



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Reducción del tiempo de procesamiento de cacao fresco a
seco en un centro de acopio mediante la metodología DMAIC”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN GESTIÓN DE PROCESOS Y SEGURIDAD DE
LOS ALIMENTOS**

Presentada por:

Erika Andrea Alegría Vargas

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por todo lo vivido. A mi familia por ser un soporte. A mi directora de proyecto por sus consejos y por compartir su conocimiento. A mis compañeros del trabajo y de la maestría por su aporte.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas positivas y soñadoras en un mundo más equitativo. Los que desde su rol contribuyen a una mejor sociedad.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Denise Rodríguez Z., Ph.D.
DIRECTORA DEL PROYECTO**

**Patricio Cáceres C., Ph.D.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Erika Andrea Alegria Vargas

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en un centro de acopio de cacao, el cual receipta cacao fresco, semiseco y seco. Su producto final y de exportación es cacao seco, el cual es una materia prima que debe cumplir la norma de calidad de cacao en grano INEN-176. El centro de acopio ha visto una oportunidad de incrementar su producción de calidad especial, realizando el proceso poscosecha del cacao. El proceso de cacao fresco a seco abarca las etapas de recepción, presecado, fermentación y secado.

En los meses de marzo a mayo el centro de acopio recibió 40 lotes de cacao fresco. El proceso poscosecha tomó en promedio 10 días y se quiere reducir en al menos un 20% (8 días) mediante metodología DMAIC. La metodología consiste en Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar el proceso, para ello se realizaron entrevistas, análisis de datos e información de la empresa, mesas de trabajo, entre otros.

En la fase definir, se determinó que las principales características de interés para el cliente son: el porcentaje de fermentación, el costo de proceso y el peso del grano. En la etapa medir, se calculó que se requiere un tiempo 24 días desde que llega el cacao fresco hasta que se exporta, donde el 37.3% corresponden a actividades que agregan valor. Después centrándose en el proceso de poscosecha se midió 8.3 días, 46.1 horas hombre, 64.2 kwh de energía eléctrica y 960kg/ de GLP para transformar 6 toneladas de cacao fresco a seco.

Se caracterizaron los desperdicios y se estableció que el 71% del tiempo de proceso se encuentra en la fermentación, mientras el 39% de la mano de obra en el presecado. Al analizar las causas raíces de los problemas se concluyó que ambas etapas requieren nuevos equipos para reducir los tiempos y costos. Por ello se adquirió un minicargador para reducir los traslados en la etapa de fermentación y se reemplazó el proceso de presecado por el desbabado con la incorporación del equipo correspondiente.

Se realizó la implementación del proyecto de mejora en los meses de junio y julio y se determinó que en 2.5 años retornaría la inversión de la compra equipos por el ahorro generado del tiempo de proceso y mano de obra. Luego en los meses de agosto a octubre se controló el proceso para conocer el impacto del proyecto. Así el nuevo tiempo total de proceso es de 22.6 días. El proceso actual de poscosecha para 6 toneladas de cacao fresco requiere: 7.9 días, 24.5 horas hombre, 49.9 kwh de energía eléctrica y 480 kg de GLP.

En consecuencia se ha reducido en 21% el tiempo de proceso poscosecha, en 47% la mano de obra y en 50% el uso de gas licuado de petróleo. La calidad del producto se mantiene, ya que los datos corroboran que no existen diferencias significativas entre los atributos del cacao seco del proceso inicial con el actual.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
CAPÍTULO 1	1
1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción general del proceso	1
1.2. Definición y justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Marco teórico	3
CAPÍTULO 2	5
2.PROCESO INICIAL	5
2.1 Definir	5
2.2 Medir	8
CAPÍTULO 3	20
3.PROCESO ACTUAL	20
3.1 Analizar	20
3.2 Mejorar	25
3.3 Controlar.....	29
CAPÍTULO 4	34
4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4.1 Conclusiones.....	34
4.2 Recomendaciones.....	35
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Tiempo promedio del proceso poscosecha por lote de marzo a mayo del 2022	2
Figura 2.2. Análisis de la línea base de los tiempos de poscosecha	8
Figura 2.3. Tiempo total del proceso distribuido por las etapas de poscosecha	13
Figura 2.4. Análisis estadístico del tiempo total de proceso con secado por vía artificial	14
Figura 2.5. Diagrama de Pareto del tiempo de proceso distribuido por etapa poscosecha	15
Figura 2.6. Horas hombres del proceso distribuido por las etapas de poscosecha.	15
Figura 2.7. Análisis estadístico de las horas hombres requeridas en el de proceso.	16
Figura 2.8. Diagrama de Pareto de la mano de obra distribuido por etapa poscosecha	17
Figura 2.9. Carta de control del tiempo de proceso poscosecha inicial en días.....	18
Figura 2.10. Análisis de capacidad del proceso poscosecha inicial.....	18
Figura 3.11. Diagrama de Ishikawa para problema enfocado en la etapa de fermentación	20
Figura 3.12. Diagrama de Ishikawa para problema enfocado en la etapa de presecado.....	21
Figura 3.13. Matriz impacto esfuerzo de la etapa de fermentación	23
Figura 3.14. Matriz impacto esfuerzo de la etapa de presecado	23
Figura 3.15. Tiempo total del proceso mejorado distribuido por las etapas de poscosecha	31
Figura 3.16. Análisis estadístico del tiempo total de proceso poscosecha actual	32
Figura 3.17. Carta de control del tiempo de proceso poscosecha actual en días	32
Figura 3.18. Análisis de capacidad del proceso poscosecha actual	33

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución de la producción de cacao seco en función de la calidad.....	5
Tabla 2. Características de calidad de las exportaciones.....	6
Tabla 3. Relación entre los requerimientos del cliente y las características técnicas. ...	6
Tabla 4. Relación entre los requisitos del cliente y la calidad de 3 centros de acopio. ..	7
Tabla 5. Relación de las características de técnicas y las etapas poscosecha	7
Tabla 6. Requerimientos de poscosecha por vía natural.....	9
Tabla 7. Requerimientos de poscosecha por vía artificial	10
Tabla 8. Actividades del diagrama OTIDA en porcentaje y tiempo.....	10
Tabla 9. Diagrama OTIDA del proceso de cacao fresco a seco	11
Tabla 10. Datos requeridos para medir el proceso.....	12
Tabla 11. Promedio de los atributos de calidad de lotes producidos entre marzo a mayo.....	12
Tabla 12. Promedio del tiempo de proceso por etapa poscosecha con secado artificial.	14
Tabla 13. Promedio de las horas hombre utilizadas por etapa poscosecha	16
Tabla 14. Matriz Causa Efecto del problema enfocado en la etapa de fermentación ..	22
Tabla 15. Matriz Causa Efecto del problema enfocado en la etapa de presecado	22
Tabla 16. Plan de verificación del problema enfocado en la etapa de fermentación ...	24
Tabla 17. Plan de verificación del problema enfocado en la etapa de presecado	24
Tabla 18. Ideas de mejora para el proceso de poscosecha	25
Tabla 19. Matriz de prioridad de las alternativas de mejora	26
Tabla 20. Ficha técnica de la desbabadora.....	26
Tabla 21. Ficha técnica del minicargador.....	27
Tabla 22. Análisis de Costo Beneficio del proyecto.....	28
Tabla 23. Diagrama de Gantt de la implementación del proyecto	28
Tabla 26. Diagrama OTIDA del proceso de cacao fresco a seco mejorado	29
Tabla 25. Actividades del diagrama OTIDA en porcentaje y tiempo del proceso actual.....	30
Tabla 26. Requerimientos del proceso mano de obra y servicios industriales.....	30
Tabla 27. Promedio de los atributos de calidad de lotes producidos entre agosto a octubre.....	31
Tabla 28. Promedio del tiempo de proceso mejorado por etapa poscosecha	33

CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción general del proceso

La empresa objeto del estudio se encuentra en la provincia de Guayas, en el cantón Durán, en el sector industrial. Su actividad económica es comprar cacao en diferentes estados (fresco, semiseco y seco) y transformarlo a cacao apto para exportación. Acorde al requerimiento del cliente se preparará los lotes con una calidad determinada. Los principales destinos de exportación son: Europa, Estados Unidos, Malasia e Indonesia.

La infraestructura con la que cuenta la empresa, corresponde a un centro de acopio de cacao. Las áreas operativas son: pesaje, descarga, secado, tránsito, ensacado, tendales, laboratorio, bodega y embarque. Entre los equipos se destacan: báscula, balanzas, tolvas, secadoras, bandas transportadoras, mini-cargador, montacargas y silos. Los servicios industriales con los que cuenta son: electricidad, agua potable y gas licuado de petróleo. Respecto a equipos de medición y monitoreo cuenta con higrómetros, termobalanzas, medidores rápidos de humedad, termómetro, registradores de datos entre otros.

El proceso empieza con el arribo del cacao a través de proveedores externos. El camión se pesa y obtiene un código único. Luego pasa al área de descarga donde se paletiza los sacos de cacao y se obtiene una muestra. La muestra corresponde a un 10% del producto tomado al azar. La muestra con su código único es llevada al laboratorio para determinar la calidad del cacao. El análisis determina el porcentaje de humedad y de impurezas. Esta información se remite al departamento comercial para que se negocie con el proveedor el precio del producto acorde a su calidad y precio actual del mercado. Una vez confirmada la compra pasa al departamento de operaciones.

En el departamento de operaciones acorde al estado del cacao comprado puede seguir diferentes rutas. 1) El cacao fresco también llamado baba pasa a los tendales donde va a seguir un proceso de poscosecha hasta convertirse en cacao seco. 2) En caso de corresponder a un cacao semiseco este pasa a secadoras hasta alcanzar la humedad requerida. 3) Si el cacao llega seco pasa a través de la línea a fin de retirar impurezas y finalmente es ensacado y paletizado.

El producto terminado corresponde a cacao seco apto para exportación el cual debe tener una humedad de máximo 7% e impurezas relacionadas a cacao de máximo 3.5%. Cada pallet contiene 30 sacos de cacao y cada saco corresponde a un peso neto de 69 kg. Los pallets con el producto final se colocan en la bodega dentro de un área delimitada para conformar 100 toneladas. Se apilan como máximo 3 pallets.

Una vez que se tiene el contrato de venta y se ha reservado el traslado del producto en las navieras se procede a realizar la fumigación del cacao 6 días antes del embarque. Cada contenedor de exportación puede transportar hasta 25 toneladas de cacao que equivale a 363 sacos de cacao. En el proceso de embarque se registra el peso inicial y final del contenedor a fin de conocer con mayor precisión la cantidad de cacao enviada.

1.2 Definición y justificación del problema

A partir del mes de marzo del 2022 se iniciaron las compras de cacao fresco y estas se han incrementado en los meses subsiguientes. Aunque el centro de acopio fue concebido solo para compras de cacao seco y semiseco, los directivos decidieron incursionar en las compras de cacao fresco porque visualizaron algunas ventajas competitivas. Las ventajas más importantes son: captar proveedores de haciendas grandes que solo cuentan con ventas de cacao fresco y generar un perfil sensorial de cacao para clientes más exigentes.

La ventaja competitiva a destacar es que la mayoría de empresas exportadoras de cacao no tienen la opción de compra de cacao fresco. En consecuencia, algunas haciendas de alta producción no puedan negociar la venta de forma directa. Por su parte para el centro de acopio el procesamiento poscosecha constituye la oferta de un servicio, el cual es recaudado a través del precio de compra de cacao en fresco.

Respecto al perfil sensorial, los departamentos de operaciones e investigación se han propuesto estandarizar el proceso poscosecha actual. El equipo de investigación ha realizado pruebas a escala piloto del proceso poscosecha de alta calidad. En estas pruebas se ha trabajado con materia prima estandarizada y el uso de equipos ha sido mínima. Por su parte el equipo de operaciones tiene experiencia utilizando equipos industriales, lo cual ha permitido disminuir su tiempo de proceso. La reducción de tiempo se debe a la incorporación de nuevos equipos, mejora del proceso y entrenamiento del personal.

Acorde a los lineamientos de gerencia se desea obtener un proceso de poscosecha de alta calidad sensorial en un tiempo máximo de 8 días. Los directivos han definido esta meta ya que es el tiempo promedio de los procesos poscosecha a escala piloto realizados por investigación. Además, coincide con los tiempos de proceso más bajos alcanzados por el equipo de operaciones durante los 3 primeros meses de compras de cacao fresco. Por otro lado la reducción en el tiempo de proceso permite una mayor rotación del stock. En la Figura 1.1 se aprecia los promedios de tiempo de poscosecha de cacao en los meses de marzo a mayo del 2022.

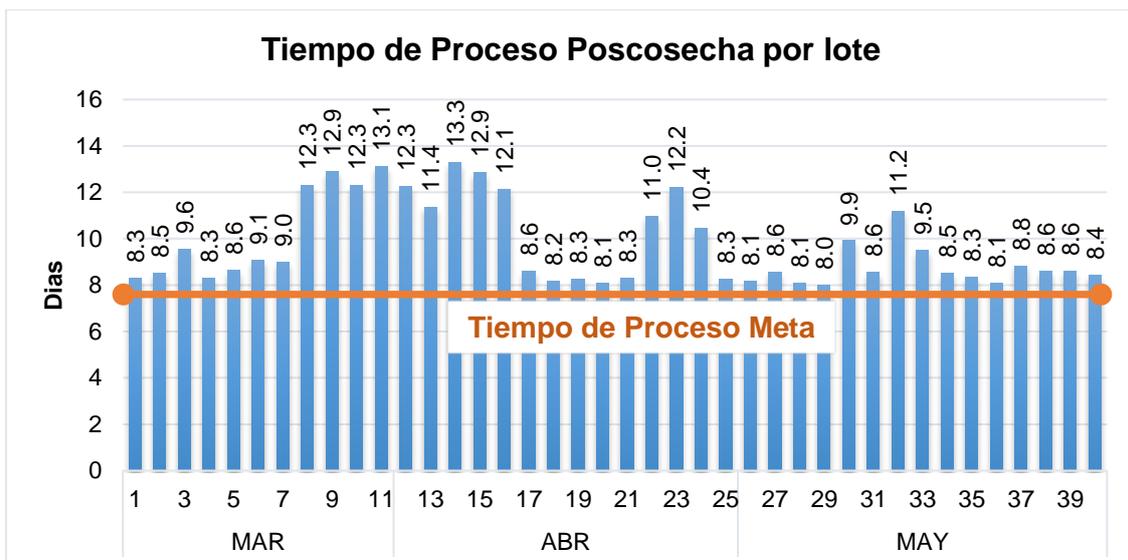


Figura 1.1. Tiempo promedio del proceso poscosecha por lote de marzo a mayo del 2022

Fuente: Elaboración propia

En el centro de acopio de cacao, durante los meses de marzo a mayo del 2022, se ha identificado un tiempo de procesamiento de cacao fresco a seco de 10 días promedio, el cual se desea reducir a un tiempo máximo de 8 días, lo que corresponde a una disminución del 20%.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir en 20% el tiempo de procesamiento de cacao fresco a seco en un centro de acopio mediante la metodología DMAIC.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico profundo del proceso actual que contribuya a la caracterización de desperdicios de tiempo en cada etapa.
- Analizar las causas raíces de la demora del tiempo de poscosecha para proponer alternativas de mejora.
- Evaluar los resultados alcanzados en la reducción del tiempo y su impacto en la calidad del perfil sensorial de cacao.

1.4 Marco teórico

La metodología que se implementa para mejorar el proceso de secado es llamada DMAIC, la cual es un método de gestión de calidad que combina herramientas estadísticas con el propósito de mejorar el nivel de desempeño (Navarro, Gisbert, & Pérez, 2017). La metodología está inspirada en el modelo de mejora continua dada por Edward Deming que consiste en Planificar, Hacer, Verificar y Ajustar, siendo esto un ciclo. En el caso el DMAIC sigue las etapas de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Gutiérrez, 2010)

En la fase definir se comprende el problema a mayor profundidad, considerando las necesidades del cliente, las capacidades del proveedor y datos con los que cuente la empresa (Aulia, Khawarita, Asfiryati, & Hansen, 2019). Las herramientas a usar son:

- **La casa de la calidad (QFD):** define las necesidades y expectativas del cliente y las traduce a un formato técnico, mediante una matriz
- **Entrevista:** diálogo entre 2 o más personas donde el entrevistador realiza preguntas y los entrevistados responden.
- **Objetivo SMART:** es específico, medible, alcanzable, relevante y temporal. Se define a partir de los datos de interés donde se obtiene el mejor valor, se determina la brecha y se establece un porcentaje de reducción.
- **Problema definido:** contiene información sobre qué, dónde, cuándo, qué tanto y como lo sé.

En la etapa medir se enfoca el problema, para ello se establece los datos que deben ser colectados, se analiza los datos y se caracteriza los procesos (Da Silva, 2022). Los conceptos importantes son:

- **Diagrama de flujo (OTIDA):** contiene las etapas del proceso clasificadas en: operación transporte, demora, inspección y almacenamiento.

