granos, este paso se lo realiza con el fin de separar el grano óptimo del partido o dañado por hongo, este paso se realiza varias veces hasta obtener una muestra representativa.

Figura 11. Homogenizador de granos



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

Sobre la muestra final se realizará la medición del contenido de humedad y los análisis de calidad correspondientes, con la ayuda del medidor de humedad, en este proceso se genera un documento, donde se registra los datos obtenidos con el análisis.

Figura 12. Medidor de humedad de granos



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

4.1.1.3. Descarga de materia prima.

Finalmente una vez culminado el proceso de muestreo y análisis físico del grano, y si este cumple con los requisitos de calidad para la compra por parte de la empresa, un par de operadores descargan el producto y el transporte se coloca nuevamente en la báscula, con el fin de determinar el peso del camión y por diferencia determinar el peso neto de maíz a ser secado, si por el contrario, la carga recibida no aprueba los estándares de calidad en el análisis físico, se rechaza toda la carga.

Figura 13. Descarga de materia prima



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

4.1.1.4. Proceso de pre limpia del grano.

Una vez que el grano es transportado hasta el área de operaciones, su primer proceso será realizar una eliminación de impurezas a través de una máquina denominada Pre Limpia, el objetivo de esta actividad es separar del cereal las diversas impurezas que acompañan a este producto desde su cosecha, tales como pedazos de tuza, pelusas, polvo e incluso granos partidos. Este proceso es importante dado que al conseguir un grano homogéneo desde la pre limpieza, facilita enormemente el proceso de secado, ya que elimina desperdicios y productos indeseables que a su vez ahorra tiempo y esfuerzo en el secado, mejorando también el rendimiento del almacenaje.

Figura 14. Pre limpiadora de granos



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Es importante destacar que las empresas también realizan compra de maíz seco cuyo proceso de recepción es el mismo que el maíz húmedo explicado anteriormente, sin embargo, una vez descargado el grano y en caso de ya estar seco y con los parámetros de calidad aprobados por la empresa, este pasa obligatoriamente al proceso de prelimpia con el fin de remover todos los restos de granos y otras contaminaciones que pueden producirse durante las operaciones de la poscosecha, finalmente el maíz seco es almacenado para su posterior comercialización.

Por otro lado, y a diferencia del maíz seco, el maíz húmedo no termina su proceso en la prelimpia, sino que pasa directamente a las máquinas secadoras, o a su vez son almacenados temporalmente si las máquinas de secado se encuentran operativas en su totalidad.

4.1.1.5. Proceso de secado de maíz.

El secado del grano es indispensable para alcanzar unos límites que permiten su conservación. El proceso comienza una vez que se ha cargado y configurado las máquinas secadoras y cuyo proceso puede tardar hasta 8 horas dependiendo del porcentaje de humedad del grano, se realizan controles de humedad cada 15 o 30 minutos con el humedímetro para cerciorar que llegue a su contenido de humedad óptima cuyo valor manejado por la mayoría de las empresas es de 13%, estos controles son importante ya que si se sobrepasa el tiempo de secado se generaría pérdidas de maíz por sobresecado.

Para realizar los controles de humedad del grano se deja enfriar la muestra que se obtiene de la secadora, ya que se calcula su porcentaje de humedad directamente su valor real puede ser muy diferentes ya que el maíz se encuentra caliente y la humedad sobrepasa en un 1,5 %. Además la secadora también posee un sistema de ventilación incorporado el que ayuda a enfriar el maíz.

Es importante destacar que a lo largo del proceso de secado el grano es removido constantemente ya sea de forma manual por operarios con la ayuda de palas, o por acción propia de las maquinarias del tipo de secado de flujo continuo, esto con la finalidad de secar uniformemente toda la carga ingresada a la máquina. Luego del secado se procede a la medición de humedad final del grano, para esto se recomienda dejar el grano en reposo por algunas horas para que se equilibre su temperatura internamente.

Si al finalizar el proceso el grano sigue con un porcentaje superior al 13% este vuelve a la secadora lo que genera un reproceso que no es apropiado para la calidad del grano ni los recursos de la empresa. Por el contrario, si el grano ha alcanzado un valor igual o menor a 13%, este pasa a un nuevo proceso de limpieza con el fin de separar aquellos granos partidos o quemados y demás impurezas que se pueden generar durante el secado, posteriormente se calcula la masa final de maíz que se ha secado y se genera un nuevo documento donde se registra el volumen de secado.

Figura 15. Proceso de secado de maíz



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

Cabe destacar además que las empresas dedicadas al secado de maíz amarillo duro buscan cumplir con la recomendación de la norma INEN 187:2013 la cual establece los requisitos de maíz en grano, en cuanto al grado de humedad 13% y de impurezas del 1,5%.

Tabla 8. Parámetros de calidad del maíz seco

REQUISITO	VALOR MÁXIMO
Humedad	13 %
Materias orgánicas extrañas	1,5 %
Materias inorgánicas extrañas	0,5 %
Grano defectuoso (quebrado, quemado)	6 %
Insectos	0 %

NOTA. Además debe estar exento de las siguientes semillas tóxicas o nocivas que, en cantidades puedan representar un peligro para la salud humana: la crotalaria, la neguilla , el ricino, el estramonio y otras semillas.

Fuente: NTE INEN 187:2013 Tercera revisión
Elaborado por: Autores (2022)

4.1.1.6. Almacenamiento de maíz seco.

Para el almacenamiento muchas empresas optan por mantener el contenido de humedad del grano en 12,5%, por cualquier circunstancia que no pueda ser controlada y que genere humedad hasta su comercialización, se asegura además la conservación de los granos evitando la formación de microorganismos, el almacén puede ser al aire libre o en silos.

El almacenamiento del maíz seco representa un gran desafío para muchas empresas del cantón Quevedo, ya que generalmente suelen prolongar los tiempos de almacenamiento hasta 8 meses sobre todo en tiempos de invierno donde no se obtiene cosechas de este grano, por tal motivan optan por almacenar grandes cantidades de maíz seco para mantener abastecida su comercialización durante esta etapa, sin embargo, el almacenamiento en este periodo debe ser controlado minuciosamente por factores que alteran la calidad del grano.

Así pues, las empresas tienen establecidos programas de fumigación y control para eliminar o reducir las plagas que se pueden presentar en este proceso, la mejor forma de conservar este producto es en silos, los cuales deben ser totalmente herméticos y mantener bajo control la aireación y temperatura del grano dentro del silo. Así mismo, estas actividades no deben agregar humedad al maíz por lo que se debe revisar periódicamente el grano almacenado.

Figura 16. Almacenamiento de maíz seco

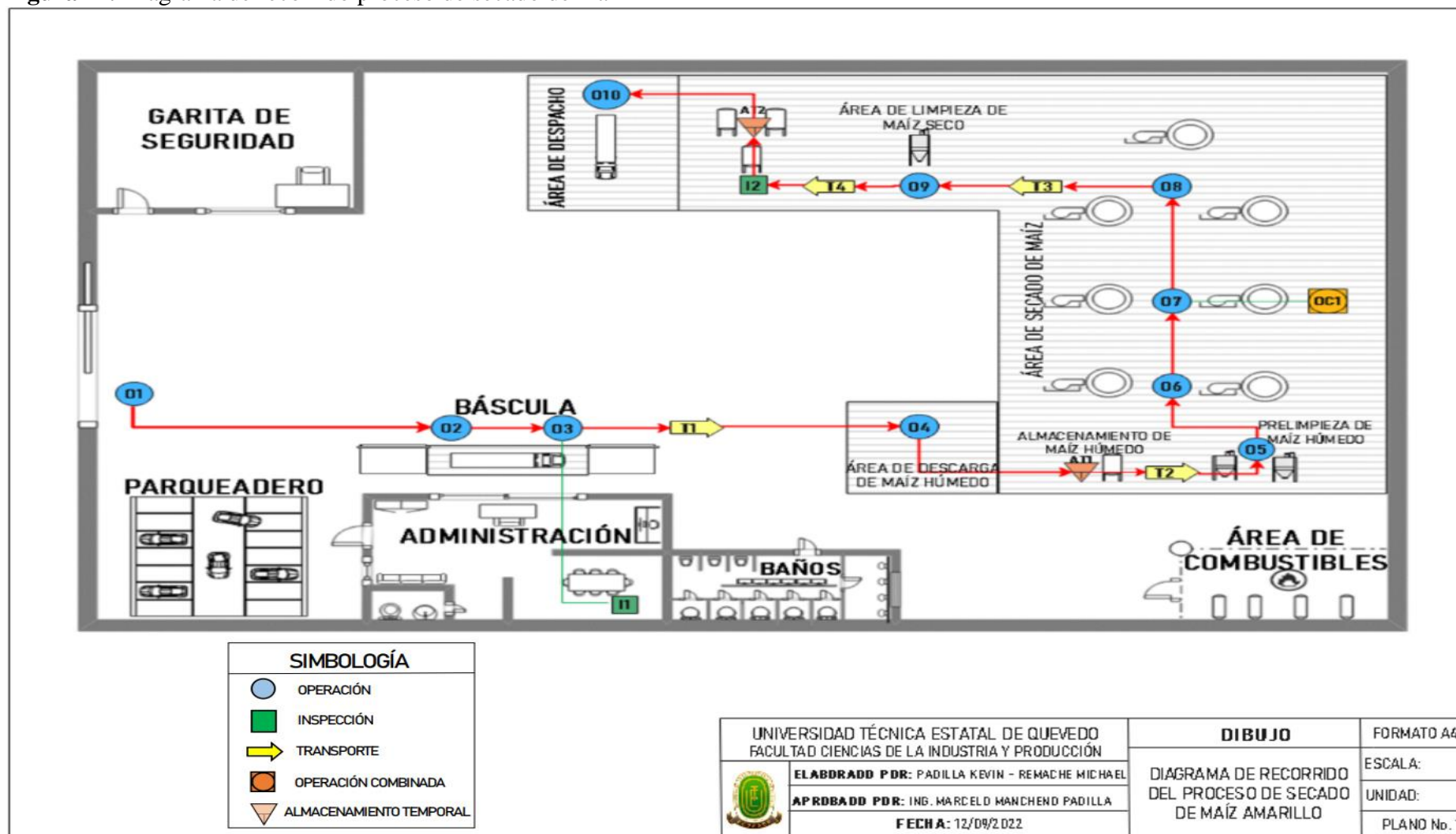


Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

4.1.2. Diagrama de recorrido del secado de maíz.

Si bien se ha descrito el proceso de secado de maíz detalladamente, una representación gráfica otorga una comprensión más precisa y compacta, por tal motivo en la figura 17 se presenta el diagrama de recorrido del proceso de secado de maíz amarillo, en el cual se indica la secuencia que sigue el grano desde la recepción hasta el despacho, es importante destacar que el diagrama está enfocado de manera general a la distribución de planta de gran parte de las casas comercializadoras de granos que se estudió con el presente proyecto, por lo que no se trata de un plano actual de una empresa determinada, sin embargo, su representación resultó muy útil ya que plasma el recorrido de la materia prima, identificando cada operación según las simbologías establecidas por la norma ASME.

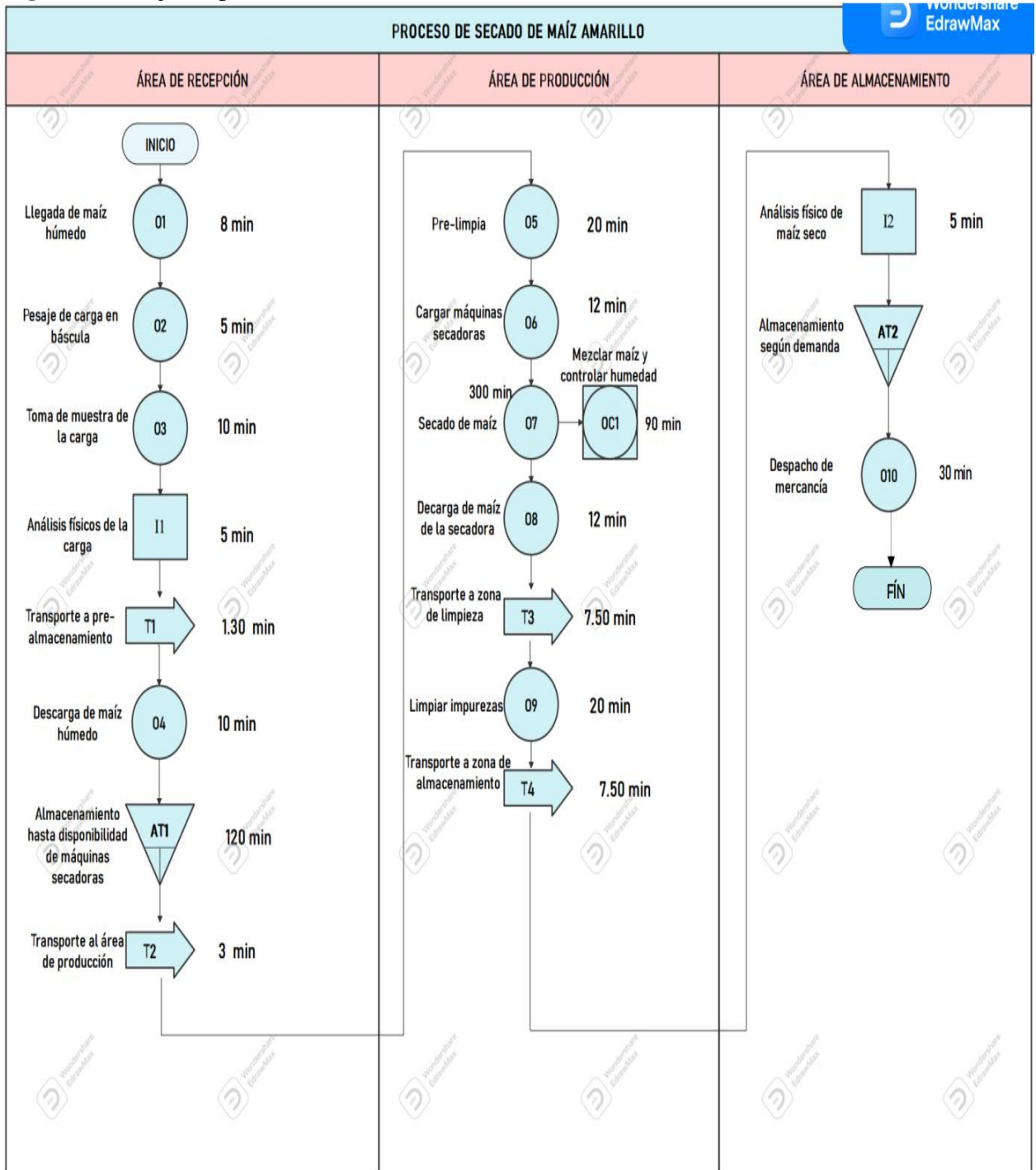
Figura 17. Diagrama de recorrido proceso de secado de maíz



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

Otra herramienta que resulta útil para identificar un proceso productivo es el diagrama de flujo, en la figura 18 se detalla cada una de las actividades identificadas en el diagrama de recorrido y se agrega los tiempos que conlleva cada operación con el fin de obtener una mejor interpretación, así mismo en la figura 19 se presenta el cursograma analítico del proceso el cual resume los movimientos y tiempos del secado de maíz.