- **Mapeo de la cadena de valor (VSM):** es un gráfico ilustrativo que nos permite visualizar la situación actual del proceso en busca de una mejora.
- **Lead Time:** tiempo de proceso por lote, incluye las esperas.
- **Plan de recolección de datos:** ejecución de la toma de datos en: tiempo, cantidad y calidad adecuados.
- **Análisis de Capacidad:** compara la variación entre lo que se realiza en el proceso con lo que requiere el cliente.
- **Diagrama de Pareto:** grafica de barras organizada de mayor a menor, de forma que establece frecuencias.
- **Problema enfocado:** contiene información sobre qué, cómo, cuál, cuándo, dónde, y con quién ocurre la dificultad.

En la fase analizar se determina la relación entre las variables del proceso (Hsiang-Chin & Ming-Hsien, 2011). Los diagramas/ matrices a utilizar son:

- **Diagrama de Ishikawa:** analiza la causa raíz de un problema desde 6 aspectos: mano de obra, maquinaria, métodos, medición, materia prima y medio ambiente.
- **Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE):** matriz donde se identifican los posibles fallos y su efecto, otorgando a cada evento una puntuación respecto a su severidad, frecuencia y detección.
- **Plan de verificación:** valida la correcta relación entre la causa de un problema y su impacto
- **Matriz impacto esfuerzo:** permite seleccionar las oportunidades de mejora que tengan un mayor impacto al menor esfuerzo.

En la etapa de mejora y/o optimización, se implementan las mejoras seleccionadas (Rosa, Risa, Lita, & Susilawati, 2021). Las matrices a ejecutar son:

- **Análisis de Costo beneficio:** define los beneficios en unidades monetarias, a la vez de determinar el costo de la implementación de la mejora.
- **Diagrama de Gantt:** usado en avance de proyectos, define las actividades, responsables y cronograma en que se debe ejecutar cada acción a fin de culminar la implementación.

Finalmente, en la fase de control, se verifica que el proceso mejorado se mantenga estable en el tiempo. Además de documentar el impacto positivo (Vera, 2021). En consecuencia, se utilizarán:

- **Registros de proceso:** documento donde se colectan datos y se verifica que el proceso esté bajo los lineamientos establecidos.
- **Cartas de control:** son gráficas que nos permiten observar la estabilidad del proceso a la vez de determinar posibles variaciones.

De ser necesario se retoma el ciclo de mejora continua con un nuevo problema a resolver (Herrera & Fontalvo, 2000).

CAPÍTULO 2

2. PROCESO INICIAL

En el capítulo se presentan las herramientas de las etapas definir y medir utilizadas como parte del desarrollo de la metodología DMAIC. En la fase Definir se determinaron las características que busca el cliente y la relación que guarda con el proceso poscosecha. Después en la etapa Medir se profundizó en el proceso operativo para comprender en donde se encuentran los problemas enfocados.

2.1 Definir

Durante esta sección se utilizó la casa de la calidad para establecer los requisitos del cliente y se construyó el objetivo SMART para determinar el problema definido.

2.1.1 La casa de la calidad

Dentro de la empresa objetivo se entrevistaron a los jefes de los departamentos de: operaciones, calidad e investigación a fin de comprender ampliamente el requerimiento del cliente.

Además, se entrevistó a jefes de operaciones de 2 centros de acopio adicionales que manejan una calidad diferenciada. En el ANEXO A se encuentran las preguntas realizadas durante las entrevistas. En la tabla 1 se observa la distribución de la producción según la calidad en los 3 centros de acopio considerados en este estudio.

Tabla 1. Distribución de la producción de cacao seco en función de la calidad

Calidad	Centros de Acopio		
	A	B	C
Convencional	80%	90%	65%
Especial	20%	10%	35%

Fuente: Elaboración propia

Los 3 jefes de los centros de acopio coincidieron en que el mercado de cacao especial está dispuesto a pagar entre un 10 a 50% más de precio en relación al cacao convencional. Por otro lado, el rendimiento de cacao fresco a seco puede ser de entre 45 a 60%, dependiendo la época. En consecuencia, en cada centro de acopio existe un interés en incrementar la oferta de cacao especial de manera eficiente.

En el centro de acopio objetivo la calidad convencional corresponde a la mínima, y según NTE 176 Requisitos de Cacao en Grano (INEN, 2018), se denomina ASE, mientras la especial corresponde al tipo ASS y ASSS. A continuación, en la tabla 2 se presentan las características de calidad dadas en los centros de acopio para exportación.

Tabla 2. Características de calidad de las exportaciones.

Requisitos	Especial		Convencional
	ASSS	ASS	ASE
Humedad (%)	7	7	7
Peso en 100 granos (g)	> 130	> 120 a 130	> 100 a 120
Granos fermentados, mínimo (%)	75	65	53
Granos violetas, máximo (%)	15	21	25
Granos pizarra, máximo (%)	9	12	18
Granos mohosos, máximo (%)	1	2	4
Granos defectuosos, máximo (%)	0	1	3
Material relacionado a cacao, máximo (%)	1	1	1
Material extraño, máximo (%)	0	0	0

Fuente: (INEN, 2018)

A partir de la definición de los requerimientos del cliente se ha relacionado los mismos con características técnicas y operativas. El objetivo es traducir a un lenguaje operacional que permita alcanzar el cumplimiento de las características deseadas por el cliente. Las características más importantes son: precio, perfil sensorial, rendimiento, libre de trazas/contaminantes y humedad.

Por otro lado, también se ha ponderado la importancia de cada característica técnica a fin de priorizar las mejoras desde el punto de vista del cliente. En la Tabla 3 se despliega la relación entre los requisitos del cliente y las características técnicas.

Tabla 3. Relación entre los requerimientos del cliente y las características técnicas.

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	Importancia para el cliente (0-10)	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (Relación: Fuerte=9; Moderada=3; Débil=1; Nula=0)					
		Costo del proceso por tonelada	Porcentaje de Fermentación	Peso del Grano	Impurezas relacionadas al cacao	Origen y manejo del cultivo	Porcentaje de Humedad
Precio	10	9	3	1	1	0	1
Perfil Sensorial	7	0	9	0	3	3	0
Rendimiento	8	0	0	9	3	1	1
Libre de trazas	5	0	0	0	0	3	0
Humedad	5	0	0	0	0	0	9
Calificación de Importancia Técnica		90	93	82	55	44	63
Peso ponderado		21.1%	21.8%	19.2%	12.9%	10.3%	14.8%
Dirección de Mejora		2	1	3	5	6	4

Fuente: Elaboración propia

Luego, en conjunto con los entrevistados se definió los requisitos más valorados por el cliente. Se ha colocado en la Tabla 4, la relación entre los requerimientos del cliente y la calidad percibida en los 3 centros de acopio.

Tabla 4. Relación entre los requisitos del cliente y la calidad de 3 centros de acopio

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	COMPETENCIA				
	Centro de Acopio: A, B, C				
	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
Precio			C	A,B	
Perfil Sensorial			B	A	C
Rendimiento				A,B	C
Libre de trazas				A,B,C	
Humedad					A,B,C

Fuente: Elaboración propia

Entre las características técnicas más importantes destacan el porcentaje de fermentación y el costo de proceso por tonelada. Para entender su impacto en la Tabla 5 se presenta una relación entre las características técnicas y las actividades de poscosecha.

Tabla 5. Relación de las características de técnicas y las etapas poscosecha

Características Técnicas	Etapas de Poscosecha relacionada	Justificación
Costo del proceso por tonelada	Todo el proceso	Cada etapa del proceso genera costos de mano de obra y servicios industriales. Se debe considerar el rendimiento de cacao fresco a seco.
Porcentaje de Fermentación	Presecado y Fermentación	El realizar un buen presecado, contribuye a que la fermentación se realice por la vía deseada.
Peso del grano	Recepción	Depende del manejo del cultivo y tipo del varietal que se recepte
Impurezas relacionadas al cacao	Recepción, Traslados y Secado	El cacao fresco debe llegar sin placenta mazorca o monilla. Durante su movimiento en poscosecha se debe evitar pisarlo o triturarlo. El secado agresivo (temperaturas superiores a 70°C), contribuye a generar una cascarilla más frágil que a su vez genera mayor triturado.
Origen y manejo del cultivo	Recepción	Tema intrínseco al origen y aplicaciones de pesticidas. Se considera el cadmio y las trazas de pesticidas.
Porcentaje de Humedad	Secado	El objetivo de esta etapa es alcanzar el 7% de humedad

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la casa de la calidad se determinó que la dirección de mejora debe partir del costo del proceso por tonelada y el porcentaje de fermentación. Se destaca que estas dos métricas las proporciona el proceso operativo por lo que son aptas a mejora.

2.1.2 Objetivo SMART

Se ha calculado los tiempos de proceso poscosecha de 40 lotes generados en los meses de marzo a mayo. A partir de esta información se determinó que el promedio de tiempo de proceso es de 9.7 días, el menor tiempo de 8 días y el mayor tiempo de 13.3 días. En la Figura 2.2 se puede apreciar el análisis de la serie de tiempos del proceso de poscosecha.

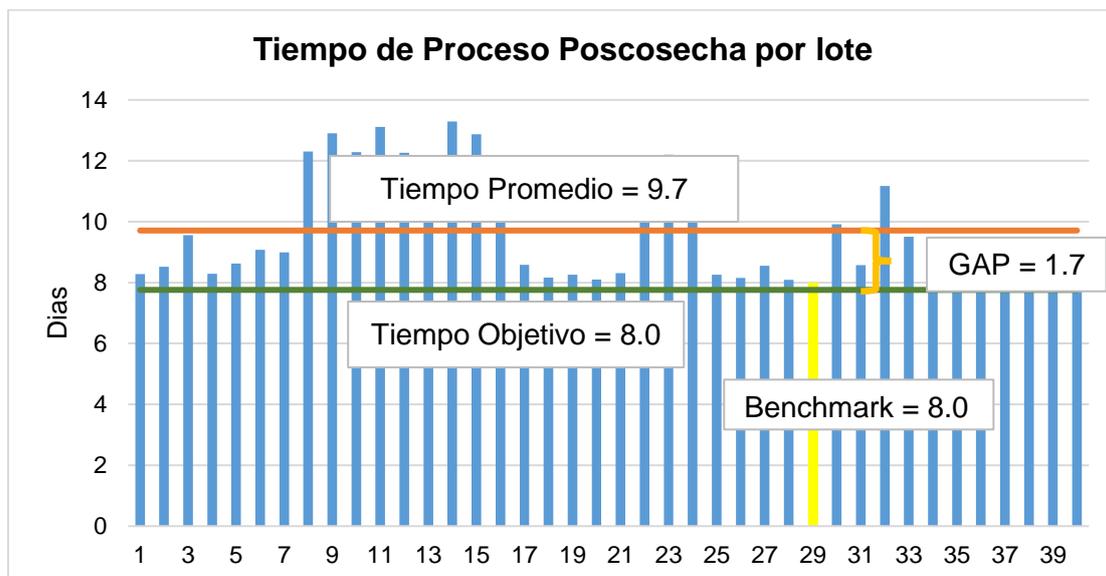


Figura 2.2. Análisis de la línea base de los tiempos de poscosecha
Fuente: Elaboración propia

En este caso para obtener la brecha o GAP, se calcula la diferencia entre el promedio y el menor tiempo o benchmark. La brecha fue del 1.7 días los cuales se desea eliminar en su totalidad. Entonces el objetivo SMART es: Reducir de 9.7 a 8.0 días el tiempo de proceso poscosecha en un período de 6 meses.

2.1.3 Problema Definido

Para definir el problema se ha contestado las siguientes preguntas:

- | | |
|-----------------|--|
| a. ¿Qué? | Tiempo de proceso de cacao fresco a seco |
| b. ¿Donde? | En un centro de acopio de cacao |
| c. ¿Cuándo? | Desde el mes de marzo a mayo |
| d. ¿Qué tanto? | Actualmente el tiempo de proceso promedio es de 9.7 días |
| e. ¿Cómo lo sé? | El proceso estándar debe tener como máximo 8 días |

En consecuencia, el problema se define así:

En un centro de acopio de cacao entre los meses de marzo a mayo se ha detectado un tiempo de proceso de cacao fresco a seco promedio de 9.7 días, el cual se desea disminuir a 8 días

2.2 Medir

Durante la etapa medir se amplió la comprensión del proceso de cacao fresco a seco, se midió el tiempo por etapa mediante el OTIDA, se calculó el tiempo total requerido. Después de estableció el plan de colección de datos, para con ellos entender a detalle las etapas del proceso. Se estratificó la información de las etapas, se determinó la capacidad del proceso y finalmente se definió el problema enfocado.

2.2.1 Proceso de cacao fresco a seco

En el proceso de compra de cacao fresco interviene los departamentos de compras, calidad y operaciones. Una vez adquirido el producto y con la información de calidad y tiempo de cosecha de cacao el departamento de operaciones define como se realiza el proceso poscosecha. Generalmente el proceso tiene las etapas de: recepción, escurrido, presecado, fermentación, secado, ensacado y paletizado. A continuación, se profundiza en las etapas que agregan valor.

El proceso poscosecha inicia con la recepción donde se revisa la calidad del cacao fresco. Por la experiencia de los operadores y confianza con el proveedor se define cuanto tiempo ha transcurrido desde que el cacao ha sido cosechado hasta que llegó al centro de acopio. El cacao fresco se ubica en un área de los tendales. La descarga de 6 toneladas del producto se realiza con 3 personas y aproximadamente toma 1.2 horas. Seguido se deja escurrir/reposar durante cerca de 15 horas.

A continuación, en el presecado se extiende el cacao en el tendal en una capa fina no mayor a 7 cm, se remueve la capa hasta 5 veces al día y debe permanecer extendido por al menos 5 horas. Este proceso requiere 1 persona por cada 2 toneladas, para extender en 1.25 horas. Recolectar con el mismo personal la extendida toma 1.5 horas. Respecto al espacio se requiere por cada tonelada de cacao fresco 45 m² de tendal.

Luego, en la etapa de fermentación se agrupa el cacao en una ruma y se tapa con lonas para mantener la temperatura entre 40°C a 48°C. Cada ruma tiene 6 toneladas y se fermenta por 6 días en promedio. También se puede colocar el cacao en cajas de fermentación, cada caja contiene alrededor de 1.5 toneladas. Para este proceso se requiere al menos 3 personas, y demora 1.75 horas el movimiento de 2 toneladas. Se requiere 12 m² de tendal por cada 4 toneladas.

Después el secado se puede realizar por 2 alternativas: natural o artificial, el objetivo de esta etapa es alcanzar el 7% de humedad.

El secado natural utiliza la luz solar para disminuir la humedad. Para ello se extiende el cacao en el tendal en una capa fina no mayor a 5 cm y se remueve hasta 3 veces en el día. El secado al sol puede demorar entre 3 a 6 días dependiendo del clima. Se requiere alrededor de 60 m² de tendal por cada tonelada de cacao a secar. Los tiempos de mano de obra son similares a los de presecado. En la Tabla 6, se aprecia un resumen de los requerimientos por vía natural

Tabla 6. Requerimientos de poscosecha por vía natural

Etapa	Tiempo proceso (horas/6 ton)	Mano de obra (horas/6 ton)	Servicios Industriales
Recepción	1.2	3.6	N/A
Escurreido	15.0	0	N/A
Presecado	9.8	18	N/A
Fermentación	144.6	11	N/A
Secado Natural	106.1	12	N/A
Ensacado y Paletizado	1.5	4	1.2 kwh
Total	278.2 horas 11.6 días	48.6 horas hombre	1.2 kwh

Fuente: Elaboración propia

El secado artificial se recoge el cacao con la ayuda del montacargas, y se traslada a la secadora rotativa. El movimiento toma 30 minutos por cada tonelada y se requieren 4 personas. La capacidad de las secadoras rotativas es de 5 toneladas, las cuales toman alrededor de 28 horas en secarse. La remoción se realiza automáticamente cada 2 horas por 15 minutos. La tasa de consumo de insumos industriales por la secadora es: 30 kg/h de gas y 2 kwh de electricidad. Respecto a mano de obra se requiere 1 operario que puede supervisar hasta 8 secadoras. En la Tabla 7, se aprecia un resumen de los requerimientos por etapa de poscosecha siguiendo vía artificial.

Tabla 7. Requerimientos de poscosecha por vía artificial

Etapa	Tiempo proceso (días/6 ton)	Mano de obra (horas/6 ton)	Servicios Industriales
Recepción	1.2	3.6	N/A
Ecurrado	15	0	N/A
Presecado	9.8	18	N/A
Fermentación	144.6	11	N/A
Secado Artificial	26.4	9	64 kwh 960 kg de gas/h
Ensamado y Paletizado	1.5	4.5	1.2 kwh
Total	198.5 horas 8.3 días	46.1 horas hombre	64.2 kwh 960 kg de gas/h

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar por vía natural, el tiempo de proceso es mayor, pero el requerimiento en mano de obra y energético es menor. En cambio, por vía artificial el proceso es más rápido, se necesita similares horas hombre, pero los servicios industriales son mayores.

2.2.2 Diagrama OTIDA

El diagrama se construyó considerando todo el proceso administrativo y operativo. Se establecieron: actividades, tipo de actividad, departamento responsable y tiempo estimado.

Existen 6 actividades que agregan valor, corresponden al 36,94% y toman en promedio 8,93 días. Mientras hay 16 actividades que no agregan valor, corresponde al 63,06% y toman 15,24 días. Además, con la información presentada en el OTIDA se ha inferido el tiempo que corresponde por tipo de actividad, este detalle se puede apreciar en la Tabla 8.

Tabla 8. Actividades del diagrama OTIDA en porcentaje y tiempo

Tipo de Actividad	Numero	Porcentaje (%)	Tiempo (min)	Tiempo (días)
Operación	8	37,3%	12974	9,01
Transporte	2	32,8%	11405	7,92
Inspección	6	0,4%	130	0,09
Demora	5	3,4%	1180	0,82
Almacenamiento	1	26,2%	9120	6,33
TOTAL	22	100,0%	34809	24,17

Fuente: Elaboración propia

Según el diagrama OTIDA el tiempo total del proceso o lead time es de 24,17 días. En la Tabla 9 se observa el diagrama OTIDA del proceso en el centro de acopio.

Tabla 9. Diagrama OTIDA del proceso de cacao fresco a seco

N°	Actividad	Operación 	Transporte 	Inspección 	Demora 	Almacenamiento 	Departamento Responsable	Tiempo estimado (min)
1	Llegada camión de cacao				X		Compras	10
2	Pesaje del camión con cacao			X			Calidad	10
3	Movimiento al área de toma de muestras		X				Operaciones	5
4	Toma de muestra para compra			X			Calidad	15
5	Análisis de calidad			X			Calidad	15
6	Negociación Favorable				X		Compras	10
7	Asignación de Contrato				X		Compras	5
8	Selección del proceso	X					Operaciones	10
9	Recepción	X					Operaciones	70
10	Pesaje del camión sin cacao (liquidación)			X			Calidad	15
11	Escurrido	X					Operaciones	900
12	Presecado	X					Operaciones	585
13	Fermentación	X					Operaciones	7234
14	Secado Natural/Artificial	X					Operaciones	1785
15	Ensayado y Paletizado	X					Operaciones	185
16	Conformación de Lote		X				Operaciones	11400
17	Toma de muestra para venta			X			Calidad	60
18	Análisis de calidad			X			Calidad	15
19	Liberación de Calidad				X		Calidad	1140
20	Fumigación					X	Logística	9120
21	Carga del contenedor	X					Operaciones	45
22	Exportación				X		Logística	15

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Plan de recolección de datos

El centro de acopio cuenta con una base de datos interna, la cual es alimentada por todos los departamentos acorde a sus funciones. Para este proyecto se tomó información de los meses de marzo, abril y mayo, lo cual correspondió a la producción de 40 lotes desde cacao fresco a seco. Cabe destacar que se analizó el 100% de los datos, y estos son de tipo continuos.

Los datos corresponden al tiempo de proceso que ha tomado cada etapa de la poscosecha, el número de horas hombres requeridas y la cantidad de insumos industriales usados. Además, se tomaron los resultados de calidad tanto del grano fresco que ingreso como el grano seco para exportación. El formato de los datos extraídos se muestra en el ANEXO B. A continuación, en la Tabla 10 se observa el listado resumen de los datos requeridos.

Tabla 10. Datos requeridos para medir el proceso

Dato	Tipo de dato	Como se mide	Condiciones Relacionadas	Notas
Tiempo de proceso	Continuo	En horas desde que llega el cacao fresco hasta que se transforma en cacao seco.	a Etapa Poscosecha b Supervisor c Mes d Cantidad de cacao recibido e Número de lote	Se toma de la base de datos interna.
Mano de Obra	Continuo	En horas y número de personas que intervienen		
Servicios Industriales	Continuo	En kwh para la electricidad y en kg por batch para el GLP		
Calidad de cacao fresco	Continuo	En humedad y día de cosecha	Muestra aleatoria tomada en la recepción	Se toma la base de datos del laboratorio de calidad
Calidad de cacao seco	Continuo	En humedad, porcentaje de fermentación, impurezas y aceptación del cliente	Muestra aleatoria tomada en el ensacado	

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Estratificación de la información

En primera instancia se evaluó los datos relacionados a la calidad de la materia prima y el producto final y luego el tiempo de proceso y mano de obra.

Respecto a la calidad de la materia prima, cacao fresco, se basa más en una relación de confianza con el proveedor. Los primeros 6 lotes fueron analizados con humedad y se obtuvo un promedio de 65%. Actualmente el supervisor de poscosecha examina sensorialmente el cacao en aspecto de olor, color y apariencia. Las impurezas están relacionadas a la placenta y presencia de monilla y también son notificadas. Se recomienda incorporar una ficha técnica de materia prima, para identificar y registrar los que proveedores que cumplen con la especificación.

Acerca del producto terminado, el 100% de los lotes producidos durante los meses de marzo a mayo cumplen con las especificaciones del cliente. Por lo tanto, se utilizó la información de los 40 lotes. En la Tabla 11 se observan el promedio y desviación estándar de los atributos de calidad de los lotes producidos.

Tabla 11. Promedio de los atributos de calidad de lotes producidos entre marzo a mayo

Atributo	Valor Promedio
Humedad (%)	6,99 ± 0,28
Peso de 100 Granos (g)	143,6 ± 7,2
Fermentados (%)	85,3 ± 7,8
Violetas (%)	11,7 ± 6,6
Pizarra (%)	3,3 ± 3,8
Moho (%)	0,1 ± 0,2
Impurezas (%)	2,02 ± 0,76

Fuente: Elaboración propia

En el ANEXO C, se observan los datos colectados para la calidad inicial del proceso y en el ANEXO D, se encuentran el análisis estadístico los atributos de calidad usando el software MINITAB V16. Los parámetros de calidad que tienen una distribución normal son: humedad, peso de 100 granos, fermentación y violetas; mientras los atributos de pizarras, moho e impurezas no la cumplen. Se concluye que el peso de 100 granos y la fermentación son estables, y coinciden con ser las características más importantes para el cliente.

De los 40 lotes analizados se nota diferencias considerables en el proceso de secado, así 25 lotes siguieron vía artificial, 12 vía natural, y 3 fueron combinados entre vía natural y artificial. Es importante destacar que existe un incremento de aproximadamente 4 días al escoger vía de secado natural en lugar del secado artificial. Por ello a partir de los meses de junio se ha optado por realizar secado artificial o mixto se decidió Otra razón es que en época lluviosa solo se podría optar por uso de secadoras.

Entonces, a fin de realizar un análisis más preciso y apegado al contexto real del centro de acopio, se tomaron los datos de los 25 lotes que siguieron secado vía artificial. En el ANEXO E se presentan los datos del tiempo de proceso por vía artificial para cada etapa poscosecha. En la Figura 2.3, se presenta el tiempo del proceso de los 25 lotes que siguieron vía artificial distribuidos por etapa poscosecha.

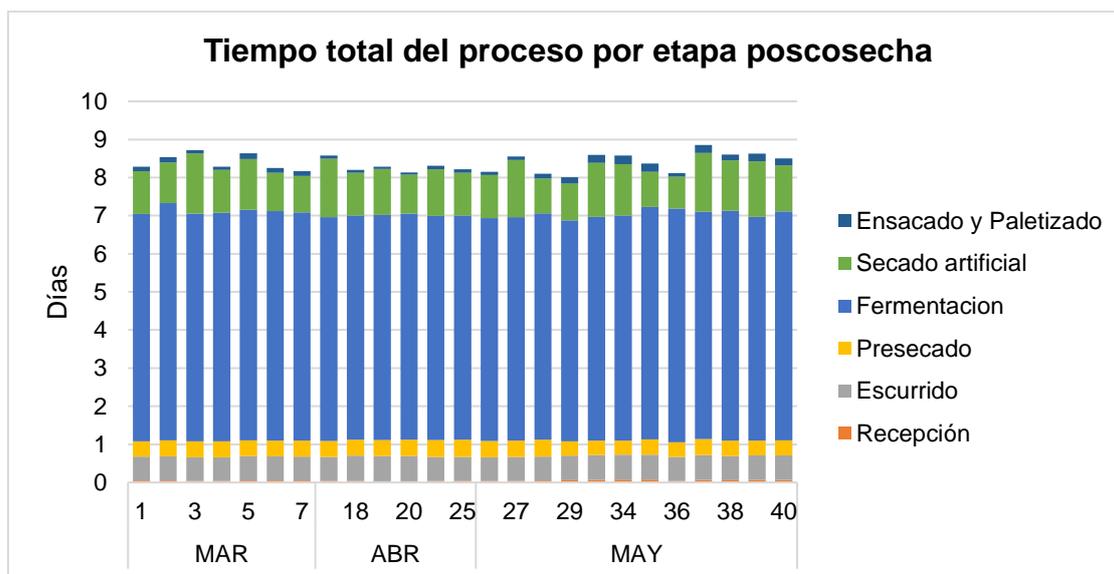


Figura 2.3. Tiempo total del proceso distribuido por las etapas de poscosecha
Fuente: Elaboración propia

Los datos del tiempo de proceso poscosecha fueron analizados en el programa estadístico MINITAB V.16. Así se terminó que los datos siguen una distribución normal y que tienen una asimetría hacia la derecha. El resultado de asimetría es favorable a los propósitos de este proyecto ya que se apegan a un menor tiempo de poscosecha. En la Figura 2.4 se puede apreciar el resumen estadístico de la variable tiempo total de poscosecha en horas.

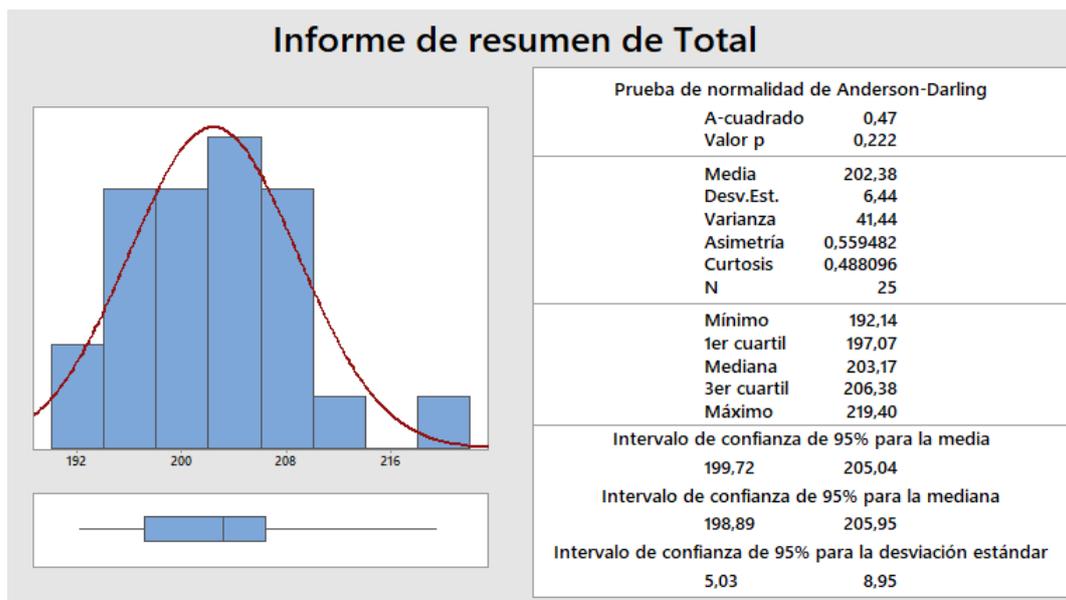


Figura 2.4. Análisis estadístico del tiempo total de proceso con secado por vía artificial
Fuente: Elaboración propia

De igual manera se realizó el análisis estadístico para cada etapa poscosecha, los informes de estos análisis se encuentran en el ANEXO F. Todos los tiempos de las etapas tuvieron una distribución normal. En el caso de la asimetría la mayoría de etapas se apegan a la derecha con excepción del presecado que se apegan a la izquierda. En la Tabla 12, se aprecia los valores promedio de cada etapa poscosecha para los 25 lotes.

Tabla 12. Promedio del tiempo de proceso por etapa poscosecha con secado artificial.

Etapa Poscosecha	Valor Promedio (horas)
Recepción	1,2 ± 0,3
Escurrido	15,3 ± 0,3
Presecado	9,8 ± 0,8
Fermentación	145,4 ± 7,3
Secado artificial	28,8 ± 5,3
Ensayado y Paletizado	3,1 ± 1,3
TOTAL	203,6 ± 8,6

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de determinar que etapa concentra el mayor tiempo de proceso, se ha elaborado un diagrama de Pareto. En la Figura 2.5 se observa la distribución de tiempo del proceso en horas por etapa poscosecha.

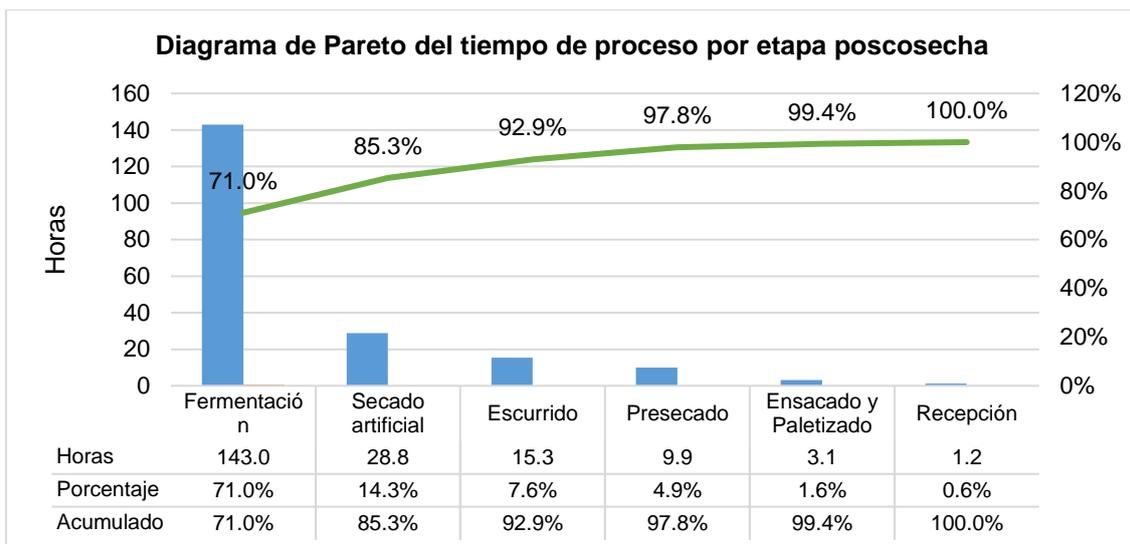


Figura 2.5. Diagrama de Pareto del tiempo de proceso distribuido por etapa poscosecha

Fuente: Elaboración propia

De este gráfico se puede concluir que las etapas que concentran el 85.3% del tiempo de proceso son la fermentación y el secado artificial. La fermentación es un proceso diferenciador para el cliente, por lo que el rediseño de la etapa excluye el tiempo de fermentación. Existe oportunidad de mejora en el traslado del cacao fermentado a las secadoras, por lo que se analiza a detalle el transporte.

Otra característica importante para el cliente es el precio. La reducción del tiempo de proceso poscosecha contribuye a reducir su costo operativo. Sin embargo, uno de los costos que más aporta al costo es la mano de obra. Cerca del 50% de los costos operativos están relacionados a la mano de obra. Por ello si se desea mejorar los precios es imperativo identificar la etapa del proceso que concentra más horas hombre. En la Figura 2.6 se presentan todas las mediciones de las horas hombre distribuidas por etapas poscosecha.