Figura 18. Flujo de proceso del secado de maíz



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

Figura 19. Cursograma analítico del proceso de secado de maíz

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ AMARILLO							
RESUMEN DEL PROCESO							
DETALLES		Actividad	Símbolo	No.	Tiempo	EL PROCESO EMPIEZA EN:	
Área	Recepción - Producción - Almacenamiento	Operación	○	10	517	○	
Proceso	Secado de maíz	Transporte	⇒	4	19,3		
Producto	Maíz Amarillo Duro	Inspección	□	2	10	EL PROCESO TERMINA EN:	
Diagrama N°	1	Almacenamiento temporal	▽	2	120	○	
Hoja	1 de 1	Op. Combinada	◻	1	-		
TOTAL				19	666,3		
Descripción de Actividades	Símbolos					Tiempo (min)	Observaciones
	Oper	Tran	Insp	Al. Temp	Comb		
Recepción de maíz húmedo	●	⇒	□	▽	◻	8	Se registra la llega y se le asigna un turno
Pesaje de carga en báscula	●	⇒	□	▽	◻	5	Se repite el proceso de pesaje con el transporte vacío
Toma de muestras de la carga	●	⇒	□	▽	◻	10	La toma de muestras pueden variar de 5 hasta 11 dependiendo del transporte
Análisis físico de la carga	○	⇒	■	▽	◻	5	Si no cumple estándares de calidad de la empresa se rechaza la carga
Transporte a pre-almacenamiento	○	⇒	□	▽	◻	1,3	-
Descarga de maíz húmedo	●	⇒	□	▽	◻	10	-
Almacenamiento hasta disponibilidad de máquinas	○	⇒	□	▽	◻	120	Si existe maquinaria disponible se pasa directo a la pre-limpia
Transporte al área de producción	○	⇒	□	▽	◻	3	-
Pre-limpia	●	⇒	□	▽	◻	20	-
Cargar máquinas secadoras	●	⇒	□	▽	◻	12	-
Secado de maíz	●	⇒	□	▽	■	390	Durante el secado se realizan controles de humedad cada 15 minutos y mezcla cada 1,30 hora
Descarga de maíz de la secadora	●	⇒	□	▽	◻	12	-
Transporte a zona de limpieza	○	⇒	□	▽	◻	7,5	-
Limpiar impurezas	●	⇒	□	▽	◻	20	-
Transporte a zona de almacenamiento	○	⇒	□	▽	◻	7,5	-
Análisis físico de maíz seco	○	⇒	■	▽	◻	5	-
Almacenamiento según demanda	○	⇒	□	▽	◻	-	Almacenamiento más corto: 1 semana almacenamiento mas extenso: hasta 8 meses (en épocas donde no hay cosecha de maíz)
Despacho de mercancía	●	⇒	□	▽	◻	30	-
TOTAL		10	4	2	2	1	666,3

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

4.1.3. Identificación de mudas (desperdicios) de producción.

Dentro del proceso productivo de secado de maíz se pueden generar diferentes problemas y desperdicios a los cuales se los llama técnicamente como mudas de proceso, las cuales no generan ningún valor al mismo y en muchas ocasiones su presencia genera pérdidas económicas en las empresas, estos errores son mayoritariamente cometidos por los trabajadores y el sistema de trabajo que se utiliza en la organización.

A continuación se procede a identificar las 7 mudas que existen dentro del proceso de secado del maíz, las cuales corresponden a defectos, sobre procesos, esperas, transporte, inventario, sobreproducción y movimiento.

4.1.3.1. Desperdicio por productos defectuosos.

El producto final en este proceso productivo es el grano de maíz seco, el cual en su transcurso de transformación puede sufrir diversos daños y alteraciones en su composición hasta el punto de hacer que la semilla no sea viable para su comercialización, dichos problemas podrían ser fisuras, grano partido, crecimiento de hongos, etc.

Estos daños que sufre el grano durante el proceso operativo dentro de la empresa obedecen a diversos factores tanto ambientales, mecánicos y físicos, los cuales se detallan a continuación y se tabulan gracias a la encuesta realizada a los 24 trabajadores de las casas comercializadoras de granos:

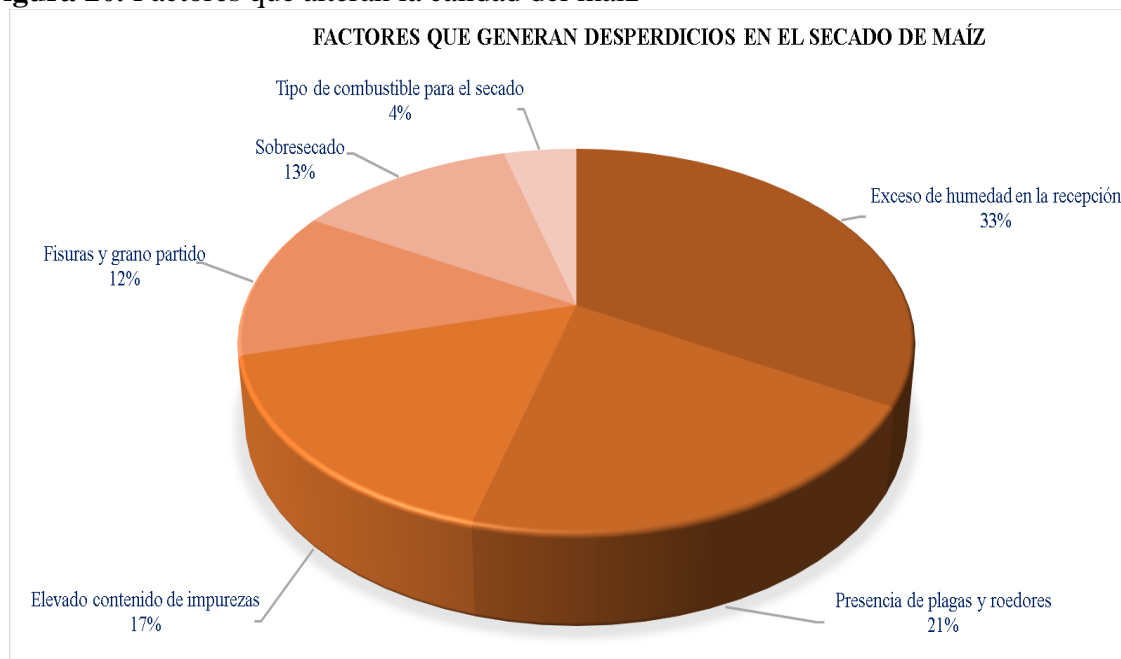
Tabla 9. Factores que generan defectos en la calidad del maíz

Factores	Frecuencia
Exceso de humedad en la recepción	8
Presencia de plagas y roedores	5
Elevado contenido de impurezas	4
Fisuras y grano partido	3
Sobresecado	3
Tipo de combustible para el secado	1
TOTAL	24

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Figura 20. Factores que alteran la calidad del maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Análisis: el 33% de los encuestados que corresponde a 8 trabajadores, argumentaron que el exceso de humedad al momento de la recepción genera una gran cantidad de producto final defectuoso, argumentando además que el exceso de humedad representa una semilla inmadura que no es viable para el secado, el 21% correspondientes a 5 trabajadores señalaron que la presencia de plagas y roedores provocan enfermedades en el grano, envases y recipientes, lo cual no lo hace apto para la comercialización, por otro lado, 4 trabajadores que comprende el 17% manifestó que el elevado contenido de impurezas poscosecha con el que se empieza el proceso, suele fragmentar el grano sobre todo en la pre limpia.

Un 12% de los encuestados, es decir, 3 trabajadores manifestaron que las fisuras y grano partido que se presentan, tienen relación con el exceso de humedad lo que provoca que las vibraciones mecánicas de las maquinarias dañen la semilla, así mismo, 3 trabajadores que representa el mismo porcentaje, señalaron que en el sobresecado el grano suele quemarse, finalmente el 4% restante, es decir, 1 trabajador indicó que la cantidad de producto defectuoso que se tendrá al final del secado depende del tipo de combustible que se tiene para el proceso, argumentando además que el GLP (gas licuado de petróleo) genera un grano físicamente mejor en relación al combustible diésel.

4.1.3.2. Desperdicio por sobre proceso.

Dentro del proceso de secado de maíz existen diversos tipos de secadoras con la finalidad de cumplir con esta labor, hay unas que son más eficientes que otras y que alcanzan una mejor uniformidad en el secado de los granos, por otro lado existen otros tipos de modelos en los cuales las semillas que se ubican cerca a la pared de la secadora, reciben en mayor proporción el aire caliente suelen sobrepasar el grado de humedad final deseado, y por su parte las que están al lado contrario no llegan al punto de secado establecido.

Esto implica alargar el tiempo de secado hasta alcanzar el nivel deseado para su posterior almacenamiento y comercialización, lo cual implica mayor consumo de energía, tiempo y espacio. Esta situación origina un sobre proceso que implica que una determinada cantidad de grano vuelva a la maquina secadora hasta alcanzar su valor de humedad deseado, originando así retrasos y mermas del producto.

A continuación se realizó a modo de ejemplo el cálculo de variación de masa final tomando los valores más altos de recepción de maíz en cuanto a humedad e impurezas que manejan gran parte de las empresas que se entrevistó para el desarrollo de la investigación, por otro lado para los valores finales de maíz seco se consideró los que establece la norma INEN 187:2013 para la comercialización del grano, mientras que la masa inicial esta dado por la capacidad de las máquinas secadoras de tipo convencional.

Se utilizó la ecuación 1 para identificar las mermas por limpieza:

Datos: $mi= 800 \text{ qq}$ $Hi= 34\%$ $Hf= 13\%$ $Ii= 5\%$ $If= 1\%$

$$ml = mi \left(\frac{Ii - If}{100 - If} \right)$$

$$ml = 800 \left(\frac{5 - 1}{100 - 1} \right)$$

$$ml = 800(0,040)$$

$$ml = 32,32qq$$

Al resultado que se obtiene en la merma por limpieza se le resta la masa inicial y se obtiene la cantidad real de maíz a ser secado:

$$800 - 32,32 = 767,68 \text{ qq de maíz que serán sometidos al proceso de secado}$$

Posteriormente se aplica la ecuación 2 para calcular las mermas por secado:

$$ms = mi \left(\frac{Hi - Hf}{100 - Hf} \right)$$

$$ms = 767,68 \left(\frac{34 - 13}{100 - 13} \right)$$

$$ms = 767,68(0,2413)$$

$$ms = 185,30 \text{ qq}$$

Por lo tanto, la masa final de maíz seco con 13% de humedad y 1% de impurezas será:

$767,68 - 185,30 = 582,30$ qq, al valor de masa inicial que pretendía ser secado se le resta el valor obtenido en este paso y se obtiene: $800 - 582,30 = 217,7$ qq de maíz que se desperdicia entre el proceso de limpieza y secado del grano.

Finalmente se calcula el porcentaje de merma que se obtuvo de la limpieza y secado.

$$\%m = \left(\frac{ml + ms}{mi} \right) \times 100$$

$$\%m = \left(\frac{32,32 + 185,30}{800} \right) \times 100$$

$$\%m = 27,20\%$$

En este ejemplo se puede evidenciar que el 27,20% de la masa inicial (800qq) mermo entre las actividades de limpieza y secado , cabe resaltar que en esto influye en gran medida el porcentaje de humedad e impurezas con el que se empieza el proceso de secado, sobre todo cuando la cosecha de maíz duro coincide con la época invernal, en donde el producto ingresa a la secadoras con alto contenido de humedad, impurezas y presencia de trazas.

Esto encarece el proceso y obviamente repercute en la parte económica de las partes interesadas, por ende a menor porcentaje de humedad al en la recepción, disminuirá las mermas del producto final, sin embargo, es importante destacar que se pueden generar más despilfarros del producto a lo largo del proceso operativo del mismo dentro de la empresa.

4.1.3.3. Desperdicio por espera.

Las esperas o los retrasos en las actividades por lo general generan pérdidas para la organización que está realizando su proceso productivo, en este caso el secado del maíz no está exento de esas situaciones, debido a que cuenta con diversos problemas que podrían causar retrasos inesperados haciendo que la producción no sea la proyectada en un principio, ocasionando perjuicios para la empresa.

Uno de los problemas que ocasionan estas paras inesperadas radica en la limpieza de la maquinaria que se emplea en el secado de maíz, en la mayoría de los casos se necesita hacer una limpieza exhaustiva debido a que se acumulan restos de algunos centímetros de espesor, los cuales están conformados por impurezas tales como hojas, tusas, restos de la planta de maíz, etc. Estos restos al momento de juntarse generan una especie de barrera la cual no permite que el aire caliente ingrese de forma normal haciendo que el proceso se vea reducido en su eficiencia de secado.

Existen tipos de secadoras de granos que en unos casos facilitan su limpieza y en otros la complican, debido a sus respectivas características de construcción y funcionamiento, se distinguen dos tipos principales de secadoras las cuales son de caballetes y de columnas. En esta ultima la limpieza resulta más difícil en virtud de que cuentan con paredes perforadas las cuales necesitan más tiempo de limpieza retrasando así el proceso.

Principalmente al inicio de la cosecha, gran cantidad de producto ingresa a las secadoras lo cual hace que las empresas operen al máximo de su capacidad instalada y dada la cantidad y calidad del producto, parte de éste se pierde. Usualmente al inicio del primer período de cosecha se presente una sobreoferta de producto a secar.

4.1.3.4. Desperdicio por transporte.

Los transportes que se llevan a cabo en el proceso del secado del maíz son los siguientes:

- Transporte a la zona de pre-almacenamiento de maíz húmedo.
- Transporte del maíz húmedo al área de producción.
- Transporte al área de limpia de maíz seco.
- Transporte a bodega de almacenamiento terminado.

Dentro de estos transportes mencionados se encuentran algunos innecesarios como el pre almacenamiento de maíz húmedo el cual se da cuando el stock que se recibe supera la capacidad real de producción de la planta, esto afecta a la productividad de la empresa, ya que se requiere de mayor cantidad hora-hombre, así como de mayor consumo de combustible y espacio físico de la empresa, por lo que se requiere acciones para corregir este problema.

4.1.3.5. Desperdicio de inventario.

El problema de los inventarios en las empresas comercializadoras y secadoras de granos se da debido a que en muchos casos estas empresas no cuentan con silos para el almacenamiento a largo plazo del maíz, en virtud de que trabajan bajo pedidos los cuales son a corto plazo. Sin embargo, la implementación de silos es necesaria para un control más eficaz de las variables físicas y climatológicas que pueden afectar la calidad del maíz.

Las empresas que no cuentan con estos modelos de almacenamiento presentan una desventaja en comparación con las empresas que si los tienen implementados, esto debido a que los productos terminados de estas son controlados de mejor manera y por ende cuentan con una mayor calidad.

4.1.3.6. Desperdicio de sobreproducción.

Lo ideal de las empresas que se dedican a esta labor, es que trabajen bajo el pedido que realicen sus clientes externos, sin embargo, mediante la investigación realizada in situ se verificó que a pesar de este ideal, estas organizaciones no basan su producción en función de los pedidos recibidos, si no que producen lo que su capacidad les permite.

Esto ocasiona que las empresas a pesar de cumplir con los pedidos solicitados se queden con productos en su stock, lo cual obviamente implica el consumo de recursos como: energía, mano de obra, materiales, principalmente.

La razón de ser de esta situación se da en virtud de que estas comercializadoras necesitan tener un almacenamiento para las temporadas húmedas que se dan en nuestro país, en estas temporadas la producción de maíz se reduce considerablemente, por lo que para mantener su ritmo de comercialización se debe tener un almacenamiento previsto.