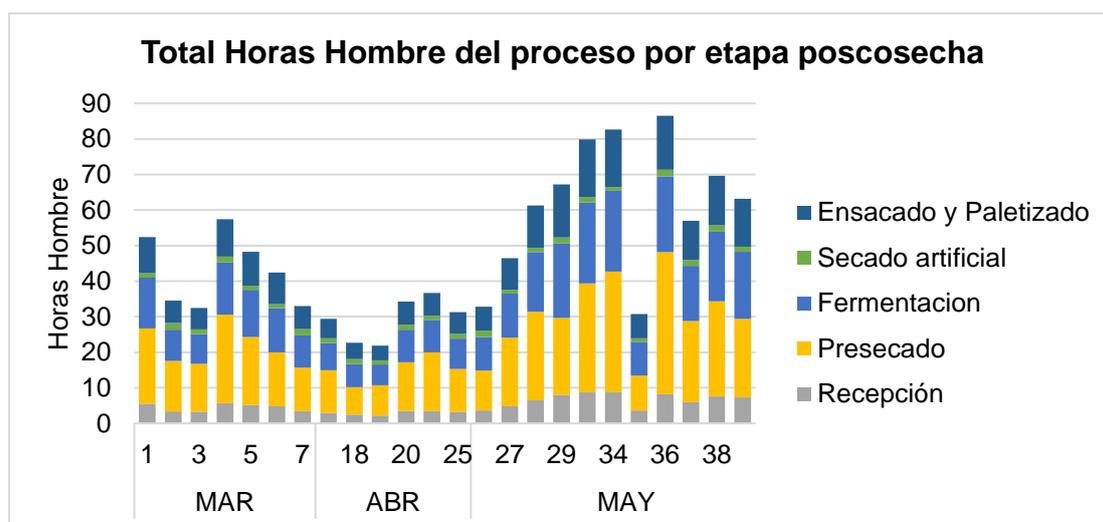


Figura 2.6. Horas hombre del proceso distribuido por las etapas de poscosecha.

Fuente: Elaboración propia

En el ANEXO G, se observan los datos de las horas hombre que fueron requeridas para 25 lotes donde se utilizó el de secado por vía artificial. Es importante destacar que la etapa de escurrido no emplea mano de obra.

Estos datos de hora hombre se examinaron en con el software MINITAB V.16 para determinar si siguen una distribución normal. En la Figura 2.7 se aprecia el resumen estadístico de las horas hombre totales requeridas durante el proceso. Así se determina que los datos siguen una distribución normal con asimetría a la derecha.

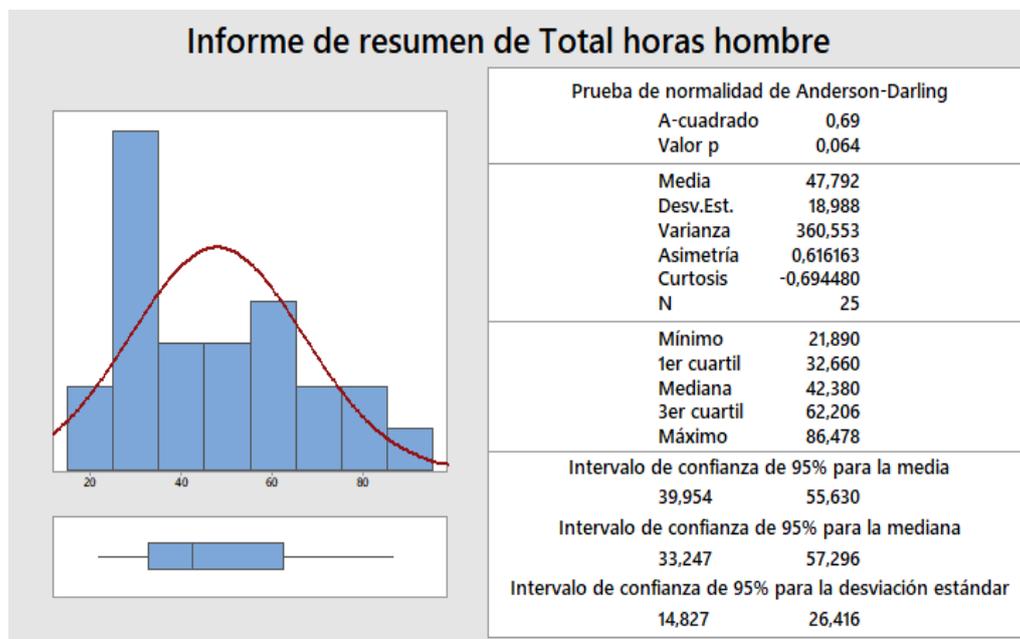


Figura 2.7. Análisis estadístico de las horas hombre requeridas en el de proceso.
Fuente: Elaboración propia

En el ANEXO H se encuentran los informes estadísticos de cada una de las horas hombre utilizadas. Todas las horas hombre por etapa siguieron una distribución normal y con asimetría a la izquierda. En la Tabla 13, se observa las horas hombre promedio por cada etapa poscosecha para los 25 lotes.

Tabla 13. Promedio de las horas hombre utilizadas por etapa poscosecha

Etapa Poscosecha	Valor Promedio (horas hombre)
Recepción	5,1 ± 2
Presecado	18,7 ± 8,2
Fermentación	13,2 ± 5,3
Secado artificial	1,4 ± 0,3
Ensacado y Paletizado	9,4 ± 3,8
TOTAL	47,8 ± 19

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se debe establecer en qué etapa poscosecha se concentra el mayor uso de mano de obra. Con este propósito se ha realizado un diagrama de Pareto, Figura 2.8, que contiene la distribución de las horas hombre por etapa poscosecha.

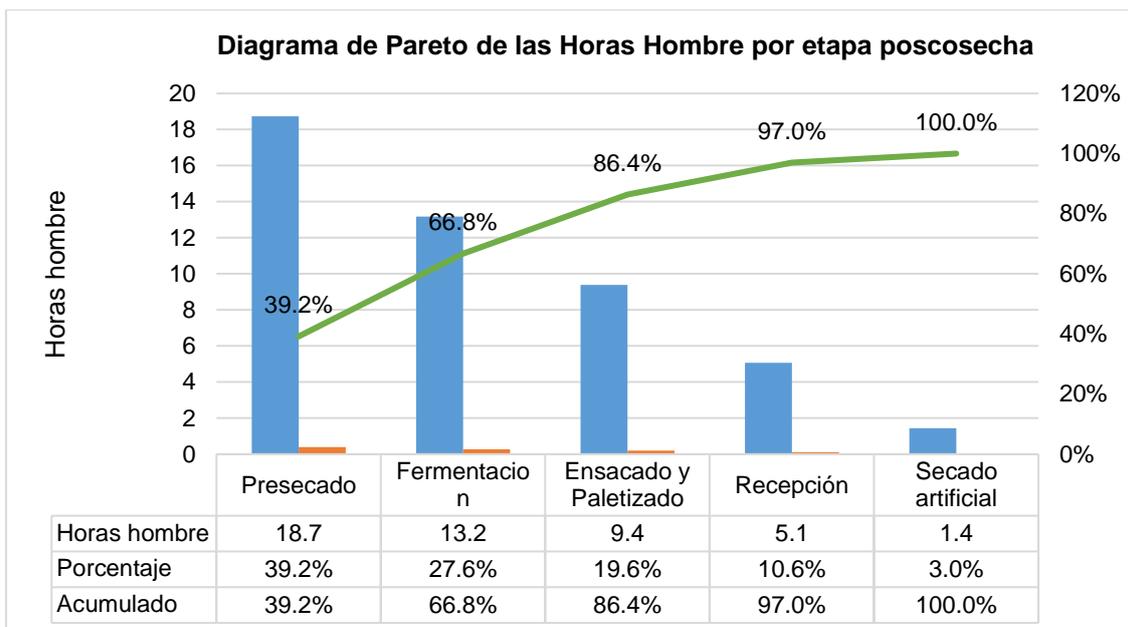


Figura 2.8. Diagrama de Pareto de la mano de obra distribuido por etapa poscosecha
Fuente: Elaboración propia

Del Pareto se establece que las etapas que reúnen el 66.8% del tiempo de proceso son el presecado y la fermentación. El presecado agrupa el 39.2% de la mano de obra del proceso poscosecha. El equipo de investigación y desarrollo ha determinado que el proceso de presecado puede ser remplazado por el desbabado. El desbabado consiste en usar una máquina para retirar el exceso de pulpa. Esto permite una reducción significativa de la mano de obra a la vez de disminuir el tiempo de proceso al eliminar las etapas de escurrido y presecado.

2.2.5 Capacidad del proceso actual

Primero se debe determinar la estabilidad del proceso, para ello se transformó el tiempo de proceso a días. A continuación, en la Figura 2.9 se presenta la carta de control del proceso obtenido del software estadístico. En la gráfica se puede apreciar que el proceso es estable, ya que sus tiempos de proceso se encuentran entre 7,7 y 9,1 días.

Luego se realizó el análisis de capacidad, que se presenta en la Figura 2.10. Es importante destacar que solo se considera un límite superior de 10 días y se ha establecido un objetivo de 8 días de proceso. Del gráfico se puede determinar que no es posible conocer el cp del proceso porque no se tiene un límite inferior definido y que el cpk es de 2,34 lo que quiere decir que está bastante movido a la izquierda.

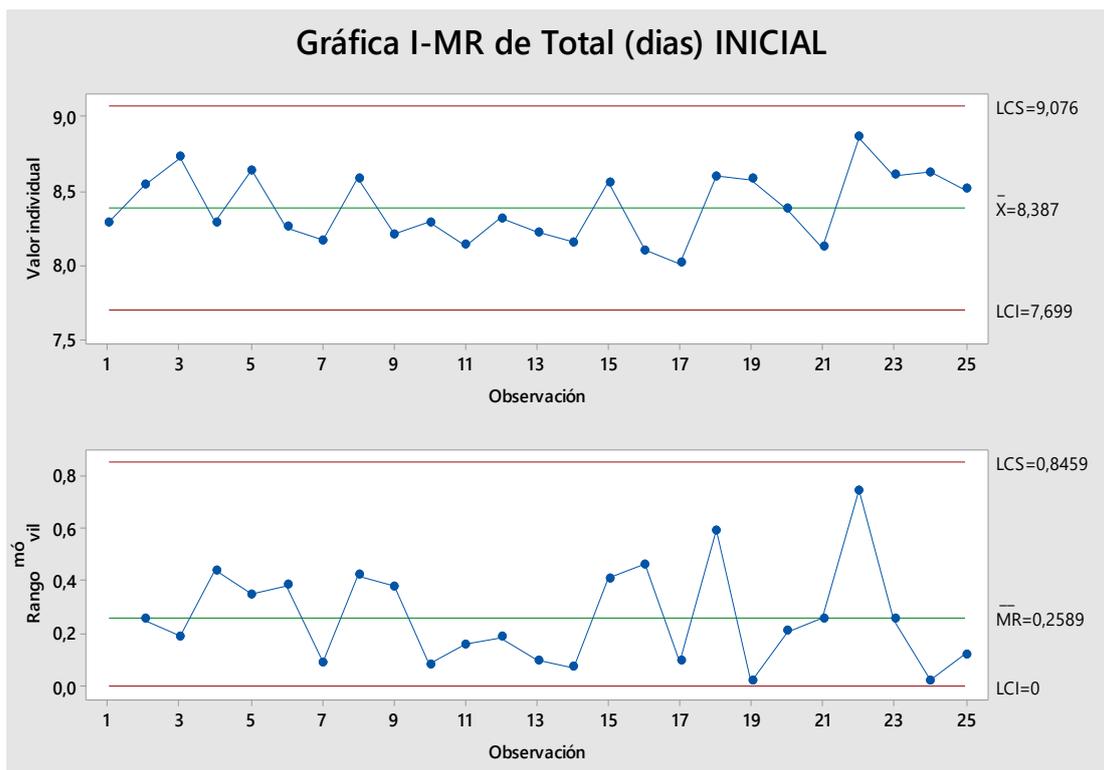


Figura 2.9. Carta de control del tiempo de proceso poscosecha inicial en días
Fuente: Elaboración propia

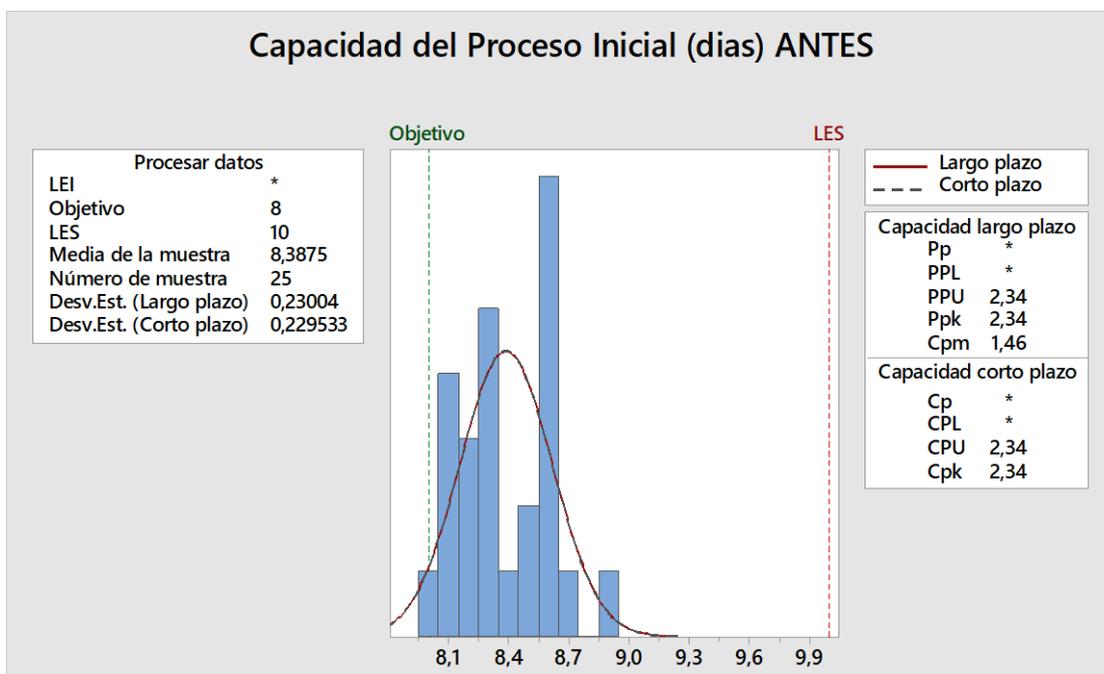


Figura 2.10. Análisis de capacidad del proceso poscosecha inicial
Fuente: Elaboración propia

2.2.6 Problema enfocado

Se ha determinado dos problemas enfocados en el presecado y en la fermentación. En ambos casos se requiere incorporar equipos que contribuyan a la disminución de tiempos de proceso. A continuación, se presentan los problemas enfocados.

Problema enfocado 1:

- | | |
|-------------|--|
| a. ¿Qué? | 71.0% del tiempo de proceso se genera en la fermentación |
| b. ¿Cómo? | El traslado del cacao fermentado es manual |
| c. ¿Cuál? | No aplica |
| d. ¿Cuándo? | En todos los lotes de producción de marzo a mayo |
| e. ¿Dónde? | Desde el área de fermentación a las secadoras |
| f. ¿Quién? | No depende del operador |

Existe un alto tiempo de proceso en la etapa de fermentación: ya que el traslado del cacao fermentado es manual, ocurre en todos los lotes de producción de marzo a mayo, no tiene una relación con el operador.

Problema enfocado 2:

- | | |
|-------------|--|
| a. ¿Qué? | 39.2% de horas hombre se requieren en el presecado |
| b. ¿Cómo? | Es un proceso manual que demanda alta mano de obra |
| c. ¿Cuál? | No aplica |
| d. ¿Cuándo? | En todos los lotes de producción de marzo a mayo |
| e. ¿Dónde? | En el tendal |
| f. ¿Quién? | No depende del operador |

Existe una alta demanda de mano de obra en la etapa de presecado ya que es una operación manual, ocurre en todos los lotes de producción de marzo a mayo, no tiene una relación con el operador.

CAPÍTULO 3

3. PROCESO ACTUAL

En este capítulo se muestra la continuación del uso de la metodología DMAIC con las etapas analizar, mejorar y controlar. En la fase Analizar se determina las causas raíces de los problemas enfocados. Luego en etapa Mejorar se definen los cambios a realizar y finalmente en Controlar se toma mediciones del proceso actual/mejorado para visualizar el impacto generado.

3.1 Analizar

En esta fase se desplegaron 4 herramientas para analizar los problemas enfocados. Del análisis se desprendieron las causas raíces, que deben solventarse mediante alternativas de mejora. Las herramientas a usar son: diagrama de Ishikawa, matriz causa efecto, matriz impacto esfuerzo y plan de verificación.

El primer problema enfocado se encuentra en la etapa de fermentación por un alto tiempo de proceso. La fermentación se realiza en rumas de cacao, las cuales después de 2 días requieren remoción, concluida la fermentación se traslada a las secadoras. Ya que el tiempo de proceso no se puede modificar, se ha encaminado el análisis del tiempo de proceso en las remociones y traslados a la secadora. A continuación, en la Figura 3.11 se observa el diagrama de Ishikawa del problema enfocado 1.

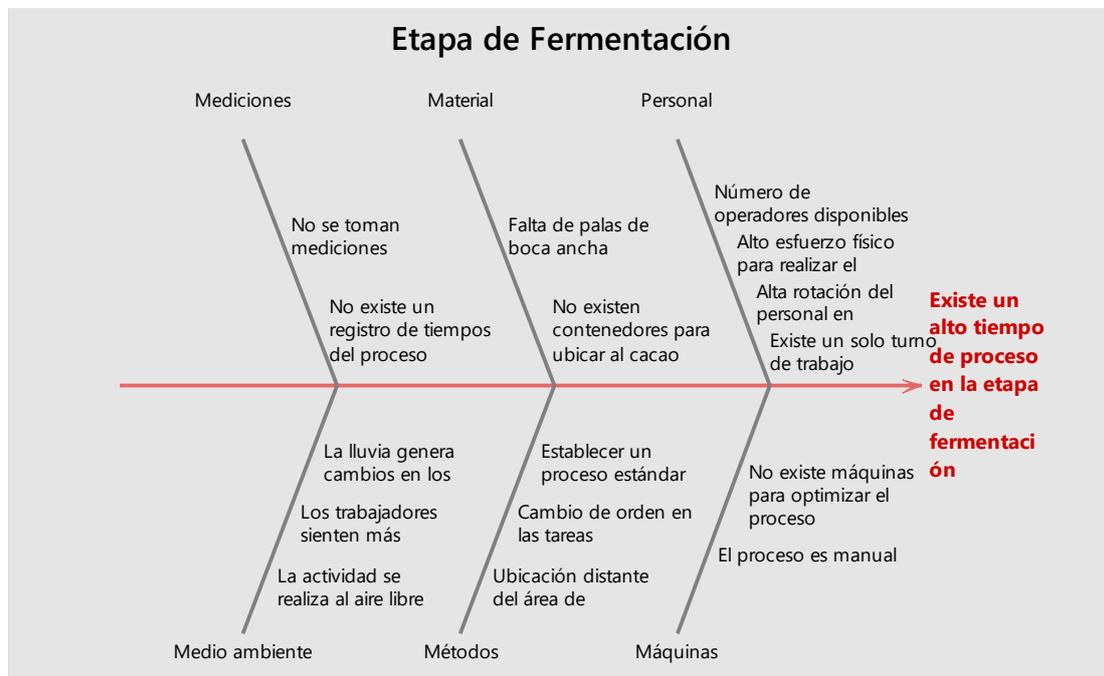


Figura 3.11. Diagrama de Ishikawa para problema enfocado en la etapa de fermentación

Fuente: Elaboración propia

El segundo problema enfocado se relaciona con la etapa de presecado porque esta aglomera el 39% de las horas hombre requeridas durante todo el proceso poscosecha. El objetivo del presecado es reducir la humedad del mucílago de cacao y concentrar los azúcares que serán consumidos por microorganismos en la fermentación. El proceso puede demorar un día, sin embargo, demanda una considerable mano de obra. En la Figura 3.12 se visualiza el diagrama de Ishikawa del problema enfocado 2



Figura 3.12. Diagrama de Ishikawa para problema enfocado en la etapa de presecado
Fuente: Elaboración propia

Luego las causas raíces identificadas en dos diagramas de Ishikawa, se han colocado en dos matrices causa efecto. Se ha solicitado a 3 expertos que realicen una calificación a cada causa raíz acorde a su relación con el problema enfocado. Los 3 expertos son: el líder del centro de acopio, el supervisor del turno 1 y el supervisor del turno 2. La calificación de impacto es: nula equivale a 0, débil a 1, media a 3 y fuerte a 9.

Los puntajes dados por cada experto a cada causa, se han sumado al final de las tablas. Se han seleccionado como causas raíces principales, las que tienen mayor puntaje. En las tablas se las identifica con un número al inicio y resaltadas en negritas. En las Tablas 14 y 15, se aprecian las calificaciones dadas para cada problema enfocado 1 y 2 respectivamente.

Tabla 14. Matriz Causa Efecto del problema enfocado en la etapa de fermentación

Causas	E1	E2	E3	TOTAL
1 El proceso es manual	9	9	9	27
2 No existe máquinas para optimizar el proceso	9	9	9	27
3 Número de operadores disponibles	3	3	9	15
Alto esfuerzo físico para realizar el traslado	3	3	1	7
Alta rotación del personal en poscosecha	3	3	1	7
Existe un solo turno de trabajo	3	1	3	7
Falta de palas de boca ancha	1	1	1	3
No existen contenedores para ubicar al cacao fermentado	3	1	3	7
Ubicación distante del área de fermentación	3	3	3	9
Cambio de orden en las tareas	1	3	3	7
4 Establecer un proceso estándar	9	9	3	21
La actividad se realiza al aire libre	1	3	1	5
Los trabajadores sienten más cansancio en un día soleado	3	3	1	7
5 La lluvia genera cambios en los procesos	9	3	3	15
No se toman mediciones	3	3	1	7
No existe un registro de tiempo de proceso	3	3	1	7

E=Experto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Matriz Causa Efecto del problema enfocado en la etapa de presecado

Causas	E1	E2	E3	TOTAL
1 El proceso es manual	9	9	9	27
2 No existe máquinas para optimizar el proceso	9	9	9	27
3 Número de operadores disponibles	3	9	3	15
4 Alto requerimiento de personal	3	9	3	15
Piso del tendal con material que evita el calentamiento directo del cacao	3	3	3	9
Requiere amplio espacio para el presecado	3	3	3	9
No se tiene ficha técnica para control de materia prima	1	3	1	5
Se determina el fin de presecado con prueba cualitativa	3	1	1	5
5 Bajo rendimiento del proceso	9	3	3	15
6 Establecer un proceso estándar	9	9	3	21
El clima incide directamente en el tiempo de presecado	3	3	3	9
La lluvia genera cambios en los procesos	3	3	3	9
No se toman mediciones	9	3	1	13
No existe un registro de tiempo de proceso	9	3	1	13

E=Experto

Fuente: Elaboración propia

Luego las causas raíces se han colocado dentro de la matriz impacto-esfuerzo, con la finalidad de dar prioridad a las causas que tengan un alto impacto al menor esfuerzo. En las Figuras 3.13 y 3.14 se observa las causas seleccionadas ubicadas en el cuadrante respectivo para cada problema enfocado.



Figura 3.13. Matriz impacto esfuerzo de la etapa de fermentación
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.14. Matriz impacto esfuerzo de la etapa de presecado
Fuente: Elaboración propia

En ambos casos se han seleccionado las causas: el proceso es manual, no existen máquinas para optimizar el proceso y estandarizar el proceso. Ya que para estandarizar el proceso primero se requiere adquirir equipos que ayuden a reducir los tiempos de proceso. Aunque el obtener un equipo requiere un esfuerzo económico mayor se esperaría que un tiempo máximo de 5 años haya retornado la inversión.

Después se han colocado las 3 causas identificadas para cada problema enfocado en un plan de verificación. Luego a través de un Gemba se ha comprobado la teoría de su repercusión y se ha considerado algunos detalles adicionales que pueden ser de utilidad. En las Tablas 16 y 17 se describe el plan de verificación para el problema enfocado 1 y 2 respectivamente.

Tabla 16. Plan de verificación del problema enfocado en la etapa de fermentación

Causa Potencial	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificar?	Resultado
El proceso es manual	Al ser un proceso manual, toneladas de cacao se trasladarán a una tasa de 500 kg/h por persona. En consecuencia, el tiempo de traslado es extenso y además puede aumentar en caso de no contar con suficientes operadores.	Gemba: Verificar el tiempo total requerido por tonelada y el número promedio de operadores que realizan la actividad.	La tasa de traslado por persona es de 591 kg/h. Número de operadores promedio es de 4. En promedio trasladar 6 toneladas de cacao fermentado toma 3.5 horas y 1.5 hora la descarga.
No existe máquinas para optimizar el proceso	Actualmente el único equipo es un montacargas. Se requiere colocar el cacao en sacas y las mismas sobre un pallet para poder trasladar a las secadoras. Por lo tanto, el traslado del cacao fermentado contribuye al tiempo de fermentación.	Gemba: Verificar que si existen otros equipos.	Además del montacargas existe un traspaleta, sin embargo, este equipo es de menor capacidad y requiere de esfuerzo físico para mover el producto.
Establecer un proceso estándar	Al no existir un proceso estándar pueden surgir mayores fluctuaciones en los tiempos de fermentación, además de incidir en la calidad final del producto.	Gemba: Verificar mediante conversación con los operadores a fin de conocer como cada uno describe el proceso.	Existen variaciones en el proceso, se puede tener una fluctuación de 2 días de diferencia en el proceso de fermentación por diversas razones. El proceso de traslado a veces se lo ha realizado en big bags.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Plan de verificación del problema enfocado en la etapa de presecado

Causa Potencial	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificar?	Estado
El proceso es manual	Un proceso manual depende del criterio del operador y su ritmo de trabajo. En consecuencia, a mayor materia prima mayor requerimiento de mano de obra.	Gemba: Verificar el número de horas hombre promedio requeridas por tonelada.	En promedio se requieren 2.25 horas hombre para presecar cada tonelada de cacao fresco

Causa Potencial	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificar?	Estado
No existe máquinas para optimizar el proceso	Al momento no se cuenta con ningún equipo para el proceso de presecado. Las herramientas son: sacas, rastrillos y recogedores.	Gemba: Verificar si existe algún equipo dentro de las instalaciones que ayude al proceso de presecado	No existe un equipo que contribuya a disminuir las horas hombre requeridas para el presecado
Establecer un proceso estándar	De no tener un proceso estandarizado, no se puede controlar el ratio de avance que debe tener cada operador. Por lo tanto, se pueden generar más horas hombre durante el proceso.	Gemba: Verificar si se cuenta con una distribución de actividades entre los operadores, o un control de avance.	No tienen un tiempo establecido para terminar la actividad, los supervisores cada 1.5 horas, consultan el avance.

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los planes de verificación del presecado y la fermentación se encontraron datos adicionales al proceso y se corroboró la teoría de impacto. En ambos casos no existe un equipo/material que pueda ayudar a disminuir tiempos de proceso y también se carece de un procedimiento estándar.

3.2 Mejorar

En esta fase se utilizan las herramientas de: lluvia de ideas de mejora, matriz de prioridad, hojas de especificación de equipos, análisis de costos y retorno de la inversión, diagrama de Gantt, y el OTIDA con el nuevo proceso. Los departamentos que intervinieron fueron: operaciones, investigación y desarrollo, calidad y compras.

En la lluvia de ideas participaron las áreas de: operaciones, calidad e investigación, con un total de 12 personas. Se dividió a los participantes en 3 equipos, cada equipo de trabajo aportó con varias ideas. Luego de encontrar puntos en común se depuraron las principales ideas de mejora que se observan en la Tabla 18.

Tabla 18. Ideas de mejora para el proceso de poscosecha

Ítems	Alternativas
A	Incorporar un minicargador para el traslado del cacao fermentado
B	Adquirir una desbabadora y reemplazar el proceso de presecado por el desbabado
C	Estandarizar el proceso de desbabado
D	Estandarizar el proceso de fermentación considerando el minicargador
E	Contar con una ficha técnica para el control del cacao en baba que ingresa
F	Acercar el área de fermentación a la zona de las secadoras
G	Registrar las mediciones más importantes por etapa de poscosecha
H	Capacitar al personal sobre las mejoras incorporadas al proceso de poscosecha

Fuente: Elaboración propia

Luego con los mismos grupos de trabajo, se evaluó los beneficios más importantes que se desean alcanzar, a estos se les asignó un peso. Cada alternativa fue calificada del 1 al 10, donde 1 es bajo y 10 es alto aporte al beneficio. Finalmente se multiplicó el peso del beneficio por la calificación de cada alternativa, luego se sumaron los valores obtenidos por alternativa y se obtuvo el total ponderado que se visualiza en la Tabla 19.

Tabla 19. Matriz de prioridad de las alternativas de mejora

BENEFICIOS	Peso	CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Disminuir el tiempo de proceso	10	10	10	6	7	3	4	4	3
Disminuir los costos operativos	8	9	9	5	6	2	4	3	3
Estandarizar los procesos	7	8	9	10	9	8	1	8	5
Mejorar con bajo presupuesto	4	1	3	7	7	8	4	7	5
Controlar el proceso	4	6	7	8	7	8	1	9	5
Mantener la calidad del producto	5	8	6	10	10	9	1	8	7
TOTAL PONDERADO		296	305	280	287	211	104	224	164
PRIORIDAD		2	1	4	3	6	8	5	7

Fuente: Elaboración propia

Las 2 alternativas que tuvieron mayor calificación fueron: adquirir una desbabadora y reemplazar el proceso de presecado por el desbado e incorporar un minicargador para el traslado del cacao fermentado. Seguidos por la estandarización de los procesos de fermentación y desbado. Por ello en un trabajo conjunto entre el equipo de operaciones investigación y desarrollo y compras se procedió a cotizar equipos que cumplan con los requerimientos operativos. En la Tabla 20 y 21 se presentan las características técnicas de la desbabadora y minicargador que se seleccionaron.

Tabla 20. Ficha técnica de la desbabadora

DESBABADORA	
Fabricante: WILPAC	N° requerido: 1
Función: Retirar el 20% de exceso de mucilago presente en el cacao fresco y depositar los granos en una tolva para que después sean trasladados al área de fermentación.	
Operación: Continuo	
Datos del Diseño:	
<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: longitud 2.4 metros, ancho 77 centímetros, alto 1.54 metros • Capacidad: 3000 kg/h • Potencia del motor: 5 HP 	
Material: Acero inoxidable ANSI 304	
Principio de operación: El equipo posee paletas internas de acero inoxidable accionadas por un motor de 5 HP a 1750 rpm de movimiento circular rotativo que por fricción genera el desprendimiento del mucilago (baba) presente en los granos frescos de cacao direccionándolos hacia una pequeña tolva de alimentación que le permite el envasado directo en las tolvas para su posterior proceso de fermentación.	
Esquema de equipo:	
	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Ficha técnica del minicargador

MINICARGADOR	
Fabricante: JOHN DEER	N° requerido: 1
Función: Agrupar y transportar grano de cacao fermentado hasta las secadoras para iniciar el proceso de secado.	
Operación: Batch	
Datos del Diseño:	
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de operación nominal: 1000 kg • Potencia Bruta: 44 kW (60 CV) a 2.600 rpm • Peso operativo: 2806 kg 	
Modelo: 316GR IT4	
Principio de operación: El equipo posee un motor de 4 cilindros de potencia de 44 kW con su implemento tipo pala de capacidad de 2.8 TM permitirá agrupar, transportar y alimentar de grano fermentado a las secadoras para iniciar el proceso de secado.	
Esquema de equipo:	
<p style="text-align: center;">MINICARGADORES 312GR/316GR</p>	

Fuente: Elaboración propia

Luego conforme a los procesos internos de la empresa se justificó la inversión a través de un análisis de costo beneficio del proyecto. Para ello se consideró la cantidad de cacao fresco que se prevé procesar, los gastos por mantenimiento y servicios industriales y el ahorro que representa la disminución de la mano de obra.

A la fecha el costo de: el galón de diésel es 3.15 dólares, el kwh de energía eléctrica es 0.09 dólares, el kg de gas licuado de petróleo es 0.91 dólares, y la hora hombre es 3.51 dólares. Además, se considerará que cada año se procesará mil toneladas de cacao fresco y se incrementará 1000 más cada año, hasta el año 5 donde se estabiliza en 5000 toneladas. En la Tabla 22 se observa el análisis de costos beneficio por la compra de la desbadora y el minicargador.

Según el análisis costo beneficio a los 2.5 años habrá retornado la inversión del proyecto. En consecuencia, la compra de los equipos es viable y va a generar un ahorro importante para la empresa. A partir del año 3 la compañía podría ahorrar sobre los 40 mil dólares anuales por concepto de disminución en mano de obra.

Tabla 22. Análisis de Costo Beneficio del proyecto.

Cacao Fresco (Ton)	1000	2000	3000	4000	5000
Años	1	2	3	4	5
Compra del Minicargador	-40000				
Compra de la Desbabadora	-7000				
Mantenimiento	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400
Devaluación	-4700	-4700	-4700	-4700	-4700
Diésel Industrial	-5730	-6303	-6934	-7627	-8390
Energía Eléctrica	-494	-989	-1483	-1977	-2472
Ahorro en mano de Obra	18946	37893	56838	75785	94731
TOTAL ANUAL	-41379	23501	41321	59081	76770
TOTAL ACUMULADO	-41379	-17878	23444	82524	159294

Fuente: Elaboración propia

Para la implementación del proyecto han intervenido los departamentos de: compras, operaciones e investigación y desarrollo. Cabe destacar que los oferentes de equipos realizaron pruebas piloto para determinar su el impacto del equipo ofertado a la disminución del requerimiento de la mano de obra. El desarrollo del todo el proyecto tomó alrededor de 2 meses. Además, durante la puesta en marcha se capacitó al personal sobre el uso de los nuevos equipos. En la Tabla 23 se aprecia el diagrama de Gantt del desarrollo del proyecto en que constan: tareas, responsables y tiempos dados a cada actividad.