Sin embargo, el problema viene cuando estas empresas no cuentan con silos idóneos para su conservación, lo cual hace que en las temporadas de lluvias el maíz almacenado se pueda estropear debido a las condiciones climatológicas que allí se presentan.

4.1.3.7. Desperdicio por movimientos innecesarios.

- Transporte del maíz a la zona de pre-almacenamiento.
- Realimentación de las máquinas secadoras para realizar un sobresecado.
- Volteo de maíz almacenado para evitar la presencia de vectores y microorganismos.

4.2. Definición de la metodología Six Sigma para el plan de mejora.

Para definir la metodología que se implementara dentro del plan de mejora de la calidad se debe tener en cuenta que existen dos terminologías diferentes la cuales tienen sus respectivas aplicaciones y objetivos dentro de los proyectos Six Sigma.

La primera terminología que se analizó es la DMADV, este diseño para Six Sigma (DFSS por sus siglas en inglés) está más enfocada para una empresa que recién está en sus inicios, debido a que su objetivo se centra en crear o rediseñar un nuevo producto o modelo de negocio, cabe destacar que DMADV es un acrónimo el cual tiene los siguientes significados:

Definir objetivos del proceso/diseño.

Medir estadísticas de calidad de su proceso/producto.

Analizar resultados para desarrollar y evaluar el diseño del proceso/producto.

Diseñar los detalles del proceso, optimizar y probar sus diseños.

Verificar el diseño seleccionado.

La segunda terminología en cuestión es la DMAMC, esta DFSS está más orientada a las empresas que ya cuentan con un proceso productivo establecido, esto debido a que el principal objetivo de esta metodología es mejorar un proceso existente en lugar de crear un nuevo producto/proceso o un rediseño completo como lo establece la DMADV. Al igual que la DMADV la DMAMC es un acrónimo cuyos significados son los siguientes:

Definir el problema del proceso/producto.

Medir las estadísticas actuales del proceso.

Analizar los resultados y determinar sus causas.

Mejorar el proceso productivo con base en el análisis de datos.

Controlar el nuevo proceso y detectar cualquier defecto.

Una vez analizadas las diferencias entre estas dos terminologías se procedió a recolectar datos estadísticos que permitan definir cuál de las dos estrategias es más conveniente utilizar teniendo en cuenta el estado actual de proceso del secado de maíz.

En primer lugar, se recolectaron datos sobre la humedad inicial y la humedad final para la realización de tablas de control que permitan analizar las variaciones en las diferentes tandas de secado, con el objetivo de identificar problemas y encontrar posibles soluciones para mitigarlas y hacer más eficiente el proceso.

4.2.1. Variaciones de humedad inicial del maíz.

En la siguiente tabla se muestran los datos recogidos sobre los secados realizados en un lapso de 20 días, en cada día se tomaron 5 muestras de diferentes máquinas secadoras las cuales arrojaron los siguientes resultados de humedad inicial:

Tabla 10. Datos de humedad inicial del maíz

DÍAS	OBSERVACIONES				
	1	2	3	4	5
1	35,00	36,00	36,00	32,50	32,50
2	30,50	35,50	28,00	28,50	32,50
3	33,50	25,50	36,00	33,50	35,50
4	35,50	27,00	26,50	36,50	35,50
5	28,00	35,50	35,50	31,50	25,50
6	25,50	36,50	27,50	30,50	26,50
7	35,50	31,00	36,00	36,00	37,50
8	37,50	30,50	35,50	30,50	33,50
9	37,00	26,50	27,50	30,00	27,50
10	34,50	35,50	29,00	27,50	25,00
11	34,50	34,50	34,00	30,50	29,50
12	33,50	28,50	27,00	25,50	27,50
13	29,00	27,50	37,50	27,50	31,50
14	34,50	28,00	35,50	36,50	25,50
15	33,50	30,00	37,50	30,00	35,50
16	25,00	28,50	25,00	37,50	25,50
17	29,50	35,50	27,50	32,50	29,50
18	35,50	31,50	26,00	34,50	27,50
19	30,50	32,00	35,00	35,50	35,50
20	32,50	33,50	29,50	31,50	25,50

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Luego de realizada la recolección de estos datos, se procedió a calcular el valor central o promedio de la información recabada, de igual manera se determinó cuáles eran los límites de media superiores e inferiores del proceso del secado maíz que se está implementando.

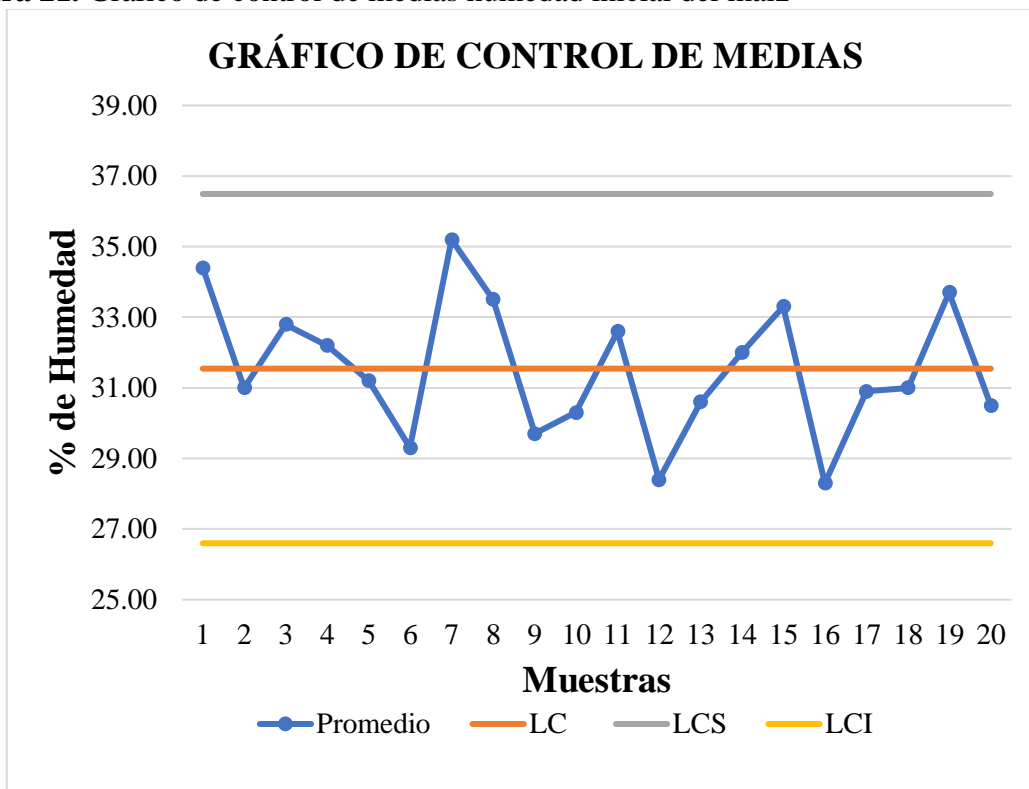
Tabla 11. Datos de media de humedad inicial del maíz

Muestras	OBSERVACIONES					DATOS DE MEDIAS			
	1	2	3	4	5	Promedio	LC	LCS	LCI
1	35,00	36,00	36,00	32,50	32,50	34,40	31,545	36,493	26,597
2	30,50	35,50	28,00	28,50	32,50	31,00	31,545	36,493	26,597
3	33,50	25,50	36,00	33,50	35,50	32,80	31,545	36,493	26,597
4	35,50	27,00	26,50	36,50	35,50	32,20	31,545	36,493	26,597
5	28,00	35,50	35,50	31,50	25,50	31,20	31,545	36,493	26,597
6	25,50	36,50	27,50	30,50	26,50	29,30	31,545	36,493	26,597
7	35,50	31,00	36,00	36,00	37,50	35,20	31,545	36,493	26,597
8	37,50	30,50	35,50	30,50	33,50	33,50	31,545	36,493	26,597
9	37,00	26,50	27,50	30,00	27,50	29,70	31,545	36,493	26,597
10	34,50	35,50	29,00	27,50	25,00	30,30	31,545	36,493	26,597
11	34,50	34,50	34,00	30,50	29,50	32,60	31,545	36,493	26,597
12	33,50	28,50	27,00	25,50	27,50	28,40	31,545	36,493	26,597
13	29,00	27,50	37,50	27,50	31,50	30,60	31,545	36,493	26,597
14	34,50	28,00	35,50	36,50	25,50	32,00	31,545	36,493	26,597
15	33,50	30,00	37,50	30,00	35,50	33,30	31,545	36,493	26,597
16	25,00	28,50	25,00	37,50	25,50	28,30	31,545	36,493	26,597
17	29,50	35,50	27,50	32,50	29,50	30,90	31,545	36,493	26,597
18	35,50	31,50	26,00	34,50	27,50	31,00	31,545	36,493	26,597
19	30,50	32,00	35,00	35,50	35,50	33,70	31,545	36,493	26,597
20	32,50	33,50	29,50	31,50	25,50	30,50	31,545	36,493	26,597

Fuente: Investigación de campo**Elaborado por:** Autores (2022)

Una vez ya establecido los datos de medias (promedio, limite central, límite superior e inferior), se construyó una gráfica de control estadístico la cual represente de forma más visual los datos y nos permita analizar de mejor manera su variabilidad.

Figura 21. Gráfico de control de medias humedad inicial del maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Análisis. La figura 21 representa la variabilidad de la humedad inicial con la que el maíz ingresa a las comercializadoras, los cálculos realizados otorgan como resultado un límite central un poco alto lo que a su vez hace que sus límites superiores e inferiores también lo sean, en comparación con lo que se establece en la Norma INEN 187:95 Segunda Revisión la cual señala que para la recepción de maíz, su humedad no debe superar el 30%.

4.2.1.1. Rangos de variación de humedad inicial del maíz.

Con la tabla de datos de medias ya realizada, se continuó inmediatamente a realizar una tabla de rangos, esto con la finalidad de observar la variabilidad de los rangos diarios de humedad inicial con la que llega el maíz para ser secado.

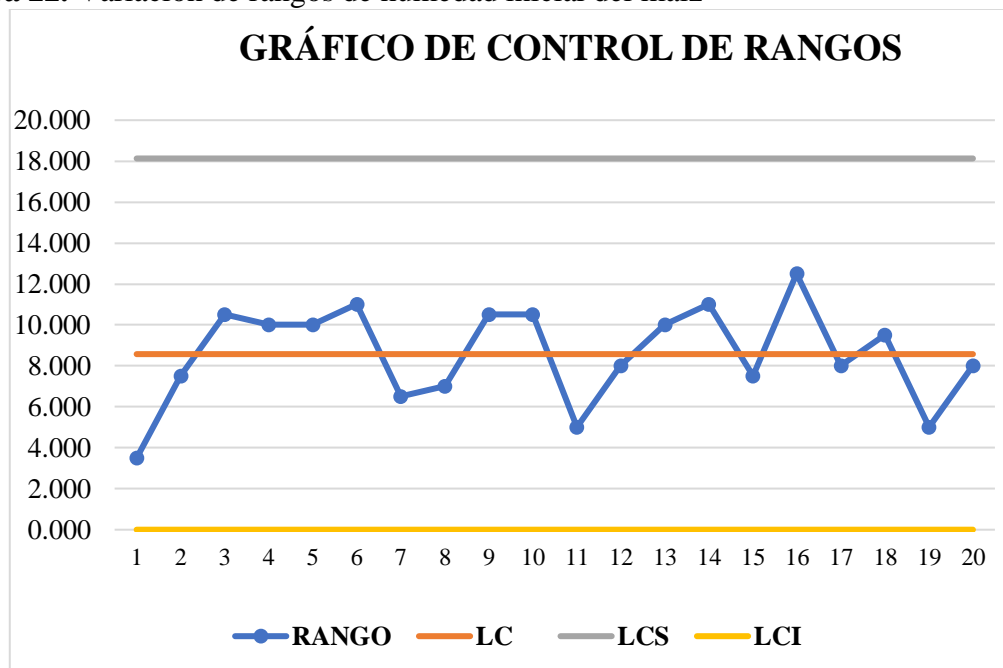
Tabla 12. Rangos de variación de humedad inicial del maíz

Muestras	OBSERVACIONES					DATOS DE RANGO			
	1	2	3	4	5	RANGO	LC	LCS	LCI
1	35,00	36,00	36,00	32,50	32,50	3,500	8,575	18,131	0,000
2	30,50	35,50	28,00	28,50	32,50	7,500	8,575	18,131	0,000
3	33,50	25,50	36,00	33,50	35,50	10,500	8,575	18,131	0,000
4	35,50	27,00	26,50	36,50	35,50	10,000	8,575	18,131	0,000
5	28,00	35,50	35,50	31,50	25,50	10,000	8,575	18,131	0,000
6	25,50	36,50	27,50	30,50	26,50	11,000	8,575	18,131	0,000
7	35,50	31,00	36,00	36,00	37,50	6,500	8,575	18,131	0,000
8	37,50	30,50	35,50	30,50	33,50	7,000	8,575	18,131	0,000
9	37,00	26,50	27,50	30,00	27,50	10,500	8,575	18,131	0,000
10	34,50	35,50	29,00	27,50	25,00	10,500	8,575	18,131	0,000
11	34,50	34,50	34,00	30,50	29,50	5,000	8,575	18,131	0,000
12	33,50	28,50	27,00	25,50	27,50	8,000	8,575	18,131	0,000
13	29,00	27,50	37,50	27,50	31,50	10,000	8,575	18,131	0,000
14	34,50	28,00	35,50	36,50	25,50	11,000	8,575	18,131	0,000
15	33,50	30,00	37,50	30,00	35,50	7,500	8,575	18,131	0,000
16	25,00	28,50	25,00	37,50	25,50	12,500	8,575	18,131	0,000
17	29,50	35,50	27,50	32,50	29,50	8,000	8,575	18,131	0,000
18	35,50	31,50	26,00	34,50	27,50	9,500	8,575	18,131	0,000
19	30,50	32,00	35,00	35,50	35,50	5,000	8,575	18,131	0,000
20	32,50	33,50	29,50	31,50	25,50	8,000	8,575	18,131	0,000

Fuente: Investigación de campo**Elaborado por:** Autores (2022)

De igual manera que la tabla 11, luego de calcular los límites (central, superior e inferior) de los datos de rangos, se prosiguió a construir una gráfica que permita apreciar de mejor forma las variaciones de los datos dentro de sus límites de control.

Figura 22. Variación de rangos de humedad inicial del maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Análisis. En la figura 22 se observa como es el comportamiento de los rangos de humedad inicial lo largo de los 20 días en los que se tomaron las muestras, desde el día 11 al 14 se puede denotar que, aunque estos datos se encuentren dentro de los límites establecidos hubo un incremento constante de los rangos de humedad del maíz que ingresaba a la comercializadora, esto se debe tener bajo alerta debido a que puede ser señal de una problemática del proceso.

4.2.2. Variaciones de humedad final del maíz.

La humedad final que se obtiene en el grano representa el pilar fundamental dentro del proceso productivo que se estudia en el presente proyecto de investigación, dado que a través de dicho proceso se busca el retiro parcial de agua de las semillas a través del paso de aire seco por ellas. La humedad relativa dentro de este proceso es el indicador que determina si la semilla pierde (proceso de secado), aumenta (proceso de humedecimiento), o mantiene su humedad. Por tal motivo calcular las variaciones que se obtiene al finalizar esta actividad resulta indispensable para poder mantener bajo control los futuros procesos.