Tabla 23. Diagrama de Gantt de la implementación del proyecto

N°	TAREA	ENCARGADO	FECHA INICIAL	DÍAS	JUNIO				JULIO					
					S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	
1	Definición de características técnicas de los equipos	Operaciones	2-Jun	1	■									
2	Selección de proveedores	Compras y Operaciones	3-Jun	3	■	■								
3	Solicitud de cotizaciones	Compras	7-Jun	1		■								
4	Evaluación de las cotizaciones	Compras y Operaciones	13-Jun	11			■	■						
5	Revisión y aprobación de la solicitud de compra	Compras	27-Jun	4					■					
6	Negociación del contrato y aprobación	Compras	4-Jul	4						■				
7	Recepción del equipo	Operaciones	14-Jul	1							■			
8	Evaluación y revisión del equipo en planta	Operaciones	18-Jul	1									■	
9	Pruebas piloto	Operaciones	20-Jul	6									■	■
10	Funcionamiento y puesta en marcha para el proceso	Operaciones	27-Jul	2										■

Fuente: Elaboración propia

Una vez implementado el proyecto, se realizó el diagrama OTIDA del nuevo proceso considerando las mejoras y reemplazo del proceso de presecado por el de desbabado. Cabe destacar que se han colocado tiempos ideales o teóricos que se esperan alcanzar por el equipo operativo. En la Tabla 24, se observa el nuevo diagrama con las mejoras implementadas.

Tabla 24. Diagrama OTIDA del proceso de cacao fresco a seco mejorado

N°	Actividad	Operación 	Transporte 	Inspección 	Demora 	Almacenamiento 	Departamento Responsable	Tiempo estimado (min)
1	Llegada camión de cacao				X		Compras	10
2	Pesaje del camión con cacao			X			Calidad	10
3	Movimiento al área de toma de muestras		X				Operaciones	5
4	Toma de muestra para compra			X			Calidad	15
5	Análisis de calidad			X			Calidad	15
6	Negociación Favorable				X		Compras	10
7	Asignación de Contrato				X		Compras	5
8	Selección del proceso	X					Operaciones	10
9	Recepción	X					Operaciones	20
10	Pesaje del camión sin cacao (liquidación)			X			Calidad	15
11	Desbabado	X					Operaciones	60
12	Escurrido	X					Operaciones	600
13	Fermentación	X					Operaciones	6160
14	Secado Natural	X					Operaciones	2950
15	Secado Artificial	X					Operaciones	700
16	Enscado y Paletizado	X					Operaciones	180
17	Conformación de Lote		X				Operaciones	11400
18	Toma de muestra para venta			X			Calidad	60
19	Análisis de calidad			X			Calidad	15
20	Liberación de Calidad				X		Calidad	1140
21	Fumigación					X	Logística	9120
22	Carga del contenedor	X					Operaciones	45
23	Exportación				X		Logística	15

Fuente: Elaboración propia

3.3 Controlar

Finalmente, en la fase controlar se compara el antes y después del proceso con el objetivo de mantener la mejora. Se presenta las similitudes y diferencias entre los diagramas OTIDA del proceso inicial y final, además de los requerimientos de mano de obra y servicios industriales, atributos de calidad, tiempos de proceso y análisis de capacidad.

En la Tabla 25 se presenta un resumen del diagrama OTIDA del proceso mejorado según el tipo de actividad. El 33% de las actividades agregan valor mientras el 67% restante no agregan valor. Al comparar el tiempo de proceso inicial versus el actual se ha reducido en casi 1.5 días, es decir ahora el tiempo total de proceso es de 22.61 días.

Tabla 25. Actividades del diagrama OTIDA en porcentaje y tiempo del proceso actual

Tipo de Actividad	Numero	Porcentaje (%)	Tiempo (min)	ACTUAL	INICIAL
				Tiempo (días)	Tiempo (días)
Operación	9	33%	10725	7.45	9.01
Transporte	2	35%	11405	7.92	7.92
Inspección	6	0%	130	0.09	0.09
Demora	5	4%	1180	0.82	0.82
Almacenamiento	1	28%	9120	6.33	6.33
TOTAL	23	100.0%	32560	22.61	24.17

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a requerimientos de mano de obra y servicios industriales, en la Tabla 26 se presentan los valores por etapa poscosecha. La mano de obra se ha reducido en 21.6 horas y los servicios industriales han disminuido a la mitad en el consumo de GLP, pero se ha incrementado el consumo de energía eléctrica y adicionado el gasto de diésel.

Tabla 26. Requerimientos del proceso mano de obra y servicios industriales

Etapa	Tiempo proceso (horas/6 ton)	Mano de obra (horas/6 ton)	Servicios Industriales
Recepción	0.32	1	N/A
Desbabado	0.99	2	3.7 kwh
Escurreado	10.88	0	N/A
Fermentación	103.51	7	28 L diésel
Secado Natural	48.93	6	N/A
Secado Artificial	11.90	4	45 kwh 480 kg de GLP
Ensamado y Paletizado	1.49	4.5	1.2 kwh
Total ACTUAL	178.02	24.5	49.9 kwh 480 kg de GLP 28 L diésel
Total INICIAL	198.5	46.1	65.2 kwh 960 kg/h

Fuente: Elaboración propia

En los meses de agosto, septiembre y octubre se produjeron 25 lotes, los cuales corresponden al nuevo proceso de poscosecha. La información registrada sobre la calidad de los lotes se observa en ANEXO I. A estos datos se los analizó estadísticamente para asegurarse que sean confiables y que siguen una distribución normal, en el ANEXO J se puede revisar su resumen

Luego se realizó un promedio de cada atributo y se determinó la desviación estándar la cual se presenta en la Tabla 27. Al comparar los atributos de calidad entre el proceso inicial y el actual se determinó que no hay diferencias significativas entre ellos. Es decir, las mejoras no han afectado la calidad del producto.

Tabla 27. Promedio de los atributos de calidad de lotes producidos entre agosto a octubre

Atributo	ACTUAL	INICIAL
	Valor Promedio	Valor Promedio
Humedad (%)	7.01 ± 0.18	6.99 ± 0.28
Peso de 100 Granos (g)	142.6 ± 6.7	143.6 ± 7.2
Fermentados (%)	87 ± 6.7	85.3 ± 7.8
Violetas (%)	10.2 ± 5.7	11.7 ± 6.6
Pizarra (%)	2.7 ± 2.4	3.3 ± 3.8
Moho (%)	0 ± 0.2	0.1 ± 0.2
Impurezas (%)	2.16 ± 0.74	2.02 ± 0.76

Fuente: Elaboración propia

En el ANEXO K se muestran los datos del tiempo de proceso para cada etapa poscosecha de los 25 lotes producidos en los meses entre agosto a octubre, donde se realizó el proceso mejorado. En la Figura 3.15 se observa el tiempo en días que requiere cada etapa poscosecha. La fermentación sigue siendo el tiempo más demorado al comparar con el resto de etapas.

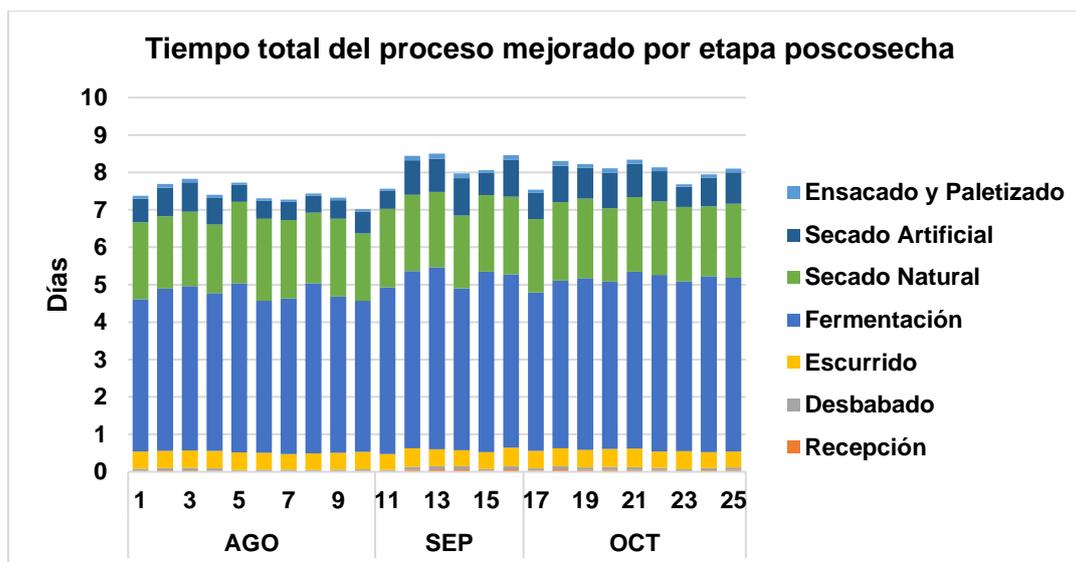


Figura 3.15. Tiempo total del proceso mejorado distribuido por las etapas de poscosecha

Fuente: Elaboración propia

En el programa estadístico MINITAB V.16 se realizaron los análisis estadísticos para cada tiempo de las diferentes etapas de poscosecha. En el ANEXO L reposan los informes estadísticos, donde se observa una distribución normal con una ligera asimetría hacia la izquierda. En la Figura 3.16 se puede apreciar el resumen estadístico de la variable tiempo total de poscosecha, con una distribución normal y una media de 7.8 días.

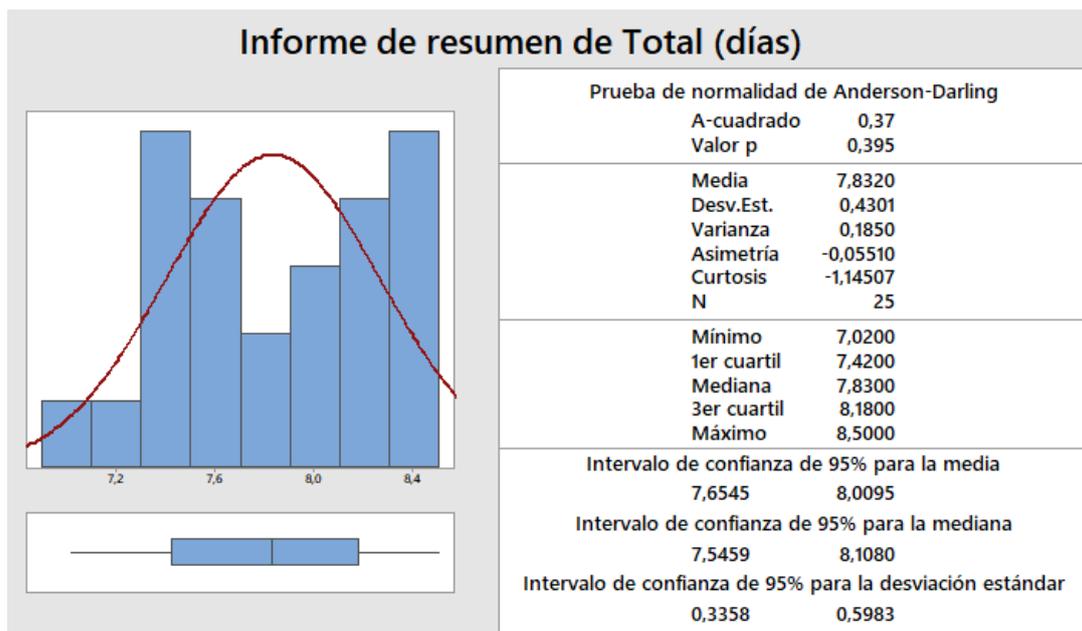


Figura 3.16. Análisis estadístico del tiempo total de proceso poscosecha actual
Fuente: Elaboración propia

Luego los datos del proceso poscosecha fueron analizados referente a estabilidad. En la Figura 3.17 se observa que el proceso es estable, ya que todos los datos se encuentran dentro de los límites determinados por el programa.

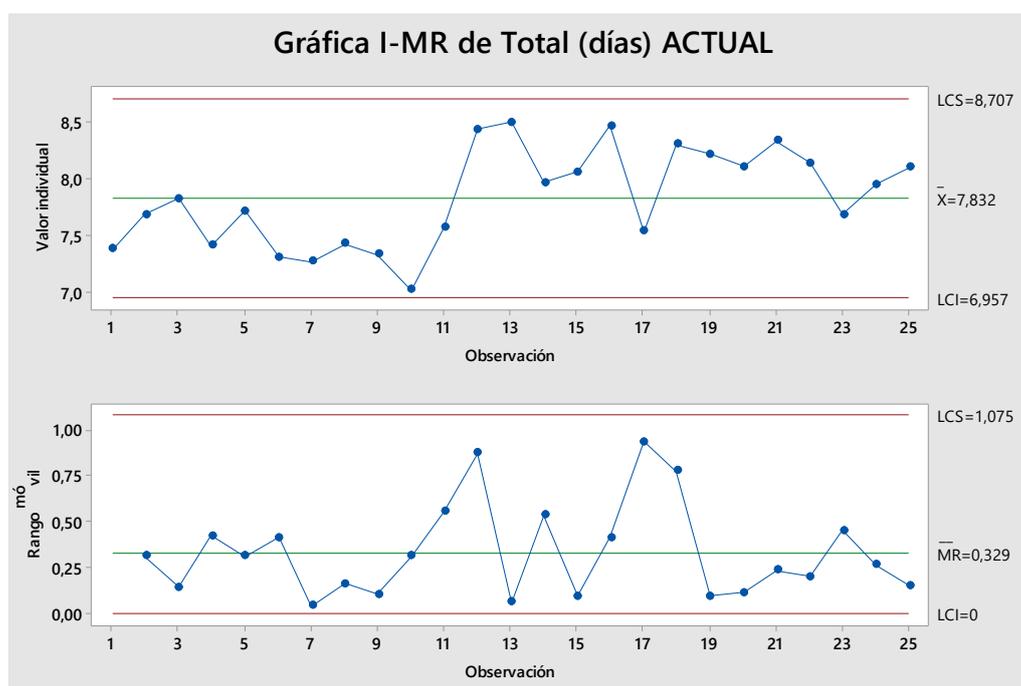


Figura 3.17. Carta de control del tiempo de proceso poscosecha actual en días
Fuente: Elaboración propia

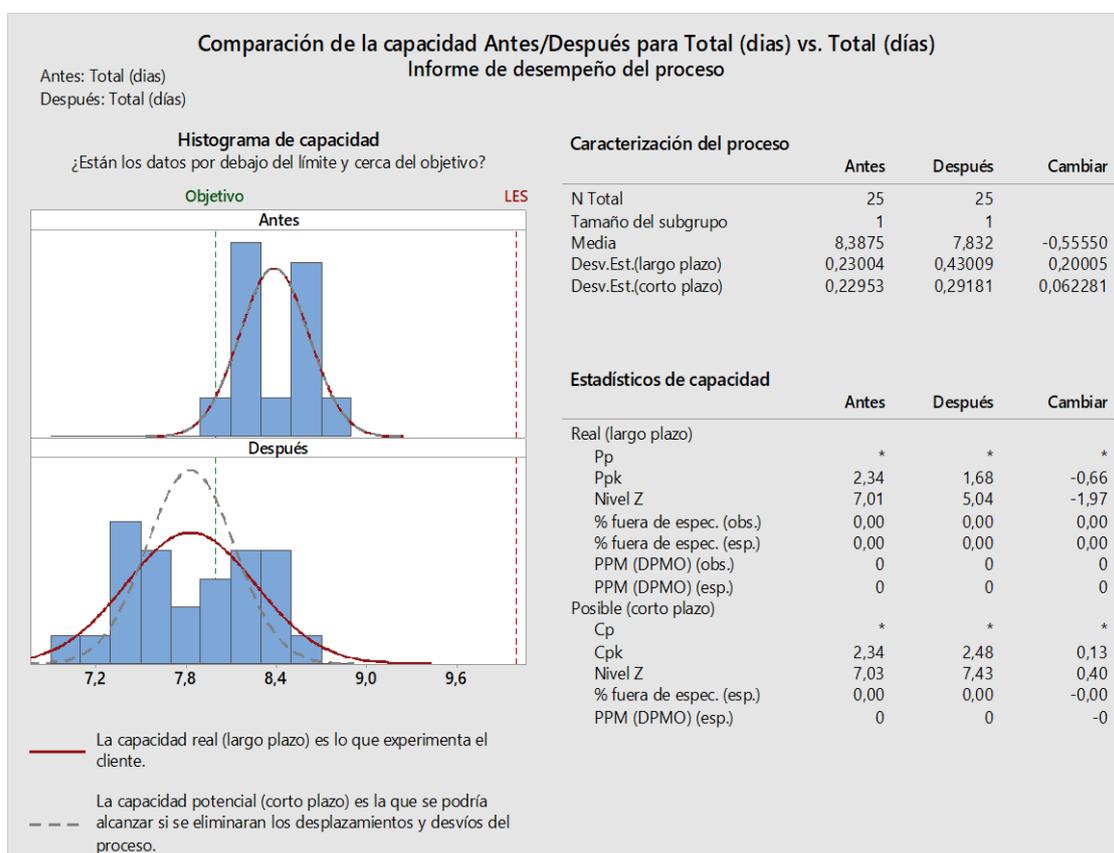
A continuación, en la Tabla 28 se determinó los valores promedio por etapa poscosecha para el nuevo proceso. Si se compara el proceso inicial con el actual se ha reducido 13 horas el tiempo total.

Tabla 28. Promedio del tiempo de proceso mejorado por etapa poscosecha

Etapa Poscosecha	Valor Promedio (horas)
Recepción	0,9 ± 0,5
Desbabado	1,5 ± 0,4
Escurreido	11 ± 0,6
Fermentación	107 ± 6
Secado Natural	48,2 ± 2,4
Secado Artificial	17,3 ± 4,5
Ensamado y Paletizado	4,4 ± 1,2
TOTAL (ACTUAL)	190,2 ± 10,8
TOTAL (INICIAL)	203,6 ± 8,6

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.18, se puede apreciar una comparación respecto a la capacidad entre el proceso inicial y actual. Se resalta que no se cuenta con un límite inferior solo con un límite superior de 10 días y tiempo objetivo de 8 días de proceso. La media paso de 8.4 a 7.8 días, acercándose a la media del objetivo. Es decir, si se presenta una mejora considerable en el proceso de poscosecha.

**Figura 3.18.** Análisis de capacidad del proceso poscosecha actual

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. Se definió que los clientes de cacao especial requieren un producto: con fermentación superior al 75%, costo de hasta 10% arriba del precio de bolsa y peso superior a 120 gramos por cada 100 granos.
2. Se realizó un diagnóstico profundo al proceso inicial, en el cual se concluyó que el tiempo total es de 24 días, de los cuales 10 días corresponden a actividades que agregan valor.
3. Se caracterizaron los desperdicios por cada etapa, así se determinó que el 71% del tiempo del proceso se encontraba en la etapa de fermentación y el 39% de las horas hombre en la etapa de presecado.
4. Se determinó que las causas raíces del problema fueron la falta equipos para disminuir las actividades manuales y la estandarización de procesos.
5. Se implementó un minicargador para reducir en un día el tiempo de fermentación.
6. Se reemplazó el proceso de presecado por el desbabado para reducir la mano a la mitad de la total requerida.
7. Se redujo el tiempo de proceso poscosecha pasando de 10 días en promedio inicial a 8 días de promedio actual.
8. Se evaluaron los atributos de calidad del cacao obtenido por el proceso inicial y el final, donde los mismos se mantienen

4.2 Recomendaciones

1. Se debería controlar de manera más exhaustiva el cacao fresco que se recibe, ya que esto garantiza la uniformidad de los procesos poscosecha.
2. Se debería definir el límite inferior del proceso con ello se podría determinar la capacidad del proceso.
3. Se debería continuar con la mejora continua del proceso poscosecha, para alcanzar una capacidad alta.
4. Se debe estandarizar los procesos a fin de mejorar los controles.
5. Se debe incorporar un análisis de datos de forma periódica a fin de detectar posibles desviaciones al proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, W. (2021). Implementación de la metodología Lean Six Sigma para incrementar el indicador de rendimiento (V2) en las líneas de producción easy open 01. (*Proyecto de titulación previo a la obtención de Magíster en Mejoramiento de Procesos no publicado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Aulia, I., Khawarita, S., Asfriyati, & Hansen, N. (2019). Quality Control with Six Sigma DMAIC and Grey Failure Mode Effect Analysis (FMEA): A Review. *IOP Conference Series*, 1-8. doi:10.1088/1757-899X/505/1/012057
- Da Silva, L. (2022). Propuesta de una estrategia de mejora en los tiempos de respuesta del proceso de emisión del certificado sanitario de productos alimenticios dentro de una Entidad Reguladora. (*Proyecto de titulación previo a la obtención de Magíster en Gestión de Procesos y Seguridad de los Alimentos no publicado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Feijóo, M. (2021). Disminución del porcentaje de scrap en una fábrica de scrap en una fábrica de fundas y rollos plásticos aplicando herramientas de mejora alineadas a la metodología DMAIC. (*Proyecto de titulación previo a la obtención de Magíster en Mejoramiento de Procesos no publicado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad* (3era ed.). México: Mc Graw Hill.
- Herrera, C. (2021). Reducción del scrap de madera en el proceso de fabricación de paneles rígidos en una empresa balsera mediante la implementación de la metodología DMAIC. (*Proyecto de titulación previo a la obtención de Magíster en Mejoramiento de Procesos no publicado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral., Guayaquil, Ecuador.
- Herrera, R., & Fontalvo, T. (2000). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones* (1era ed.). Madrid: B-EUMED.
- Hsiang-Chin, H., & Ming-Hsien, S. (2011). Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 580-591. doi:10.5897/SRE10.823
- INEN. (2018). NTE INEN 176 Granos de Cacao. Requisitos. Quito, Ecuador.
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). Metodología e Implementación de Six Sigma. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 73-80. doi:http://dx.doi.org/10.17993/3comp.2017.especial.73-80/
- Paredes, R. (2021). Aplicación de la Metodología DMAIC en el Proceso de Secado de la Elaboración de Harina de Pescado en una Empresa Exportadora. (*Proyecto de titulación previo a la obtención de Magíster en Mejoramiento de Procesos no publicado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

- Rosa, I., Risa, T., Lita, A., & Susilawati, S. (2021). Product Defects Analysis Using Six Sigma Method – A Case Study at Rice Milling Company. *IEOM Society International*, 158-169.
- Vera, J. (2021). Implementación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir el porcentaje de desperdicio de la línea de producción TAOV01. (*Proyecto de titulación previo a la obtención de Magíster en Mejoramiento de Procesos no publicado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO A

PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA

Preguntas: Tipo de Clientes

- ¿Cuántos tipos de calidad produce (principales)?
 - ¿Cuál es la distribución en porcentaje por tipo?
 - ¿Cuál es la diferencia en precio entre los tipos de calidades?
 - ¿Qué tipo de calidad tiene mayor presencia?
 - ¿Qué características tiene la calidad de preferencia?
 - ¿Cuáles son las características de mayor importancia para el cliente?
- Pondere las características del 0-10, 10 es máximo.

Preguntas: Al proceso de calidad de preferencia

- ¿Existe una ficha técnica de la materia prima que se compra?
- ¿Cuáles son sus características?
- ¿Cómo es su recepción?
- ¿Qué etapas tiene su procesamiento?
- ¿Cuál es el rendimiento general del proceso?
- ¿Cuál es la mano de obra requerida por etapa?
- ¿Cuál son los suministros de energía requeridos por etapa?
- ¿Qué equipos requiere por etapa?
- ¿Qué tiempo toma cada etapa del proceso?
- ¿Tiene ratios de rendimiento por equipo/mano de obra?
- ¿Cómo es su despacho?
- ¿Cuáles son las características del producto terminado?

ANEXO B

FORMATO DE LOS DATOS EXTRAÍDOS

TIEMPO DEL PROCESO EN HORAS:

Lote
Supervisor
Cantidad de materia prima (ton)
Recepción
Ecurrido
Presecado
Fermentación
Secado artificial
Ensayado y Paletizado
Total

MANO DE OBRA EN HORAS HOMBRE:

Lote
Supervisor
Cantidad de materia prima (ton)
Recepción
Ecurrido
Presecado
Fermentación
Secado artificial
Ensayado y Paletizado
Total

CALIDAD DEL CACAO SECO:

Lote
Humedad (%)
Peso de 100 Granos (g)
Fermentados (%)
Violetas (%)
Pizarra (%)
Moho (%)
Impurezas (%)
Perfil Sensorial
Aceptación del Cliente

ANEXO C

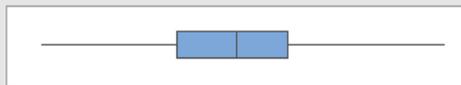
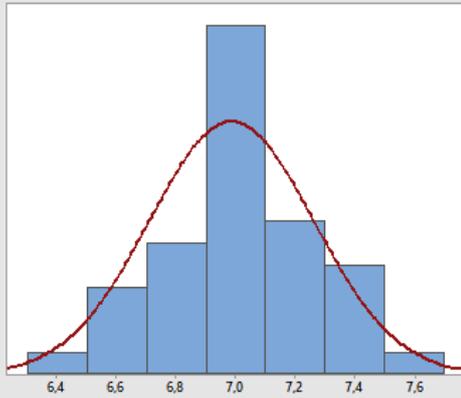
DATOS DE LA CALIDAD INICIAL DEL PROCESO (INICIAL)

Lote	Humedad (%)	Peso de 100 Granos (g)	Fermentados (%)	Violetas (%)	Pizarra (%)	Moho (%)	Impurezas (%)	Perfil Sensorial	Aceptación del Cliente
1	6.50	135	82	13	5	0	2	4	Aceptado
2	6.80	139	93	5	2	0	0	4	Aceptado
3	6.50	134	88	11	1	0	2	4	Aceptado
4	6.50	138	93	7	0	0	2.5	3	Aceptado
5	6.80	143	96	4	0	0	3	4	Aceptado
6	7.00	145	96	4	0	0	2.5	4	Aceptado
7	7.00	149	96	4	0	0	3	4	Aceptado
8	7.30	146	88	7	5	0	2,6	4	Aceptado
9	7.20	139	95	3	2	0	3	4	Aceptado
10	7.00	149	92	8	0	0	2	4	Aceptado
11	7.00	149	84	10	6	0	2	4	Aceptado
12	7.20	149	100	0	0	0	2,5	4	Aceptado
13	7.20	142	91	8	1	0	2.5	4	Aceptado
14	7.00	122	87	5	8	0	3	4	Aceptado
15	7.00	147	78	20	2	0	2	4	Aceptado
16	6.70	138	87	8	5	0	0.6	3	Aceptado
17	7.70	133	74	7	18	1	2.4	3	Aceptado
18	6.90	150	78	19	3	0	0.7	4	Aceptado
19	7.00	158	98	2	0	0	3	4	Aceptado
20	7.40	150	83	17	0	0	3	4	Aceptado
21	7.4	155	91	8	1	0	2	4	Aceptado
22	7.10	156	78	19	3	0	0.5	4	Aceptado
23	7.30	146	66	27	7	0	1.2	4	Aceptado
24	7.10	135	85	25	0	0	2.5	3	Aceptado
25	7.00	145	93	6	1	0	2	4	Aceptado
26	7.20	142	91	8	1	0	2.5	4	Aceptado
27	7.00	149	83	16	1	0	2.4	4	Aceptado
28	7.00	132	77	23	0	0	3	4	Aceptado
29	7.10	148	83	14	3	0	2	4	Aceptado
30	6.70	150	82	14	4	0	2.2	4	Aceptado
31	6.80	145	80	13	7	0	2.2	4	Aceptado
32	7.00	144	81	14	5	0	2	4	Aceptado
33	7.00	140	80	16	4	0	2	4	Aceptado
34	7.00	138	80	15	5	0	2	4	Aceptado
35	7.00	138	88	12	0	0	2	5	Aceptado
36	7.00	149	90	8	2	0	1.4	3	Aceptado
37	7.30	144	78	18	4	0	1	4	Aceptado
38	6.35	142	75	12	13	0	1.5	4	Aceptado
39	6.80	144	75	16	9	1	1.8	4	Aceptado
40	6.57	148	77	20	3	0	1.2	4	Aceptado

ANEXO D

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE CALIDAD (INICIAL)

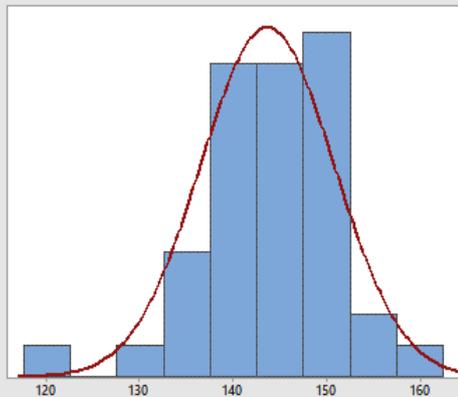
Informe de resumen de Humedad (%)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	1,08
Valor p	0,007
Media	6,9855
Desv.Est.	0,2759
Varianza	0,0761
Asimetría	-0,128317
Curtosis	0,551094
N	40
Mínimo	6,3500
1er cuartil	6,8000
Mediana	7,0000
3er cuartil	7,1750
Máximo	7,7000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
6,8973	7,0737
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
7,0000	7,0000
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
0,2260	0,3543

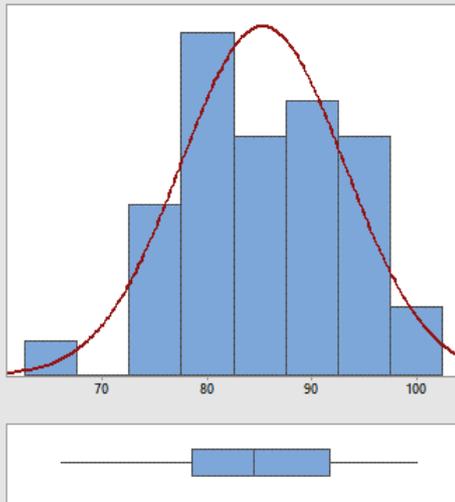
Informe de resumen de Peso de 100 Granos (g)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0,47
Valor p	0,237
Media	143,63
Desv.Est.	7,16
Varianza	51,27
Asimetría	-0,569243
Curtosis	0,945267
N	40
Mínimo	122,00
1er cuartil	138,25
Mediana	144,50
3er cuartil	149,00
Máximo	158,00
Intervalo de confianza de 95% para la media	
141,34	145,91
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
142,00	147,59
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
5,87	9,19

Informe de resumen de Fermentados (%)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0,39
Valor p	0,367

Media	85,300
Desv.Est.	7,829
Varianza	61,292
Asimetría	-0,109257
Curtosis	-0,548692
N	40

Mínimo	66,000
1er cuartil	78,500
Mediana	84,500
3er cuartil	91,750
Máximo	100,000

Intervalo de confianza de 95% para la media

82,796	87,804
--------	--------

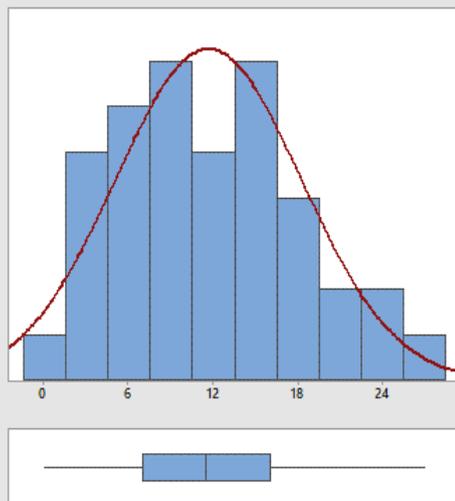
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

81,411	89,178
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

6,413	10,053
-------	--------

Informe de resumen de Violetas (%)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0,44
Valor p	0,280

Media	11,650
Desv.Est.	6,593
Varianza	43,464
Asimetría	0,406682
Curtosis	-0,497753
N	40

Mínimo	0,000
1er cuartil	7,000
Mediana	11,500
3er cuartil	16,000
Máximo	27,000

Intervalo de confianza de 95% para la media

9,542	13,758
-------	--------

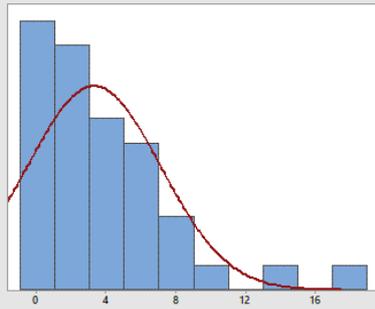
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

8,000	14,000
-------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

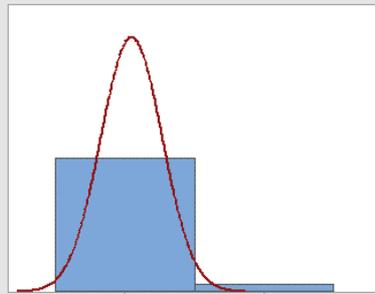
5,401	8,465
-------	-------

Informe de resumen de Pizarra (%)



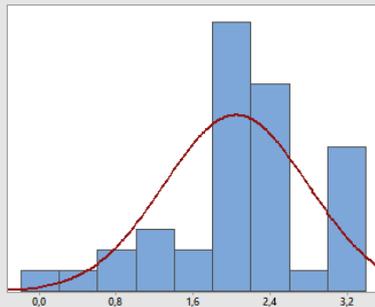
Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	2,11
Valor p	<0,005
Media	3,2750
Desv.Est.	3,8363
Varianza	14,7173
Asimetría	1,95551
Curtosis	4,96396
N	40
Mínimo	0,0000
1er cuartil	0,0000
Mediana	2,0000
3er cuartil	5,0000
Máximo	18,0000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
2,0481	4,5019
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
1,0000	4,0000
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
3,1426	4,9260