A continuación, en la tabla 13 al igual que con la humedad inicial se representan los datos recolectados de 5 muestras durante 20 días de la humedad final del maíz, esta información fue recolectada con la finalidad de verificar si cumplen con los estándares establecidos de humedad.

Tabla 13. Datos de humedad final de maíz seco

Muestras	OBSERVACIONES				
	1	2	3	4	5
1	13,50	12,50	14,00	12,50	12,50
2	13,50	13,50	13,50	12,50	12,50
3	14,00	12,50	13,50	12,50	14,00
4	13,50	12,50	13,50	12,50	13,50
5	14,00	12,50	12,50	13,50	12,50
6	12,50	14,00	13,50	12,50	12,50
7	12,50	12,50	13,50	13,50	13,50
8	14,00	13,50	14,00	12,50	13,50
9	13,50	12,50	12,50	12,50	13,50
10	12,50	13,50	12,50	12,50	12,50
11	14,00	14,00	13,50	13,50	13,50
12	13,50	13,50	12,50	12,50	12,50
13	12,50	13,50	12,50	13,50	13,50
14	14,00	12,50	12,50	13,50	13,50
15	12,50	12,50	14,00	12,50	12,50
16	13,50	12,50	12,50	13,50	13,50
17	13,50	13,50	12,50	14,00	13,50
18	13,50	14,00	13,50	13,50	12,50
19	13,50	13,50	12,50	13,50	13,50
20	14,00	14,00	12,50	13,50	12,50

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Una vez recolectados los datos humedad final se procedió a realizar también el cálculo respectivo para identificar los datos de media con su límite central, superior e inferior, para verificar si los datos recogidos están dentro de sus límites establecidos, cuyos datos se establecen en la tabla 14, mientras que en la figura 23 se representa el gráfico de control de medias de la humedad final del maíz que se obtuvo en las muestras realizadas.

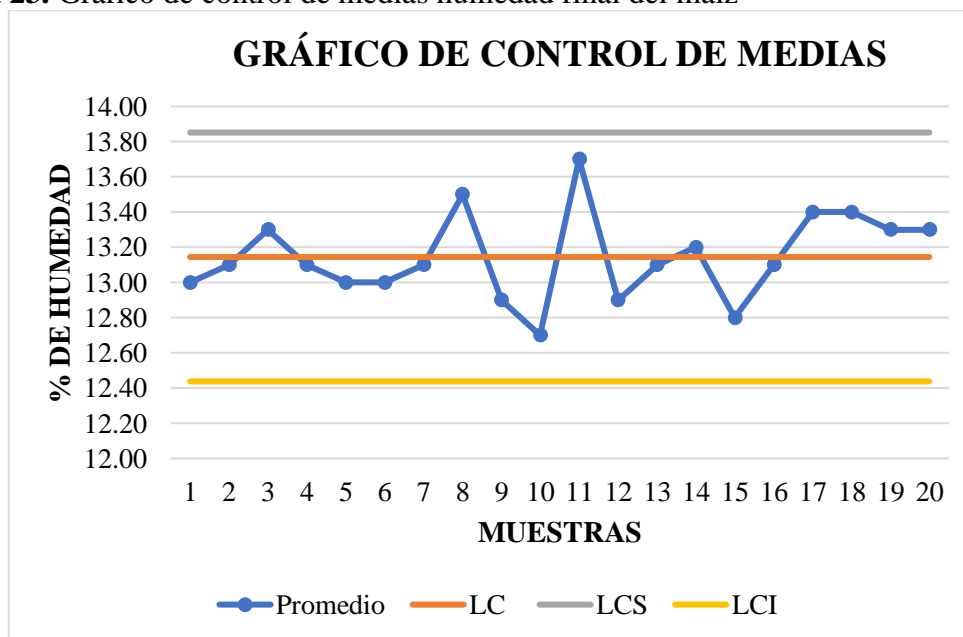
Tabla 14. Datos de media de humedad final del maíz

Muestras	OBSERVACIONES					DATOS DE MEDIAS			
	1	2	3	4	5	Promedio	LC	LCS	LCI
1	13,50	12,50	14,00	12,50	12,50	13,00	13,145	13,852	12,438
2	13,50	13,50	13,50	12,50	12,50	13,10	13,145	13,852	12,438
3	14,00	12,50	13,50	12,50	14,00	13,30	13,145	13,852	12,438
4	13,50	12,50	13,50	12,50	13,50	13,10	13,145	13,852	12,438
5	14,00	12,50	12,50	13,50	12,50	13,00	13,145	13,852	12,438
6	12,50	14,00	13,50	12,50	12,50	13,00	13,145	13,852	12,438
7	12,50	12,50	13,50	13,50	13,50	13,10	13,145	13,852	12,438
8	14,00	13,50	14,00	12,50	13,50	13,50	13,145	13,852	12,438
9	13,50	12,50	12,50	12,50	13,50	12,90	13,145	13,852	12,438
10	12,50	13,50	12,50	12,50	12,50	12,70	13,145	13,852	12,438
11	14,00	14,00	13,50	13,50	13,50	13,70	13,145	13,852	12,438
12	13,50	13,50	12,50	12,50	12,50	12,90	13,145	13,852	12,438
13	12,50	13,50	12,50	13,50	13,50	13,10	13,145	13,852	12,438
14	14,00	12,50	12,50	13,50	13,50	13,20	13,145	13,852	12,438
15	12,50	12,50	14,00	12,50	12,50	12,80	13,145	13,852	12,438
16	13,50	12,50	12,50	13,50	13,50	13,10	13,145	13,852	12,438
17	13,50	13,50	12,50	14,00	13,50	13,40	13,145	13,852	12,438
18	13,50	14,00	13,50	13,50	12,50	13,40	13,145	13,852	12,438
19	13,50	13,50	12,50	13,50	13,50	13,30	13,145	13,852	12,438
20	14,00	14,00	12,50	13,50	12,50	13,30	13,145	13,852	12,438

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Figura 23. Gráfico de control de medias humedad final del maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Análisis. En la figura 23 de medias se puede apreciar que todos los puntos se encuentran dispersos dentro de sus límites establecidos, sin embargo, cabe destacar los puntos 10 y 11 los cuales se encuentran muy cerca de alcanzar el límite inferior y superior respectivamente. Posteriormente también se realizó el respectivo calculo para obtener los datos de los rangos con su limites central, superior e inferior.

4.2.2.1. Rangos de variación de humedad inicial del maíz.

Con la tabla de datos de medias ya realizada, se continuó inmediatamente a representar en la tabla 15 los rangos, esto con la finalidad de observar la variabilidad de los rangos diarios de humedad final que se obtiene una vez finalizado el proceso de secado, así mismo se presenta en la figura 19 el gráfico de control de rangos de estos datos.

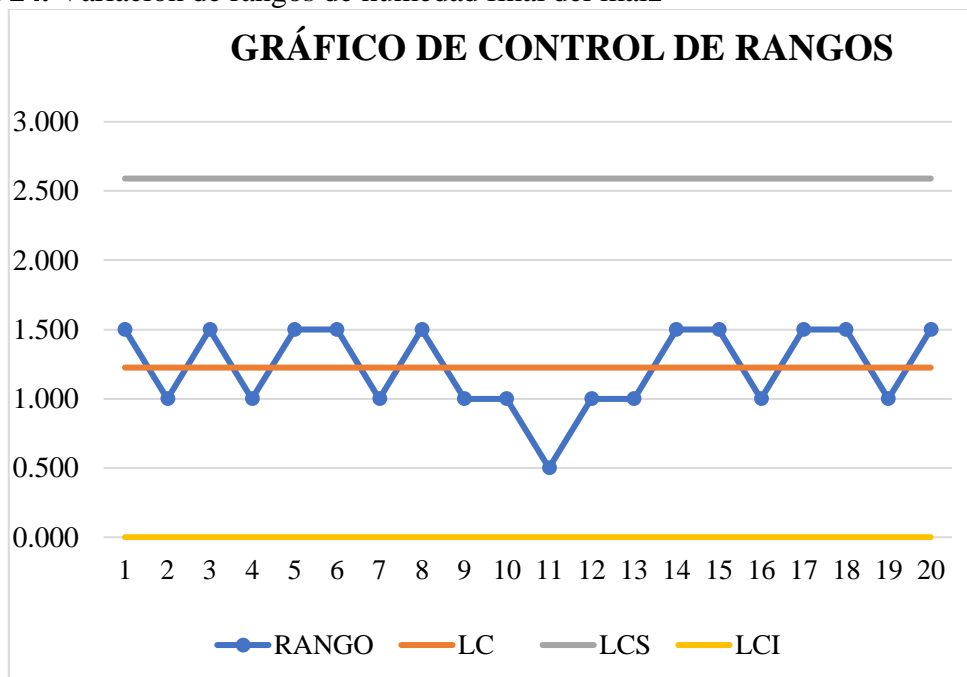
Tabla 15. Rangos de variación de humedad final del maíz

Muestras	OBSERVACIONES					DATOS DE RANGO			
	1	2	3	4	5	RANGO	LC	LCS	LCI
1	13,50	12,50	14,00	12,50	12,50	1,500	1,225	2,590	0,000
2	13,50	13,50	13,50	12,50	12,50	1,000	1,225	2,590	0,000
3	14,00	12,50	13,50	12,50	14,00	1,500	1,225	2,590	0,000
4	13,50	12,50	13,50	12,50	13,50	1,000	1,225	2,590	0,000
5	14,00	12,50	12,50	13,50	12,50	1,500	1,225	2,590	0,000
6	12,50	14,00	13,50	12,50	12,50	1,500	1,225	2,590	0,000
7	12,50	12,50	13,50	13,50	13,50	1,000	1,225	2,590	0,000
8	14,00	13,50	14,00	12,50	13,50	1,500	1,225	2,590	0,000
9	13,50	12,50	12,50	12,50	13,50	1,000	1,225	2,590	0,000
10	12,50	13,50	12,50	12,50	12,50	1,000	1,225	2,590	0,000
11	14,00	14,00	13,50	13,50	13,50	0,500	1,225	2,590	0,000
12	13,50	13,50	12,50	12,50	12,50	1,000	1,225	2,590	0,000
13	12,50	13,50	12,50	13,50	13,50	1,000	1,225	2,590	0,000
14	14,00	12,50	12,50	13,50	13,50	1,500	1,225	2,590	0,000
15	12,50	12,50	14,00	12,50	12,50	1,500	1,225	2,590	0,000
16	13,50	12,50	12,50	13,50	13,50	1,000	1,225	2,590	0,000
17	13,50	13,50	12,50	14,00	13,50	1,500	1,225	2,590	0,000
18	13,50	14,00	13,50	13,50	12,50	1,500	1,225	2,590	0,000
19	13,50	13,50	12,50	13,50	13,50	1,000	1,225	2,590	0,000
20	14,00	14,00	12,50	13,50	12,50	1,500	1,225	2,590	0,000

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Figura 24. Variación de rangos de humedad final del maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Análisis. En el gráfico 24 de control de rangos se aprecia como en la mayoría de los puntos se mantiene un rango constante dentro de los límites establecidos, con excepción del punto 11 el cual se encuentra también dentro de los límites, pero con una clara variación que lo hace estar más cerca del límite inferior en comparación que los demás puntos, circunstancia la cual se debe tener en cuenta por una posible problemática.

4.2.3. Identificación de problemas en el proceso de secado de maíz.

Después de realizar las gráficas de control de proceso de la humedad inicial y final, se resolvió construir un diagrama de Pareto a partir de información recabada de una encuesta realizada a los trabajadores de las casas comercializadoras, para determinar cuáles eran las principales problemáticas que se presentan durante el proceso de secado de maíz y verificar si se necesita mejorar el proceso o rediseñarlo.

La realización del diagrama de Pareto inicio con la construcción de un listado de los problemas más habituales en el proceso del secado de maíz, esto con la finalidad de identificar las causas más importantes sobre las que se deben tomar acción para mitigar sus efectos sobre el proceso.

A continuación, se presenta la clasificación de los problemas más significativos que pueden dañar el maíz durante el proceso de secado, los cuales se identificaron a través del Ishikawa.

Tabla 16. Problemas que alteran la calidad del maíz

Problemas	
Problema 01	Falta de mantenimiento de maquinarias
Problema 02	Largos periodos de secado
Problema 03	Falta de capacitación sobre BPM
Problema 04	Fisuras y grano partido
Problema 05	Sobresecado
Problema 06	Exceso de humedad en la recepción
Problema 07	Elevado contenido de impurezas
Problema 08	Métodos de conservación inapropiados
Problema 09	Presencia de plagas y roedores
Problema 10	Tipo de combustible para el secado

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Una vez realizada la clasificación de los problemas, y gracias a las diversas entrevistas con los operadores que laboran en las diferentes casas comerciales y de la verificación en campo, se pudo identificar los problemas más relevantes y de mayor importancia y que afectan en gran medida al proceso de secado, y los mismos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 17. Cálculo de frecuencia de los problemas de secado de maíz

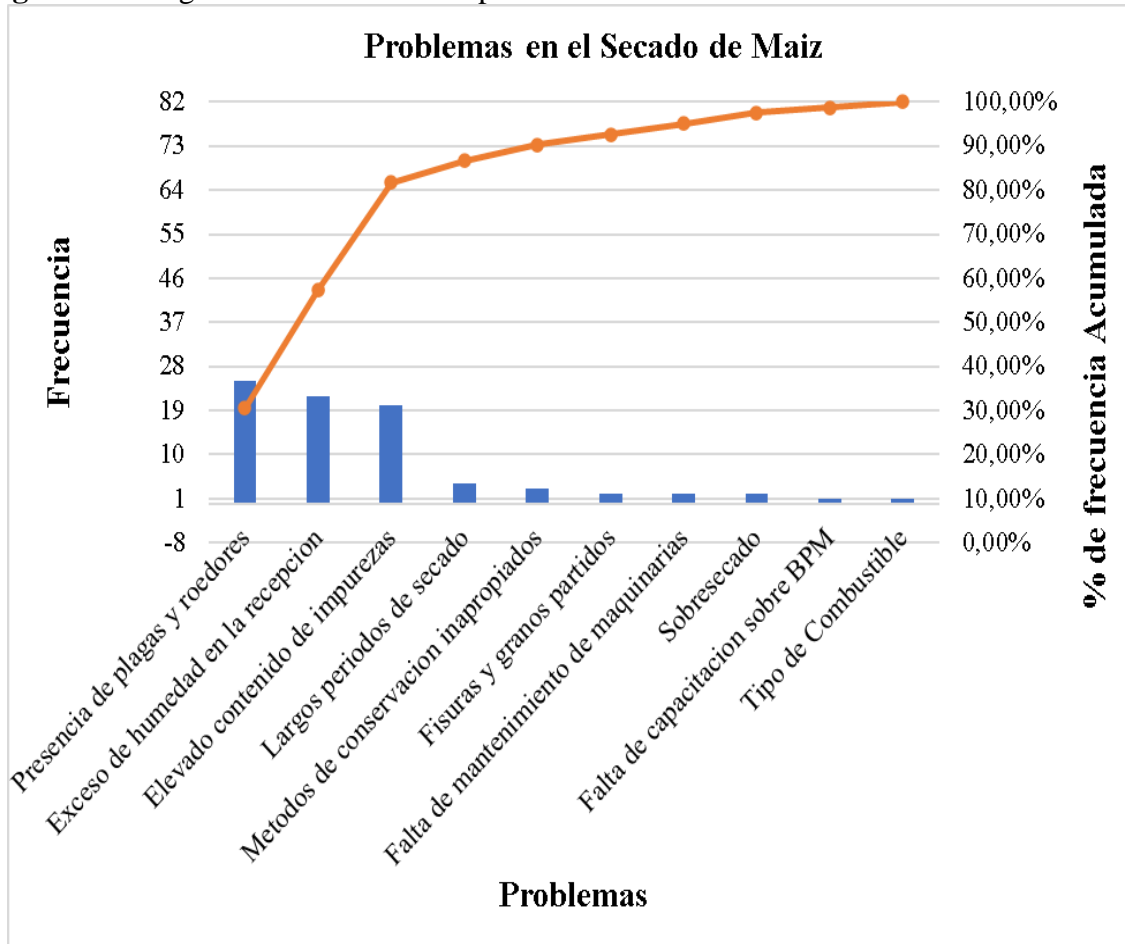
PROBLEMAS EN EL SECADO DE MAIZ				
Problema	Frecuencia	%	Frecuencia Acumulada	% Acumulada
Presencia de plagas y roedores	25	30,49%	25	30,49%
Exceso de humedad en la recepción	22	26,83%	47	57,32%
Elevado contenido de impurezas	20	24,39%	67	81,71%
Largos periodos de secado	4	4,88%	71	86,59%
Almacenamientos inapropiados	3	3,66%	74	90,24%
Fisuras y granos partidos	2	2,44%	76	92,68%
Falta de mantenimiento preventivo	2	2,44%	78	95,12%
Sobresecado	2	2,44%	80	97,56%
Falta de capacitación sobre BPM	1	1,22%	81	98,78%
Tipo de Combustible	1	1,22%	82	100,00%
Total	82	100,00%		

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

En la tabla 17 se puede apreciar el cálculo del porcentaje de cada uno de los resultados de la encuesta, además de la frecuencia acumulada y su respectivo porcentaje, todo esto con la finalidad de construir un diagrama de Pareto y verificar si se cumple su principio el cual indica que el 80% de las consecuencias se deben al 20% de las causas.

Figura 25. Diagrama de Pareto de los problemas del secado de maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Análisis. La figura 25 señala que el 80% (atendiendo a la regla 80/20) de los problemas de calidad que se presentan en el proceso de secado se deben a la presencia de plagas y roedores, exceso de humedad en la recepción y elevado contenido de impurezas, situación que amerita definir un plan de intervención y propuesta de medidas técnicamente viables.

4.2.4. Elección de la metodología Six Sigma.

Posterior al análisis de datos realizado con las tablas de control estadístico de la humedad inicial y final, y la identificación de las principales problemáticas que afectan durante el proceso de secado de maíz, mediante la realización de un diagrama de Pareto, se definió que la metodología que se usara en el plan de mejora de la calidad es la DMAMC.

Se determino usar esta metodología debido a que los datos analizados no muestran señal de necesidad de implementar un rediseño del proceso, debido a que el que se utiliza actualmente es el más óptimo para el secado de maíz, aunque si hay tareas las cuales presentan necesidad de mejorarlas para conseguir hacer más eficiente el proceso, por tal motivo se determinó implementar esta metodología.

4.3. Plan de mejora continua para el proceso de secado de maíz.

La propuesta del presente proyecto de investigación se basó en el diseño de un plan de mejora continua para el proceso del secado de maíz implementando la metodología Six Sigma, enfocados en aquellos problemas que tiene un alto impacto en la calidad del secado, esto con el objetivo mejorar los procedimientos y optimizar los recursos que se emplean durante esta actividad mediante bases teóricas de la manufactura esbelta o Lean Manufacturing.

Para el diseño del plan de mejora continua se planteó los siguientes objetivos a cumplir:

4.3.1. Objetivos del plan de mejora.

- Emplear la metodología DMAMC para reducir la variabilidad de las consecuencias que generan los principales problemas identificados en el secado de maíz.
- Diseñar un plan de fumigación para el control de plagas en el maíz.
- Determinar parámetros de calidad dentro de los procesos del secado de maíz.

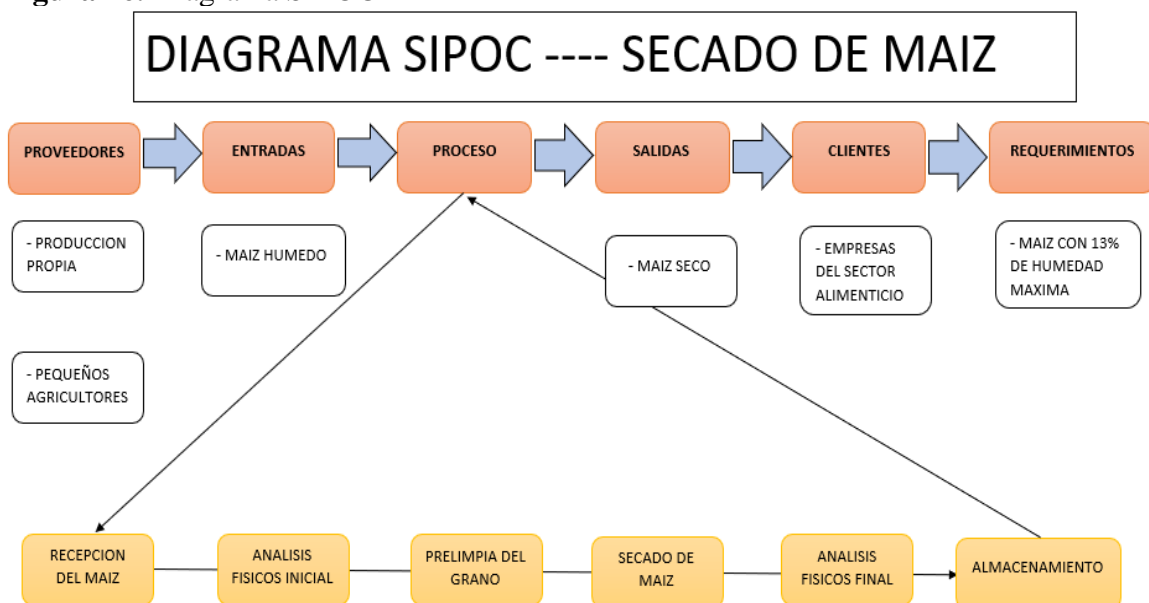
4.3.2. Implementación de la metodología DMAMC.

4.3.2.1. Etapa de Definir.

En este primer capítulo se describe el proceso del secado de maíz, se determinó la voz del cliente, que en este caso son las fábricas dedicadas a la industria alimenticia y se realizó un diagrama SIPOC. En esta etapa también se definió los problemas principales que pueden ser solucionados con la metodología Six Sigma.

Diagrama SIPOC: Para describir el proceso de secado de maíz, en esta parte se utilizó el diagrama de alto nivel SIPOC, el cual nos brinda una visión general del proceso que se emplea, permitiéndonos identificar cuáles son los proveedores de la materia prima, entradas, salidas, subprocesos, los clientes y sus respectivos requerimientos. Mediante este diagrama se logró evidenciar que los principales proveedores de las comercializadoras de granos son pequeños agricultores independientes, además de ellos mismos contar con una producción propia en la mayoría de los casos, la entrada en este caso sería el maíz húmedo y la salida el maíz seco, el clientes de estas comercializadoras son la empresas alimenticias las cuales se aprovechan del producto y el requerimiento respectivo de estas sería granos con un 13% de humedad máxima para su correcta industrialización.

Figura 26. Diagrama SIPOC

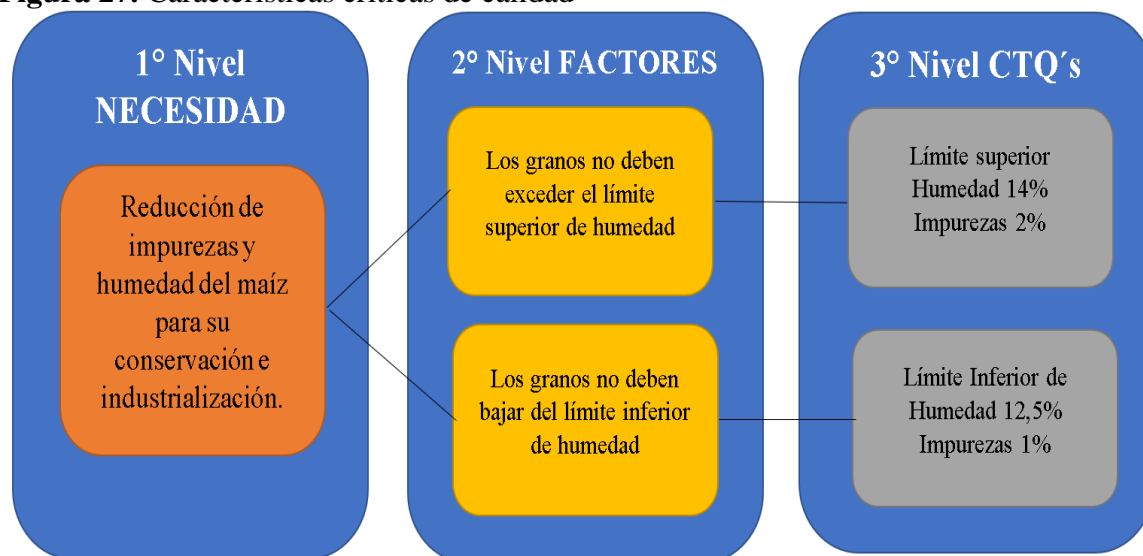


Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Voz del Cliente: Para determinar la voz del cliente, se realizó entrevistas a los encargados de supervisar y controlar el proceso del secado de maíz en diferentes casas comercializadoras, gracias a esto se identificó características críticas de calidad del maíz seco y dicha información se plasmó en el siguiente CQT (Critical Quality Tree).

Figura 27. Características críticas de calidad



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Este diagrama VOC o Voz del cliente se interpreta con el siguiente requerimiento: Límite superior 14% humedad, Media 13,75% de humedad y Límite Inferior 12,5%. Es decir, la humedad del maíz después de pasar por el proceso de secado no debe ser mayor a 14% ni inferior a 12,5%.

Una vez realizado el diagrama SIPOC, determinar la voz del cliente y lograr identificar los principales problemas que afectan al proceso de secado de maíz, se procedió a realizar una tabla en la cual se detallan las causas de segundo y tercer orden de estas problemáticas, de igual forma se propusieron herramientas y mejoras que se desarrollaran mientras avanza el plan de mejora propuesto.

Tabla 18. Causas que afectan la productividad del secado de maíz

Causa Principal	Causa de segundo orden	Causa de tercer orden	Mejora o herramienta propuesta
Presencia de plagas y roedores	Escaso control de calidad del maíz seco.	Inexistencia de un plan de fumigación.	Diseñar un plan de fumigación.
	Condiciones inapropiadas de almacenamiento.	Ausencia de espacios adecuados de almacenamiento.	Determinar un área específica de almacenamiento con condiciones apropiadas.
Exceso de humedad en la recepción	Recepción de maíz con humedad mayor al establecido en las normas INEN.	Falta de regimiento de sus procesos a las normas INEN.	Establecer parámetros de las Normas INEN dentro de los procesos del secado de maíz.
Elevado contenido de impurezas	Deficiente control de la materia prima.	Ineficientes análisis físicos de la carga.	Diseño de procedimiento para la toma de muestras.
	Mala clasificación del maíz y residuos. Fallas en maquinarias.	Falta de experiencia. Falta de mantenimiento.	Capacitación sobre BPM Limpiezas esporádicas a la máquinas secadoras.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

4.3.2.2. Etapa de Medir.

En esta etapa se usaron los datos recolectados en el resultado anterior sobre la humedad inicial y final con la que el maíz llega y sale de las comercializadoras, esto con la finalidad de medir que tan eficientes son los procesos que hoy en día se aplican y determinar que procesos son los que necesitan una mejora.

Para la medición de estos datos recabados, se realizaron indicadores clave de rendimiento o conocido de mejor forma como KPI por sus siglas en inglés, esta herramienta nos resultó útil para medir el nivel de cumplimiento de las normas establecidas para el proceso de secado del maíz, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 19. Indicador clave de rendimiento de la Humedad Inicial

Días	Humedad Promedio Diario
1	34,4
2	31
3	32,8
4	32,2
5	31,2
6	29,3
7	35,2
8	33,5
9	29,7
10	30,3
11	32,6
12	28,4
13	30,6
14	32
15	33,3
16	28,3
17	30,9
18	31
19	33,7
20	30,5

Fuente: investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Mediante este indicador se puede denotar que el maíz que ingresa a las comercializadoras, lo hace con un nivel de humedad alto lo cual no es recomendable, debido a que mientras más alta la humedad mayor tiempo y recursos se destinarán al proceso de secado, de igual manera se realizó el indicador clave de rendimiento de la humedad al finalizar el secado del grano.

Tabla 20. Indicador clave de rendimiento de la humedad final

Muestra	Promedio
1	13,00
2	13,10
3	13,30
4	13,10
5	13,00
6	13,00
7	13,10
8	13,50
9	12,90
10	12,70
11	13,70
12	12,90
13	13,10
14	13,20
15	12,80
16	13,10
17	13,40
18	13,40
19	13,30
20	13,30

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

En el caso de la humedad final se puede constatar que el proceso si cumple con las especificaciones establecidas por las normas, eso quiere decir que la actividad en la que se generan contratiempos seria, la recepción del maíz con una alta concentración de humedad.

Medición del nivel Six Sigma en el proceso del secado de maíz. El nivel Six sigma es un indicador de variación el cual establece la cantidad de desviaciones estándar que hay entre los limites superior e inferior de los procesos.

En primer lugar, para determinar el nivel Six sigma del proceso de secado de maíz se consideró el cálculo de los defectos por millón de oportunidades o conocido de mejor manera como DPMO, para realizar el cálculo se identificaron las oportunidades que tiene el maíz para ser defectuoso, en este caso fueron las siguientes:

- Exceso de humedad en la recepción
- Presencia de plagas y roedores
- Elevado contenido de impurezas
- Fisuras y grano partido
- Sobresecado

Las muestras de maíz que se tomaron fueron 800 quintales de una tanda de secado en una maquina secadora, para la realización del cálculo se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 6. Defectos por millón de oportunidades

$$DPMO = \frac{1.000.000 \times D}{U \times O}$$

Fuente: Gutiérrez (2010)

Elaborado por: autores (2022)

Donde:

D = Número de defectos observados en la muestra

U = Número de unidades en la muestra

O = Oportunidades de defectos por unidad

Para el caso de investigación los valores fueron los siguientes:

D = 11 Quintales

U = 800 Quintales

O = 5 Oportunidades

$$DPMO = \frac{1.000.000 \times 11}{800 \times 5} = 2750$$

Esto quiere decir que en las condiciones actuales del proceso de secado de maíz hay 2750 quintales defectuosos por cada millón que son secados en las máquinas secadoras, una vez obtenido el DPMO ya se puede calcular el desempeño del proceso y su respectivo nivel sigma utilizando las siguientes fórmulas de desempeño y rendimiento del proceso.

Ecuación 7. Desempeño del proceso

$$DPO = \frac{D}{U \times O}$$

Fuente: Gutiérrez (2010)

Elaborado por: autores (2022)

$$\text{Desempeño del proceso (DPO)} = \frac{11}{800 \times 5} = 0,00275$$

Ecuación 8. Rendimiento del proceso

$$Yield = (1 - DPO) \times 100 \frac{D}{U \times O}$$

Fuente: Gutiérrez (2010)

Elaborado por: autores (2022)

$$\text{Rendimiento(Yield)} = (1 - 0,00275) \times 100 = 99,725$$

Una vez ya obtenido los datos del desempeño del proceso y del rendimiento, con este último se verifica en qué nivel sigma, esto se determinó por medio de la tabla del anexo 6, con la cual se debió interpolar para hallar el valor en función de los datos previamente calculado.

Ecuación 9. Interpolación

$$\frac{y2 - y1}{x2 - x1} = \frac{y3 - y1}{x3 - x1}$$

Fuente: Gutiérrez (2010)

Elaborado por: autores (2022)

Donde

y2 = Valor a interpolar

y1 = Valor Sigma inmediato superior

y3 = Valor Sigma inmediato inferior

x1 = Valor Yield inmediato superior

x2 = Valor Yield del proceso

x3 = Valor Yield inmediato inferior

Despejando, se obtiene la siguiente ecuación:

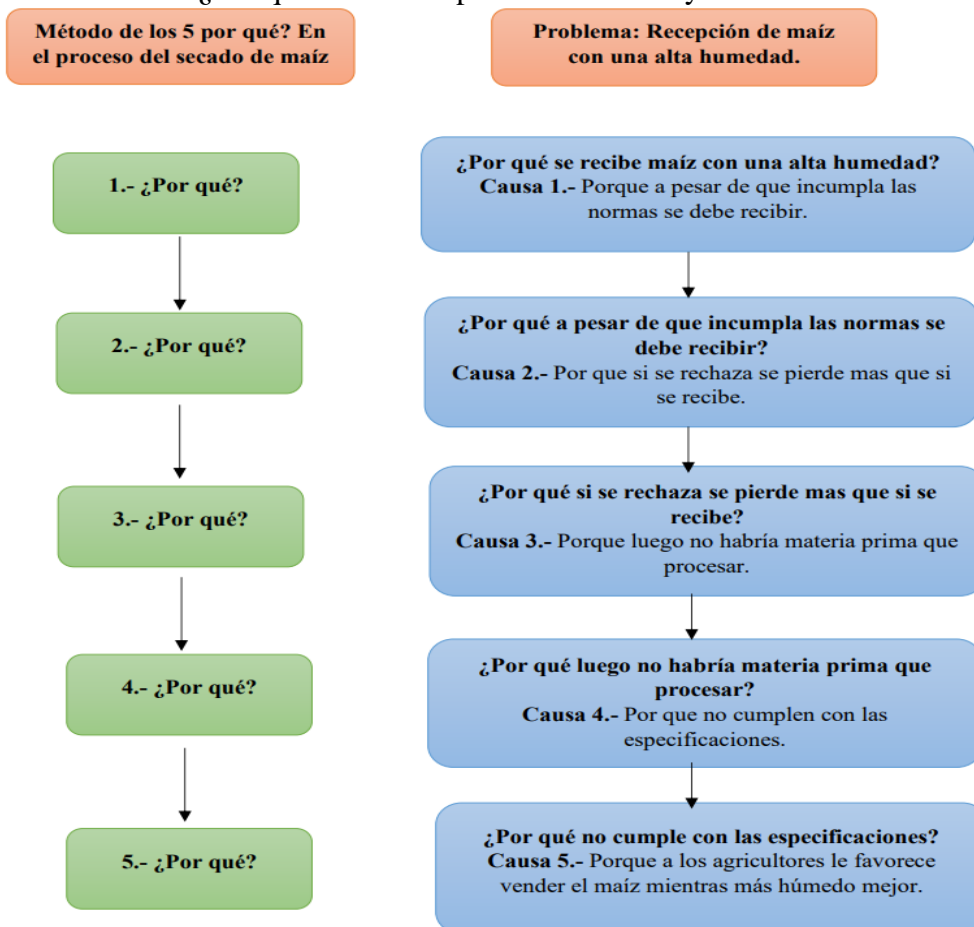
$$y_2 = y_1 + \frac{(y_3 - y_1)(x_2 - x_1)}{(x_3 - x_1)}$$

$$y_2 = 4,3 + \frac{(4,2 - 4,3)(99,72 - 99,74)}{(99,65 - 99,74)} = 4,277 \text{ Sigma}$$

4.3.2.3. Etapa de Analizar.

En esta etapa se lleva a cabo el análisis de los problemas identificados en los pasos previos de la metodología DMAMC, a través del método de los 5 ¿por qué? El cual se basa en realizar preguntas que permitan identificar las causas y efectos de los problemas que se suscitan en un proceso o suceso en particular. Para esto, se realizó 3 diagrama de los 5 ¿por qué? Uno para cada problema identificado con anterioridad para llegar al fondo de estos.

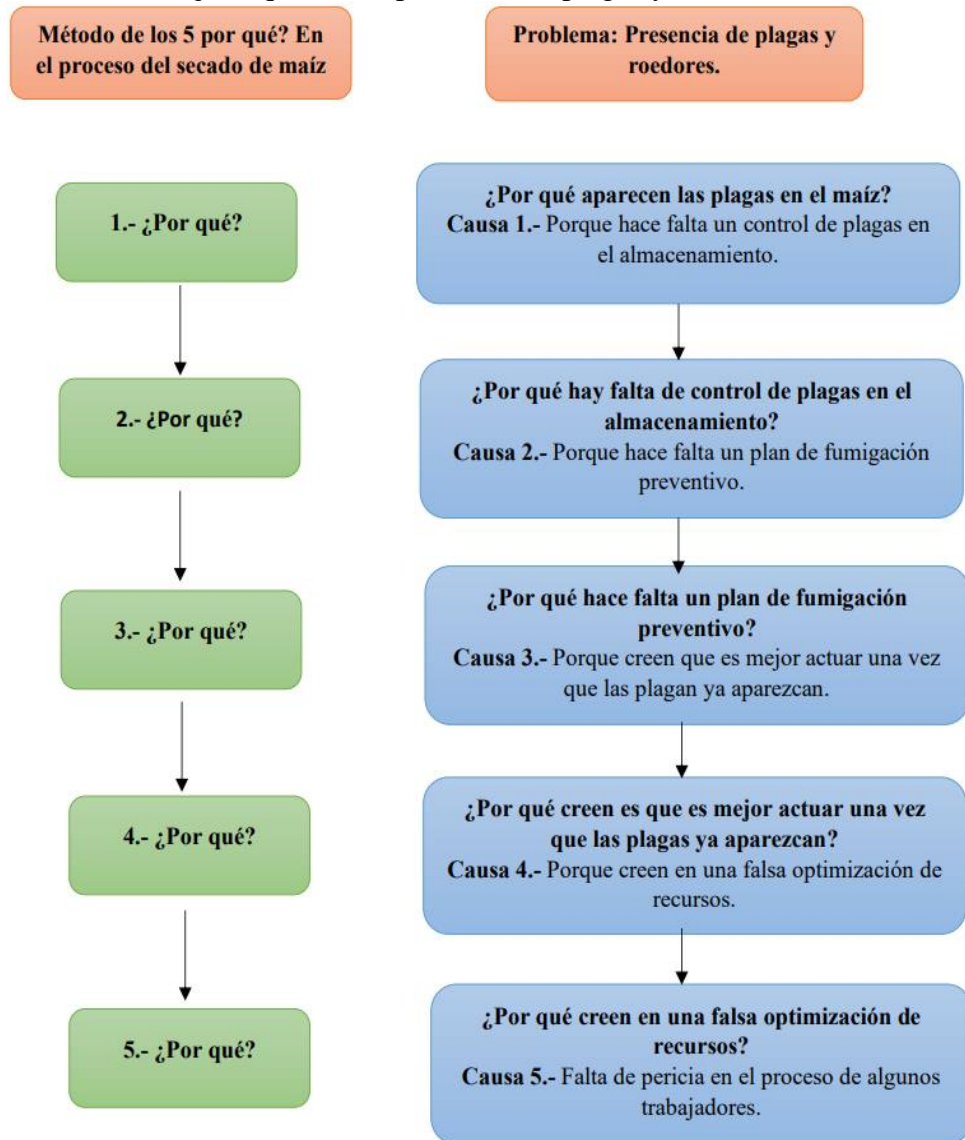
Figura 28. Análisis 5 ¿Por qué? de la recepción de maíz muy húmedo



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

En este primer diagrama de los 5 Por qué? Se puede analizar cuáles son las problemáticas que acarrea la recepción del maíz con una alta humedad, esto se da debido a que a los agricultores les favorece vender su producto con un alto contenido de humedad, lo cual hace que no cumplan con las especificaciones de las empresas y estas por evitar más pérdidas se ven obligadas a procesar ese maíz, invirtiendo mucho más tiempo y recursos en el secado.

Figura 29. Análisis 5 ¿Por qué? de la presencia de plagas y roedores

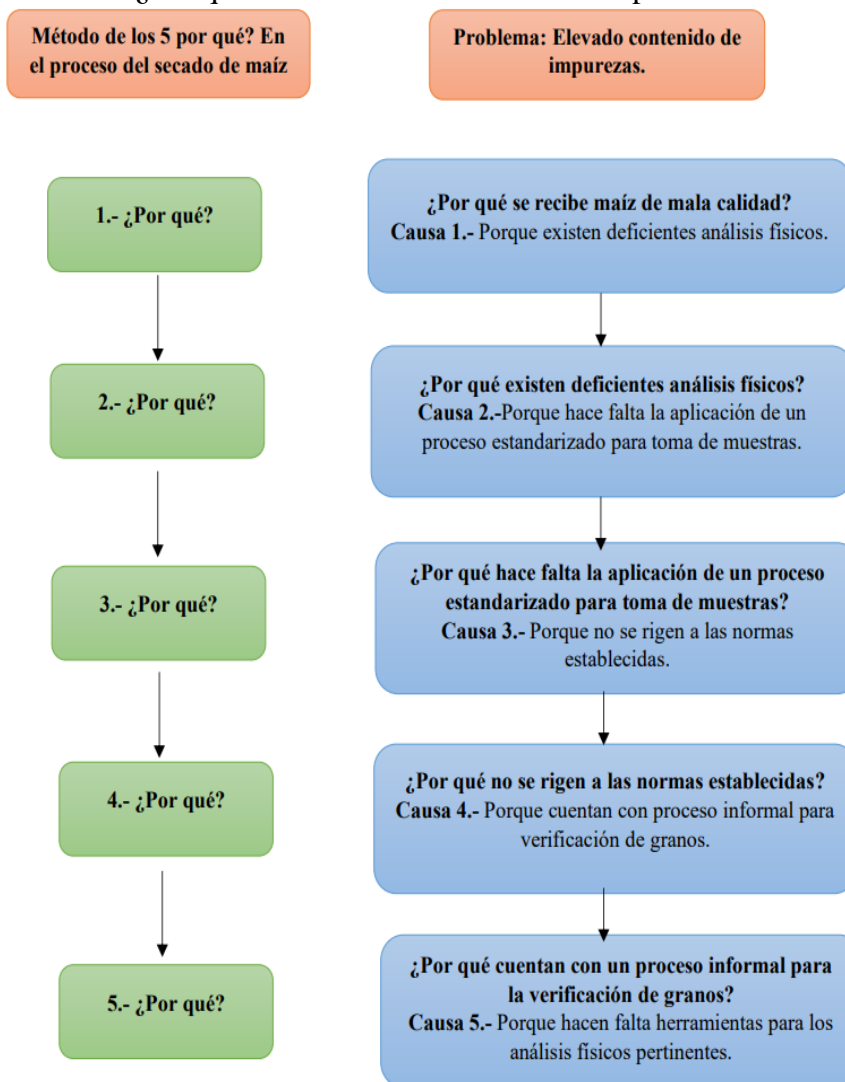


Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

En este segundo diagrama se indaga sobre el problema de las plagas en el secado de maíz, se constató que algunas comercializadoras no cuentan con un plan de fumigación preventivo el cual actúe antes que aparezcan los problemas, esto debido a que se tiene una falsa idea de optimización de recursos y que es mejor actuar ya cuando el problema afecte la producción.

Figura 30. Análisis 5 ¿Por qué? del elevado contenido de impurezas



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)

En este último diagrama, se puede analizar a fondo el por qué algunas comercializadoras presentan el problema de recepción de maíz con alto contenido de impurezas, esto es debido a que no aplican un sistema estandarizado para la toma de muestras sumado al hecho de que no cuentan con las herramientas para realizar los análisis físicos pertinentes, esto deriva en que el maíz que ellos procesan no sea el más óptimo para realizar el secado.

4.3.2.4. Etapa de Mejorar.

El propósito de esta etapa es la de planificar e implementar las posibles soluciones a las problemáticas que se identificaron con anterioridad en los otros capítulos, intentando eliminarlos por completo, controlarlos o a su vez mitigarlos.

Para cumplir con el objetivo de esta etapa y determinar las soluciones adecuadas para cada uno de los problemas se propuso varias ideas, las cuales una a una fue analizadas para elegir la que mejor se adapta a la situación actual del proceso.

Presencia de plagas y roedores en el almacenamiento

- Realizar controles de almacenamiento.
- Implementación de silos.
- Readequación de espacios de almacenamiento.
- ✓ Plan de fumigación preventivo.

Maíz con excesiva humedad

- Adquisición de más insumos para el secado del maíz.
- ✓ Establecer normas para la recepción del maíz.

Elevado contenido de impurezas

- Adquisición de herramientas para realizar análisis físicos.
- Capacitación a los trabajadores de las comercializadoras.
- Plan de mantenimiento para la máquinas secadoras.
- ✓ Diseño de un proceso de toma de muestras para los análisis físicos.

Una vez analizadas cada una de las posibles soluciones para cada problema identificado anteriormente, se determinó que para el problema de las plagas en el almacenamiento lo más factible es el diseño de un plan de fumigación preventivo en vez de uno correctivo, en el caso de problema del maíz con excesiva humedad se resolvió que lo mejor era establecer normas para la recepción del maíz húmedo en las comercializadoras y para el maíz de mala calidad la opción del diseño de un proceso de toma de muestras para los análisis físicos es la solución que mejor aplica a esa problemática.

Propuesta N° 1: Plan de Fumigación Preventivo.

Para la realización del plan de fumigación primero se tuvo en cuenta algunos aspectos importantes acerca de cuáles son las principales plagas que afectan a los granos almacenados, los tipos de infestación que existen y la manera en que se debe actuar en cada uno de los casos.

Existen dos tipos de infestaciones las cuales son las siguientes:

Infestación Primaria: Esta infestación es en la cual se infecta al grano que está totalmente sano y al final de su ciclo dejan el grano afectado listo para la segunda infestación.

Infestación secundaria: Esta infestación es la encargada de contaminar a los granos que han sido previamente atacados en la infestación primaria, o se encuentren rotos, sobre secados o a su vez mal procesados, para ahora si dejarlos inservibles para cualquier actividad.

Principales plagas de los granos almacenados.

- Gorgojos
- Palomita de los cereales
- Taladrillo de los cereales
- Carcoma dentada
- Carcoma achatada
- Tribolio castaño
- Polilla de harina

Métodos de Fumigación. Para la fumigación de plagas en los granos almacenados existen una gran cantidad de métodos para su aplicación, sin embargo, en esta ocasión se determinó que para el tipo de comercializadoras que existen en la zona la mejor opción es la Fumigación con Fosfina, el cual usa placas de fosforo de magnesio o a su vez pastilla de fosforo de aluminio.

Fosfuro de Magnesio (Placas). La fumigación por este método libera fosfina con mayor rapidez pero siempre y cuando las condiciones de temperatura y humedad favorables. Además, esta modalidad de fumigación facilita la aplicación y recogida de residuos una vez que está ya cumplió su función, debido a que el material está contenido dentro de una bolsa celulosa de color naranja.

El tiempo de exposición para este método se recomienda de 3 a 5 días, el tiempo puede disminuir cuando las condiciones de temperatura y humedad son más húmedas, y es recomendable para fumigaciones en gran Volumen.

Fosfuro de Aluminio (Pastillas). Este método de fumigación libera fosfina de una forma más gradual, la aplicación de esta metodología es más difícil, debido a que sus residuos se convierten en un polvo gris para combatir las plagas que están afectando al producto.

Al ser más difícil la aplicación de este método su tiempo de exposición es más prolongado, este varía entre los 4 y 7 días, su empleo es recomendado para volúmenes pequeños entre (1 a 10 m³) por la facilidad de aplicación el cual es de (Unidad 0,2g).

¿Como realizar la fumigación si no se cuentan con espacios cerrados?

Para la situación actual del proceso y de las comercializadoras, que en ciertos casos no cuentan con espacios herméticos para la realización de la fumigación, se recomienda realizar este tipo de fumigaciones bajo coberturas plásticas.

Este método permite controlar las plagas en los granos almacenados en sacos, al granel y cualquier tipo de mercancía apilable, además, este sistema permite hacer fumigaciones al aire libre siempre y cuando el clima lo permita.

Este tipo de fumigación funciona de la siguiente manera: una vez aplicado el fumigante sobre la pila de maíz almacenado, se procede a cubrir toda la superficie que esta abarca con un plástico el cual no presente perforaciones y ubicándole peso sobre sus extremos para que no se levante y se escape la solución aplicada.

Este proceso se debe realizar en un lugar que no sea muy concurrido y un poco alejado de la zona en donde se seca el maíz en las comercializadora, esto para que el fumigante no ocasiona perjuicios en la salud de las personas que allí laboran.

A continuación se muestra una foto demostrativa de la fumigación bajo cobertura plástica:

Figura 31. Fumigación bajo cobertura plástica



Fuente: Acaro & Castillo (2010)

La tabla 21 indica la planificación de fumigación para el control de plagas y roedores:

Tabla 21. Planificación de fumigación con fosfina

Área	Especie	Método de Fumigación	Frecuencia	Observaciones	Responsable
Almacén	Gorgojos	Fosfuro de Magnesio	Quincenal	---	Personal Mantenimiento
	Polilla de harina	Fosfuro de Magnesio	Quincenal	---	Personal Mantenimiento
	Palomita de los cereales	Fosfuro de Magnesio	Quincenal	---	Personal Mantenimiento
	Carcoma dentada	Fosfuro de Magnesio	Quincenal	---	Personal Mantenimiento

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Por su parte la tabla 22 establece medidas a seguir para el plan de fumigación:

Tabla 22. Medidas para el plan de fumigación

Materia	Tabletas de la dosificación	Tiempo de exposición	Período del reingreso
Granos almacenados al granel	2-5 por tonelada	Depende del tipo de silo o el almacén	Depende del tipo de silo o el almacén
Granos empaquetados y apilados	1-2 por el m ³	3-4 días	3 horas
Piensos procesados embalados	1-3 por el m ³	3-5 días	48 horas
Fumigación de los espacios	2-3 por el m ³	Min. 3 días	2-3 horas de mínimo.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Propuesta N° 2: Normas para la recepción del maíz húmedo.

Para la recepción del maíz húmedo a las comercializadoras se han establecido Normas técnicas, las cuales deben ser acatadas para que no ocurra inconvenientes durante del proceso productivo. Estas especificaciones están apegadas a lo que recomienda las Normas INEN 187:95 Segunda Revisión. Los granos de maíz deben cumplir con las siguientes normas a la hora de recepción para no ser considerados fuera de estándar y posteriormente rechazados.

Tabla 23. Normas para la recepción del maíz húmedo

Requisitos	% Máximo m/m	Observaciones
Humedad	30,0	
Impurezas	10,0	La mercancía que llegue con las tolerancias establecidas excedidas será catalogada como fuera de estándar y se rechazará.
Quebrados	5,0	
Quemados	2,0	La mercancía que presente olores objetables, granos con presencia de moho, o granos con signos de pudrición también serán devueltos para evitar presencia de plagas.
Hongos	2,0	
Insectos	2,0	
Otras causas	1,5	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Propuesta N° 3: Diseño de un procedimiento para toma de muestras.

Con la finalidad de diseñar el procedimiento para la toma de muestras para la realización de análisis físicos del maíz se tomaron en cuenta diversos estudios especializados, los cuales cuentan con métodos técnicos para este tipo de casos y plan establecido para que el resultado final sea confiable.

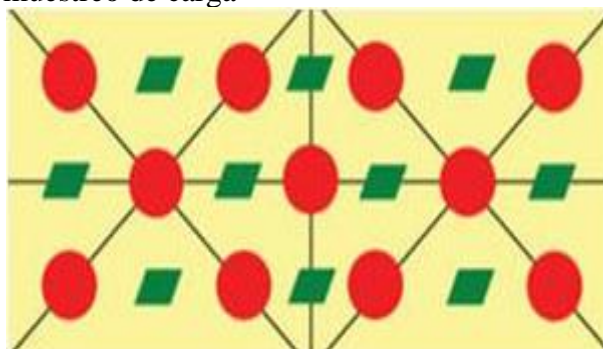
La realización de un buen muestreo es muy importante debido a que se debe representar la calidad de todo un lote de un producto, por ejemplo en un camión que puede transportar aproximadamente entre 20 y 25 t de maíz, se extrae solo 50g para realizar los respectivos análisis físicos.

Procedimiento Propuesto para la toma de muestras del maíz.

El procedimiento propuesto consta de los siguientes pasos para la toma de muestras y posterior análisis físicos:

- Se debe muestrear las todas las cargas en las que se tengan dudas sobre la posible existencia de maíz dañado, con hongos o micotoxinas sin importar de donde estos provengan.
- Por cada camión de carga que llegue a la comercializadora se debe hacer un muestreo exhaustivo con caladores en diferentes partes de la carga y a distintas profundidades obteniendo muestras de entre 200 a 300 g/muestra.

Figura 32. Patrón de muestreo de carga



Fuente: De la Torre (2010)

Los puntos rojos de la imagen son los lugares en los que el operario puede tomar las muestras del grano para la realización de análisis físico, para obtener la mayor fiabilidad posible en los resultados, en el anexo 7 se presenta un ejemplo de la toma de muestras según la carga.

- Una vez tomadas las primeras muestras de la carga estas se deben mezclar y convertirse en una muestra única por camión.
- A cada muestra única por camión se las debe colocar en bolsa de papel o de lona, cada una con su respectiva identificación, no es recomendable colocarla en bolsas plásticas debido a que se promueven la aparición de hongos.
- El tamaño de la muestra única por camión debe ser de 2,5 a 5kg de granos de maíz máximo.
- Las muestras tomadas, una vez ya bien identificadas y clasificadas se las debe conservar en un lugar seguro en donde no se contaminen para su posterior realización de análisis físicos en los laboratorios o con las herramientas pertinentes.

4.3.2.5. Etapa de Controlar.

El principal objetivo en esta última etapa de la metodología DMAMC, es la de que la solución implementada se mantenga el mayor tiempo posible, siéndole útil a las organizaciones que deseen implementarla y que sea sostenible.

Como su nombre mismo lo indica, en este capítulo se deben implementar herramientas que permitan el control estadístico del proceso para verificar si existe algún error o variaciones que puedan afectar significativamente y presentar fallas en la obtención del producto final.

Con base en lo expuesto anteriormente se procedió a un diseño de Dashboard mediante el Software Excel, el cual permita visualizar de mejor forma los datos que se recaben en las comercializadoras y puedan tener un mayor control sobre las especificaciones del maíz y los procesos, este panel de control se presenta en el anexo 8.

4.4. Discusión.

Previo a identificar los desperdicios que se generan en el proceso de secado de maíz, se analizó las actividades que conlleva dicha producción, a través del diagrama de flujo del proceso donde el autor Paul González, indica que esta herramienta ilustra las relaciones entre los principales componentes de una planta industrial [15], por su parte, Menéndez Gregorio en su libro Las 7 Mudras: ¿Sabes cuáles son los 7 desperdicios de las empresa? manifiesta que identificar estas mudras o despilfarros se trata de analizar el proceso productivo para eliminar o reducir los residuos como una manera efectiva de aumentar la rentabilidad. [20]

En los procesos de planta para el secado de maíz, se identificó un total de 10 operaciones 4 transportes, 2 inspecciones 2 almacenamientos temporal y 1 operación combinada, donde la materia prima recorre dentro de la empresa las área de recepción, producción y almacenamiento, lo que conlleva un total de 666,3 minutos (11,10 h) de proceso operativo. A través de la aplicación de la encuesta se determinó que en mayor proporción, el 33% de los trabajadores consideran que el exceso de humedad al momento de la recepción es el principal factor que genera un producto final defectuoso, por su parte, los desperdicios por sobre proceso se generan por las mermas de la masa al final del secado, las esperas se dan principalmente cuando se realizan los trabajos de mantenimiento de las maquinarias, mientras que existen transportes como el que se da hacia al pre almacenamiento de maíz húmedo que pueden ser omitidos con un apropiado plan de mejora, por su parte, el sobre inventario se da en virtud de que la mayoría de los centros de acopio no disponen de silos o condiciones adecuadas de almacenamiento de maíz, por otro lado, la sobreproducción responde a la necesidad de tener un almacenamiento previsto para las temporadas húmedas que se dan en nuestro país, finalmente en el proceso de secado existe movimientos innecesarios como la realimentación de las máquinas secadoras para realizar un sobresecado.

Para determinar la metodología del plan de mejora se analizó un conjunto de datos estadísticos recopilados a través de las visitas y observación del proceso de secado en planta, esto se logró por medio de herramientas de la metodología Six Sigma, las cuales según la autora Rocío Reyes existe un conjunto de 7 herramientas de calidad que se utilizan para examinar el proceso de producción, identificar los problemas clave, controlar las fluctuaciones de la calidad del producto y dar soluciones para evitar futuros defectos. [9]

Para el análisis de la variación de humedad al momento de la recepción del grano se recopiló datos de una muestra de 5 máquinas secadoras en un lapso de 20 días, donde la gráfica de control indica que desde el día 11 al 14, hubo un incremento constante de los rangos de humedad del maíz que ingresaba a la comercializadora, sin embargo, estos datos se encontraban dentro de los límites establecidos, por su parte, en la gráfica de control de rangos de humedad final se aprecia como en el día 11 se da una variación que lo hace estar más cerca del límite inferior en comparación que los demás días. Por medio de un diagrama de Ishikawa se estableció las causas que generan el daño del maíz en el proceso de secado, posteriormente, a través de un diagrama de Pareto se pudo identificar que el 80% de los problemas de calidad que se presentan en el proceso de secado se deben a la presencia de plagas y roedores, exceso de humedad al momento de la recepción y un elevado contenido de impurezas, lo que representa el 20% de las causas, situación que amerita definir un plan de intervención y propuesta de medidas técnicamente viables.

Se diseñaron propuestas de mejora para el proceso de secado de maíz, a través de la metodología DMAMC, la cual según expresa el autor Nathan-Gerges, se trata de una herramienta interactiva idónea cuando se desea realizar mejoras en un proceso y que no es exclusiva de proyectos guiados por el Six sigma, si no que se puede utilizar en cualquier situación en la que se desee realizar mejoras. [18]

En la fase Definir se estableció como se da el proceso a través de la cadena de valor, mediante un diagrama SIPOC y Voz del Cliente, en la fase Medir se calculó el nivel sigma actual del proceso siendo este de 4,27 sigma. Por su parte, en la fase Analizar, se llevó a cabo el uso de la metodología de los 5 por qué?, con el objetivo de analizar y comprender los problemas identificados previamente, Mejorar, en la cual dependiendo de las situaciones actuales de los procesos que aquí funcionan se diseñaron tres propuestas de mejora, Un plan de Fumigación para el problema de plagas y roedores, el establecimiento de especificaciones de calidad para la recepción del maíz y un diseño del procedimiento a seguir a la hora de tomar muestras para los análisis físicos. Finalmente, en la etapa de controlar se realizó una propuesta de Dashboard o panel de control que permita visualizar los datos estadísticos del proceso y verificar si se encuentran anomalías o si los datos recabados no están dentro de los estándares establecidos previamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Las entrevistas que se llevaron a cabo en las constantes visitas in situ, permitió determinar que las mermas de masa final es un factor que genera una considerable cantidad de desperdicios en el sobresecado, por ejemplo, si se recibe un maíz con excesiva humedad (34%) y elevado contenido de impurezas (5%) una masa de 800qq puede mermar hasta un 27,20% (217,7qq), esto si se alcanza el 13% de humedad y 1% de impurezas que establece la norma INEN para la comercialización de maíz.
- De los 10 problemas identificados en el diagrama Ishikawa se determinó a través de un diagrama de Pareto que el 80% de los problemas de calidad que se presentan en el proceso de secado se deben a la presencia de plagas y roedores, exceso de humedad al momento de la recepción y un elevado contenido de impurezas, lo que representa el 20% de las causas, situación que amerita definir un plan de intervención y propuesta de medidas técnicamente viables.
- Durante el desarrollo del proyecto de investigación, se constató que dentro del proceso del secado de maíz existen varias problemáticas y la necesidad de implementar mejoras, es por ello que se determinó que la metodología DMAMC es la que mejor se adapta a la hora de establecer propuestas de mejoras de proceso, dando como resultado el diseño de un plan de fumigación preventivo, establecimiento de normas para la recepción del maíz y el diseño de un procedimiento para la toma de muestras para los análisis físicos.

5.2. Recomendaciones.

- Un estudio de métodos y tiempo de producción permitirá identificar cuellos de botella en el proceso de secado del maíz a lo largo de recorrido de la materia prima por la planta, lo que a su vez, ayudará a realizar un balanceo y control de las líneas de producción disminuyendo así, los desperdicios que se generan sobre todo en sobre proceso, transporte y movimientos innecesarios.
- Es importante mantener bajo observación y control los índices de humedad a la hora de la recepción, con la finalidad de realizar una clasificación de estos rangos a fin de evitar el sobresecado que genere mayor cantidad de mermas de la masa final.
- Se recomienda realizar controles estadísticos para la verificación de los estándares de calidad en todo el proceso del secado del maíz, debido a que si no se respetan los parámetros establecidos la producción podría resultar afectada y representar pérdidas para la empresa, la utilización de herramientas como los KPIs, tablas de control y el Dashboard propuesto son recomendables para realizar estas actividades y poder así mantener dentro de los límites de tolerancia toda el proceso.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

- [1] D. d. L. Torre, «Estudio de la demanda energética del secado de maíz en Argentina,» Universidad Nacional de Mar del Plata , Mar del Plata, 2010.
- [2] W. Novoa, «Diseños de sistemas de secado del maíz,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2010.
- [3] S. Escobar, «Características del Maíz,» Olimpia, Cuautitlan, 2011.
- [4] R. Bartosik, «Secado y Calidad del Maíz,» Core, Buenos Aires, 2013.
- [5] J. A. Moran, Factores físicos que afectan al grano almacenado, Cuautitlan: Facultad de Titulación de Cuautitlan, 2018.
- [6] E. N. Albert, «Metodología e Implementación del Six Sigma,» 3C Empresa, Valencia, 2017.
- [7] R. Fasci, «Importancia de la aplicación de la metodología Six Sigma,» ALEPH, Mexico D.F., 2021.
- [8] A. P. Bernal, «Metodo Six Sigma Aplicado a un sistema de telecomunicaciones,» UNCUYO, Mendoza, 2012.
- [9] R. Reyes, «Six Sigma a través de las 7 herramientas de calidad,» SPC Consulting Group, Monterrey, 2021.
- [10] K. Ishikawa, «Guía para el control de la calidad,» UNIPUB, Washington D.C., 1985.
- [11] E. R. Arias, «Diagrama de Pareto,» Economipedia, Mexico D.F., 2020.
- [12] H. G. Pulido, «Estadística y Control de la Calidad,» Mc Graw Hill, Guadalajara, 2004.
- [13] Data Visualisation Catalogue, «Diagramas de Dispersión,» DataViz, Massachusetts, 2019.
- [14] D. Riaño, «Origen del término Histograma,» Revista Estadística Española, Madrid, 2017.
- [15] P. Gonzalez, «Diagramas de flujo de proceso,» Lucidchart, South Jordan, 2019.
- [16] Safety Culture, «Listas de verificación de la calidad,» Safety Culture, Barcelona, 2021.
- [17] F. Chevez, «Métricas del Six Sigma,» Atom, Carabobo, 2019.
- [18] M. Nathan-Gerges, «Lean Six Sigma, una metodología aplicada a procesos reales,» Izertis, Madrid, 2020.

- [19] G. Bocángel, Ingeniería Industrial: Ingeniería de Métodos I, Huánuco: UNHEVAL, 2021.
- [20] G. Menéndez, Las 7 mudas: ¿sabes cuales son los 7 desperdicios de las empresa?, Girona: PreventControl, 2014.
- [21] T. Tello, «Los 7 desperdicios Lean,» Kanbanize, Mexico D.F., 2018.
- [22] J. I. P. Rave, «Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo,» Revista Chilena de Ingeniería, Santiago, 2019.
- [23] J. C. N. Isaza, «Estrategias para Atacar los 7 Desperdicios de la Producción,» Clockwork, Southfield, Miami., 2019.
- [24] Sandrine, «Los desperdicios relacionados con el sobre proceso,» Caletec, Barcelona, 2017.
- [25] J. Rodriguez, «Los 7 desperdicios,» SPC consulting group, Monterrey, 2018.
- [26] D. Proaño y V. Gisbert, «Metodología para elaborar un plan de mejora continua,» 3C Empresa, Madrid, 2017.
- [27] J. F. H. Nopsa, «XXIII Reunion Latinoamericana del Maiz,» Iniap Ecuador, Mosquera, 2021.
- [28] X. Acaro y C. Castillo, «Secadora de granos mixta solar-gas:Generalidades sobre las secadoras de granos,» Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 2010.
- [29] R. Muñoz, «Determinación de mermas por limpieza y secado de granos,» IPA La Plantina, Santiago de Chile, 2011.
- [30] R. d. I. V. Humberto Guitiérrez, CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA, México, D. F.: McGraw-Hill, 2010.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Formulario de encuesta para la recopilación de información



FORMULARIO DE ENCUESTA

INVESTIGACIÓN DE MERCADO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL GRANO DE MAÍZ EN LAS DIFERENTES CASAS COMERCIALES DEL CANTÓN QUEVEDO



Indicaciones: la siguiente encuesta está dirigida a los trabajadores de producción de las diferentes casas comerciales de maíz del cantón Quevedo, con el fin de determinar los niveles de calidad en el proceso de secado. Responda según la realidad de la empresa.

1. Indique los tiempos que conlleva cada actividad en el proceso de secado de maíz

No.	Actividades	Tiempo (min)
1	Recepción de materia prima	
2	Pesaje de carga en báscula	
3	Análisis físicos de la carga	
4	Transporte a pre-almacenamiento de maíz húmedo	
5	Descarga de materia prima	
6	Transporte del grano al área de operaciones	
7	Almacenamiento de maíz húmedo	
8	Prelimpia del grano	
9	Cargar las maquinas secadoras con el maíz	
10	Proceso de secado de maíz	
11	Transporte a zona de limpieza de maíz seco	
12	Limpiar impurezas de maíz seco	
13	Transporte del maíz seco al área de almacenamiento	
14	Análisis físico de la carga de maíz seco	
15	Almacenamiento temporal del grano	
16	Despacho de mercancía	

2. ¿Posee alguna normativa o política de calidad dentro de la empresa?

- a) No
b) Sí: Indique cual: _____

3. De las siguientes opciones indique el factor que genera mayor cantidad de producto defectuoso, específicamente en el secado del grano en la máquina

- a) Exceso de humedad inicial del grano
- b) Presencia de plagas y roedores
- c) Elevado contenido de impurezas
- d) Fisuras y grano partido
- e) Sobresecado
- f) Tipo de combustible para el secado

4. ¿Qué características del grano controla a lo largo del proceso de secado de maíz?

- a) Peso
b) Humedad
c) Impurezas
d) Grano partido
Otro: _____

5. Indique las causas que provocan daño del maíz a lo largo del proceso operativo, puede escoger más de una opción

- | | |
|--|--------------------------|
| a) Falta de mantenimiento de maquinarias | <input type="checkbox"/> |
| b) Largos periodos de secado | <input type="checkbox"/> |
| c) Falta de capacitación sobre BPM | <input type="checkbox"/> |
| d) Fisuras y grano partido | <input type="checkbox"/> |
| e) Sobresecado | <input type="checkbox"/> |
| f) Exceso de humedad en la recepción | <input type="checkbox"/> |
| g) Elevado contenido de impurezas | <input type="checkbox"/> |
| h) Métodos de conservación inapropiados | <input type="checkbox"/> |
| i) Presencia de plagas y roedores | <input type="checkbox"/> |
| j) Tipo de combustible para el secado | <input type="checkbox"/> |

6. ¿Cuál es el porcentaje de humedad para la comercialización del maíz?

- a) Menor al 10% de humedad
- b) Entre 10 y 13% de humedad
- c) Mayor a 13% de humedad
- d) Otro valor: _____

7. Indique la forma de producción de la empresa

- a) Producción bajo pedido
- b) Producción por lotes
- c) Producción en mas
- d) Producción lineal o de tipo continuo

8. ¿Se realizan trabajos de control de plagas y roedores en la empresa?

- a) Sí
- b) No

9. ¿Cuánto tiempo permanece almacenado el maíz húmedo en la empresa?

- a) De 1 a 10 horas
- b) De 10 a 24 horas
- c) De 1 a 2 días o más
- d) Pasa inmediatamente a ser secado

10. ¿Qué sistemas de secado posee la empresa?

- a) Secadoras de flujo continuo de tipo torre o caballetes
- b) Secadoras en tandas o convencional
- c) Silos secadores

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Anexo 2. Casa Comercial Granja



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Anexo 3. Grupo Comercial Briones



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Anexo 4. Casa Comercial Cevallos



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

Anexo 5. Agripac planta AGRIGRAIN



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autores (2022)

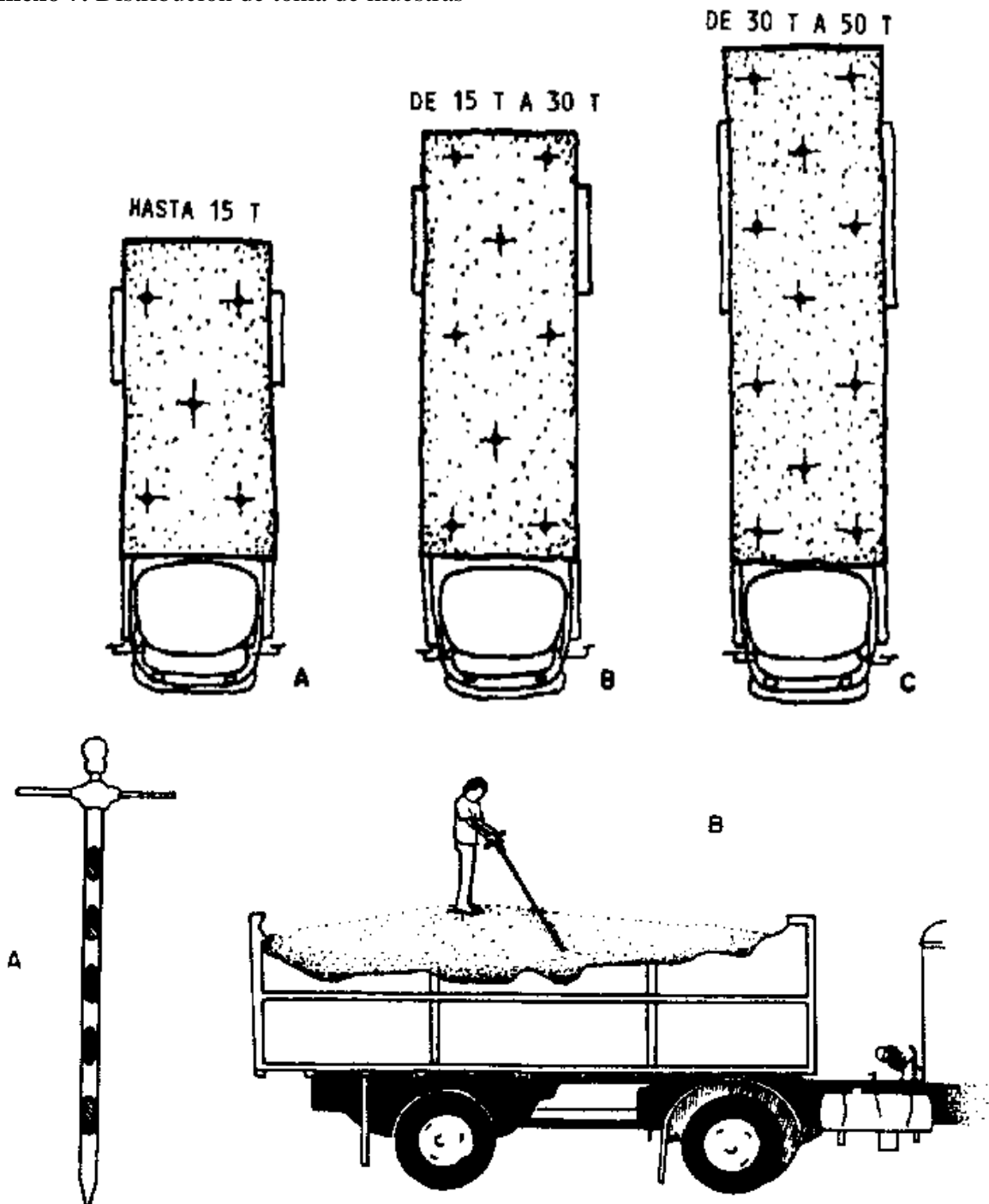
Anexo 6. Nivel Six Sigma por rendimiento del proceso

Abridged Process Sigma Conversion Table

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

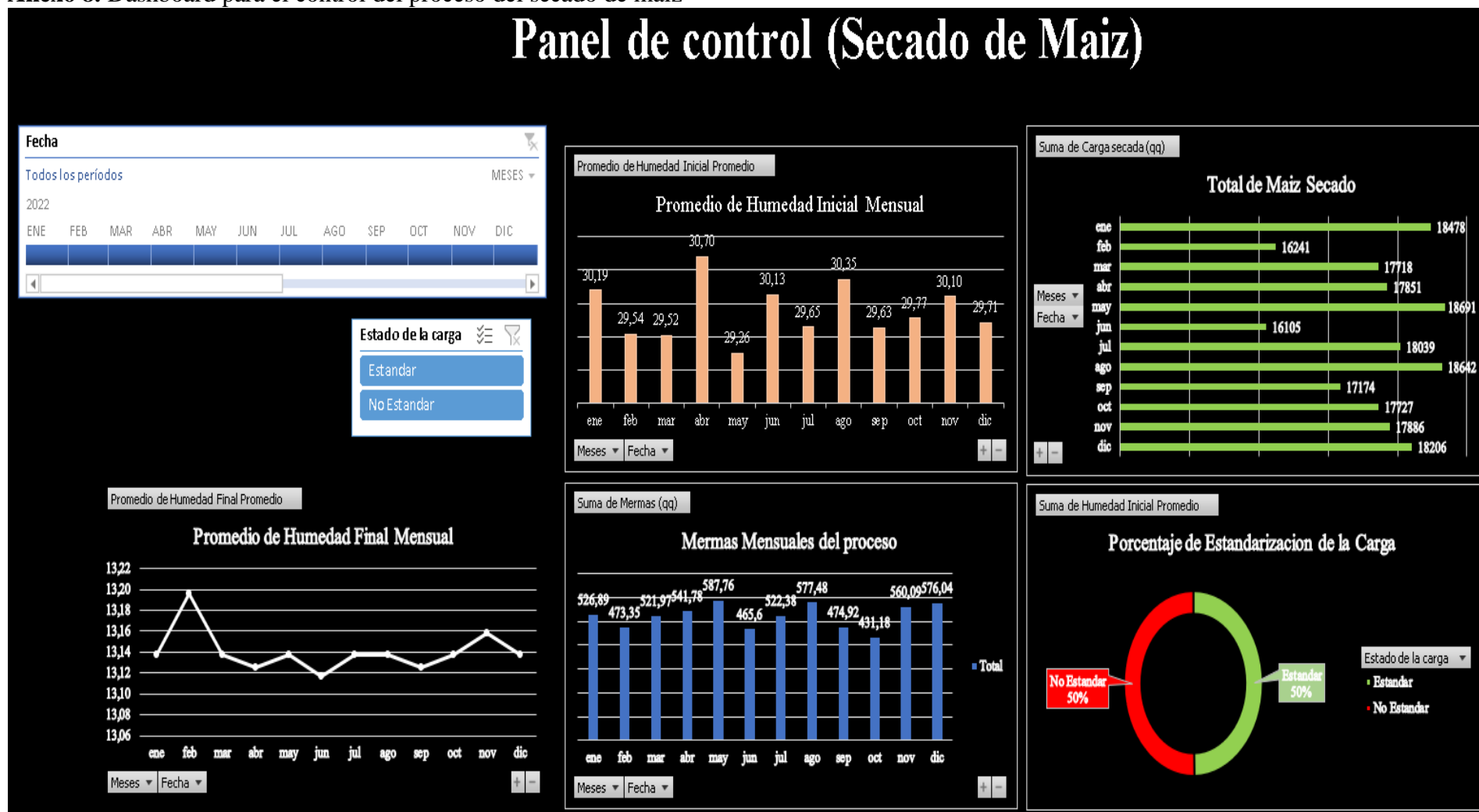
Fuente: Gutiérrez (2010)

Anexo 7. Distribución de toma de muestras



Fuente: FAO.ORG (2021)

Anexo 8. Dashboard para el control del proceso del secado de maíz



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autores (2022)