Informe de resumen de Moho (%)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	14,40
Valor p	<0,005
Media	0,05000
Desv.Est.	0,22072
Varianza	0,04872
Asimetría	4,2921
Curtosis	17,2853
N	40
Mínimo	0,00000
1er cuartil	0,00000
Mediana	0,00000
3er cuartil	0,00000
Máximo	1,00000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
-0,02059	0,12059
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
0,00000	0,00000
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
0,18081	0,28341

Informe de resumen de Impurezas (%)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	1,27
Valor p	<0,005
Media	2,0425
Desv.Est.	0,7514
Varianza	0,5646
Asimetría	-0,851939
Curtosis	0,448969
N	40
Mínimo	0,0000
1er cuartil	1,8500
Mediana	2,0000
3er cuartil	2,5000
Máximo	3,0000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
1,8022	2,2828
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
2,0000	2,4589
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
0,6155	0,9648

ANEXO E

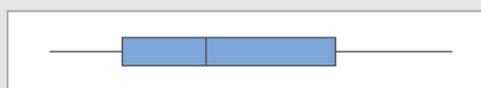
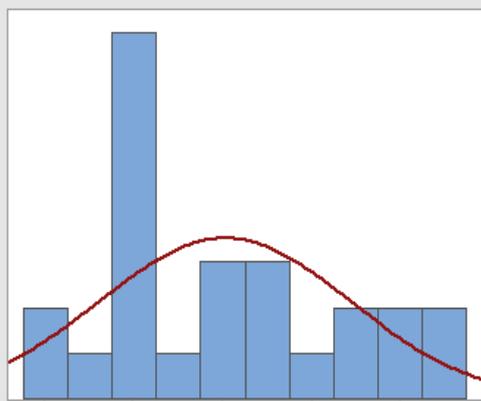
DATOS DEL TIEMPO DE PROCESO POR VÍA ARTIFICIAL (INICIAL)

Lote	Mes	Supervisor	Cantidad (ton)	Tiempo de proceso (horas)						
				Recepción	Escurreido	Presecado	Fermentación	Secado artificial	Ensamado y Paletizado	Total
1	MAR	GA	7.61	1.1	15.1	9.7	143.1	27.1	2.8	198.9
2	MAR	GA	9.16	1.3	15.3	10.0	149.5	25.5	3.4	204.9
3	MAR	GA	5.62	1.0	15.0	10.0	143.4	38.0	2.1	209.4
4	MAR	FV	5.40	1.0	15.0	10.0	144.0	27.0	2.0	198.9
5	MAR	FV	9.43	1.3	15.3	10.0	145.2	32.0	3.5	207.2
6	MAR	FV	8.55	1.2	15.2	10.0	144.5	24.0	3.2	198.1
7	MAR	FV	7.96	1.2	15.2	10.0	143.7	23.0	2.9	196.0
17	ABR	FV	5.80	1.0	15.0	10.1	141.1	36.7	2.1	205.9
18	ABR	FV	4.93	0.9	15.9	10.1	141.2	27.0	1.8	196.9
19	ABR	FV	4.16	0.8	15.8	10.2	141.7	28.8	1.5	198.9
20	ABR	FV	3.73	0.8	15.8	10.2	142.4	24.5	1.4	195.1
21	ABR	GA	5.83	1.0	15.0	10.7	141.1	29.5	2.2	199.5
25	ABR	GA	5.78	1.0	15.0	10.9	141.2	27.0	2.1	197.2
26	MAY	AC	5.49	1.0	15.0	10.1	140.5	27.0	2.0	195.6
27	MAY	AC	6.07	1.0	15.0	10.2	140.8	36.1	2.2	205.3
28	MAY	GA	7.97	1.2	15.2	10.6	142.5	22.0	3.0	194.4
29	MAY	GA	10.76	1.4	15.4	9.2	139.2	23.0	4.0	192.1
31	MAY	GA	13.43	1.6	15.6	9.0	141.0	34.0	5.0	206.2
34	MAY	GA	14.58	1.7	15.7	8.8	141.9	32.3	5.4	205.8
35	MAY	GA	14.56	1.7	15.7	9.7	146.4	22.0	5.4	200.9
36	MAY	GA	6.12	1.0	15.0	9.2	147.3	20.0	2.3	194.8
37	MAY	AC	13.68	1.6	15.6	10.2	143.2	36.9	5.1	212.6
38	MAY	AC	9.97	1.3	15.3	9.8	144.7	31.7	3.7	206.5
39	MAY	AC	12.58	1.5	15.5	9.4	140.9	35.0	4.7	207.0
40	MAY	GA	12.11	1.5	15.5	9.5	144.2	29.0	4.5	204.2

ANEXO F

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TIEMPOS DEL PROCESO POR VÍA ARTIFICIAL (INICIAL)

Informe de resumen de Recepción



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0,81
Valor p	0,030

Media	1,2043
Desv.Est.	0,2843
Varianza	0,0808
Asimetría	0,53985
Curtosis	-1,00232
N	25

Mínimo	0,8105
1er cuartil	0,9748
Mediana	1,1630
3er cuartil	1,4533
Máximo	1,7150

Intervalo de confianza de 95% para la media

1,0869	1,3216
--------	--------

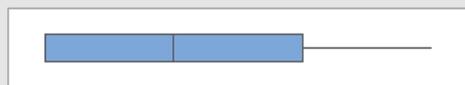
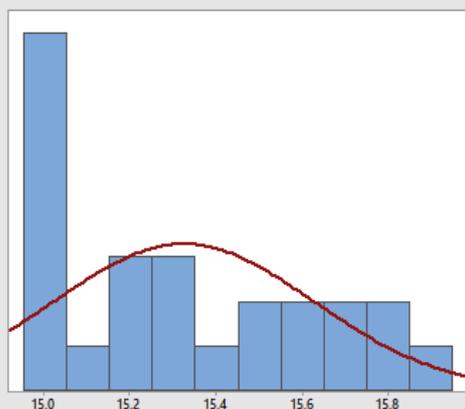
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

0,9836	1,3221
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

0,2220	0,3954
--------	--------

Informe de resumen de Escurrido



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0,99
Valor p	0,011

Media	15,324
Desv.Est.	0,305
Varianza	0,093
Asimetría	0,44491
Curtosis	-1,18884
N	25

Mínimo	15,000
1er cuartil	15,000
Mediana	15,300
3er cuartil	15,600
Máximo	15,900

Intervalo de confianza de 95% para la media

15,198	15,450
--------	--------

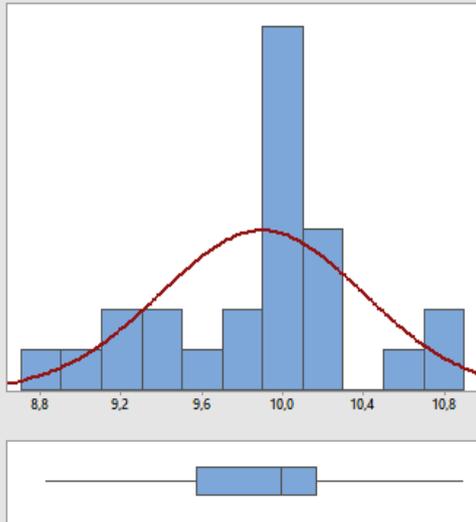
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

15,020	15,500
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

0,238	0,424
-------	-------

Informe de resumen de Presecado



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0,63
Valor p 0,089

Media 9,8968
Desv.Est. 0,5059
Varianza 0,2559
Asimetría -0,288666
Curtosis 0,068969
N 25

Mínimo 8,8267
1er cuartil 9,5750
Mediana 9,9900
3er cuartil 10,1667
Máximo 10,8900

Intervalo de confianza de 95% para la media

9,6880 10,1056

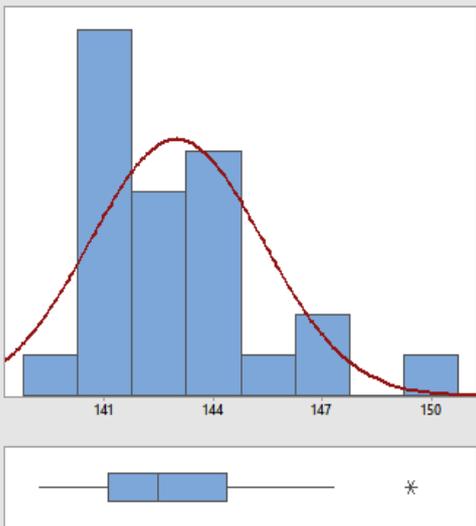
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

9,7493 10,0733

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

0,3950 0,7037

Informe de resumen de Fermentacion



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0,59
Valor p 0,110

Media 142,98
Desv.Est. 2,38
Varianza 5,64
Asimetría 0,981336
Curtosis 0,998729
N 25

Mínimo 139,20
1er cuartil 141,09
Mediana 142,46
3er cuartil 144,36
Máximo 149,45

Intervalo de confianza de 95% para la media

142,00 143,96

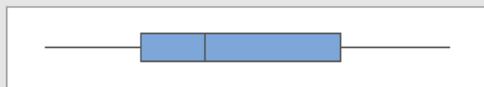
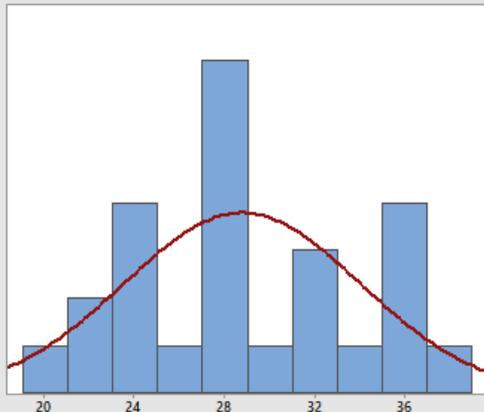
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

141,21 143,91

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

1,85 3,30

Informe de resumen de Secado artificial



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0,41
Valor p 0,315

Media 28,766
Desv.Est. 5,276
Varianza 27,839
Asimetría 0,24017
Curtosis -1,04295
N 25

Mínimo 20,000
1er cuartil 24,250
Mediana 27,083
3er cuartil 33,167
Máximo 38,000

Intervalo de confianza de 95% para la media

26,588 30,944

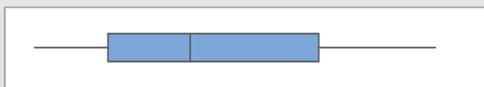
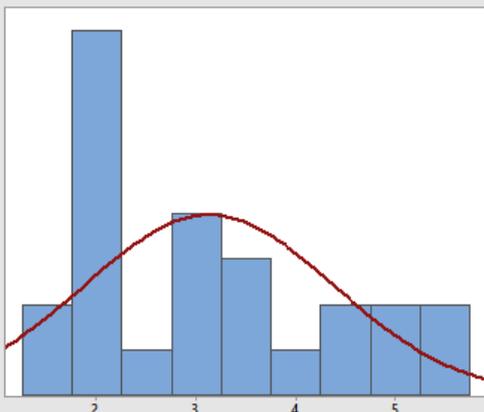
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

25,797 31,950

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

4,120 7,340

Informe de resumen de Ensacado y Paletizado



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0,81
Valor p 0,030

Media 3,1270
Desv.Est. 1,2621
Varianza 1,5929
Asimetría 0,53985
Curtosis -1,00232
N 25

Mínimo 1,3786
1er cuartil 2,1079
Mediana 2,9437
3er cuartil 4,2324
Máximo 5,3946

Intervalo de confianza de 95% para la media

2,6060 3,6480

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

2,1472 3,6501

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

0,9855 1,7558

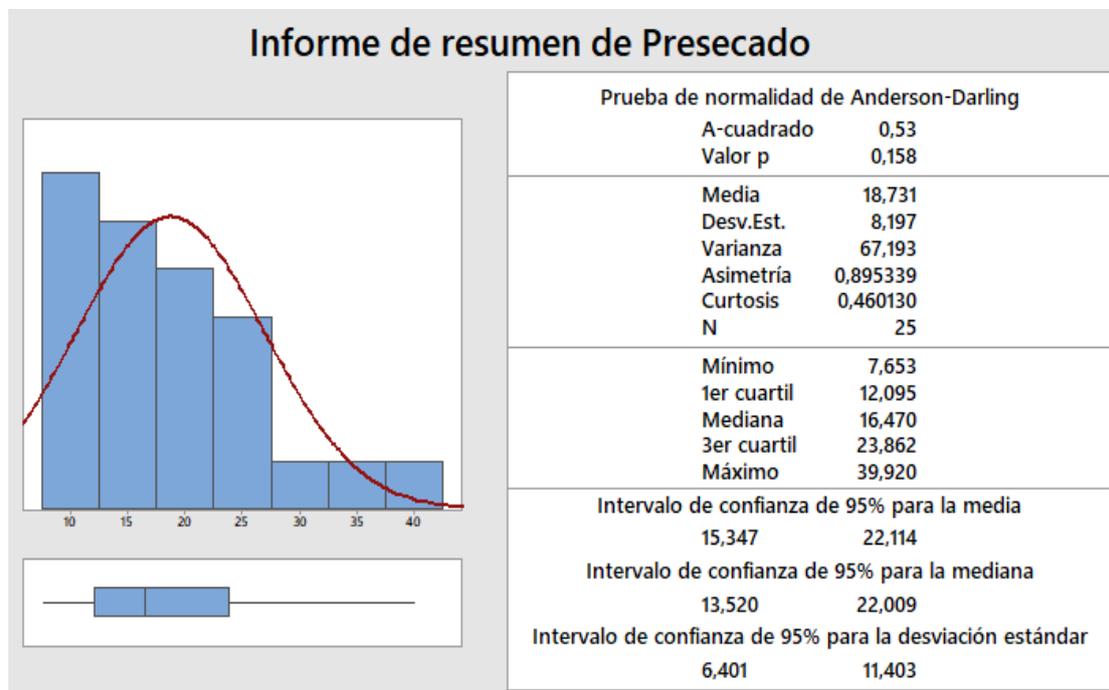
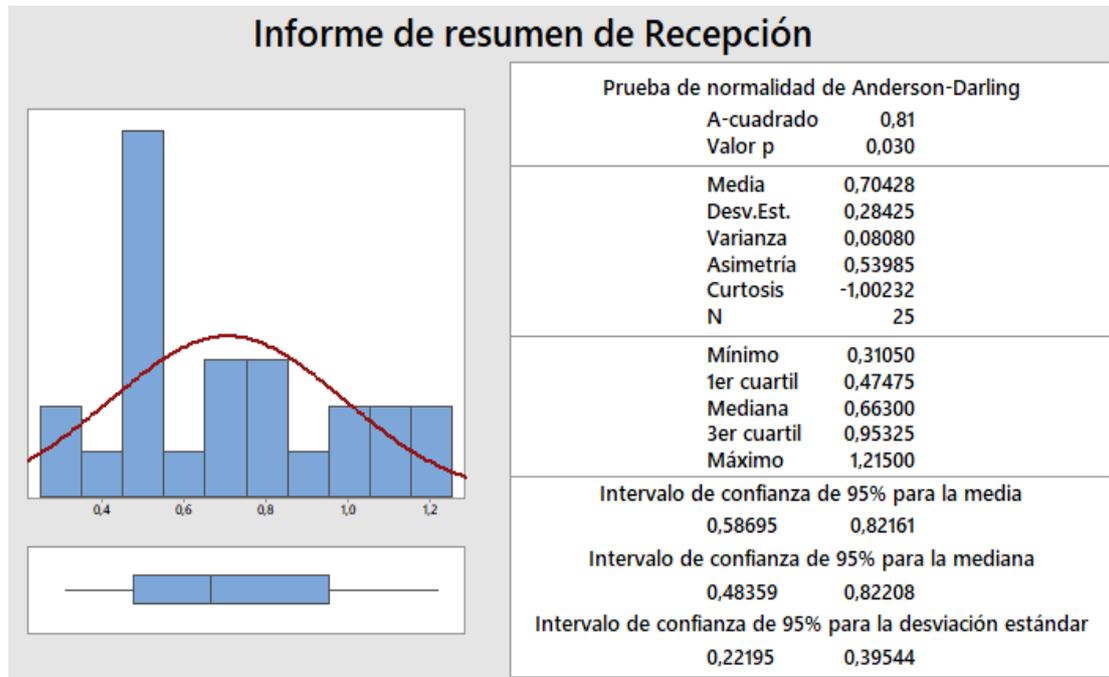
ANEXO G

DATOS DE LA MANO DE OBRA DEL PROCESO POR VÍA ARTIFICIAL (INICIAL)

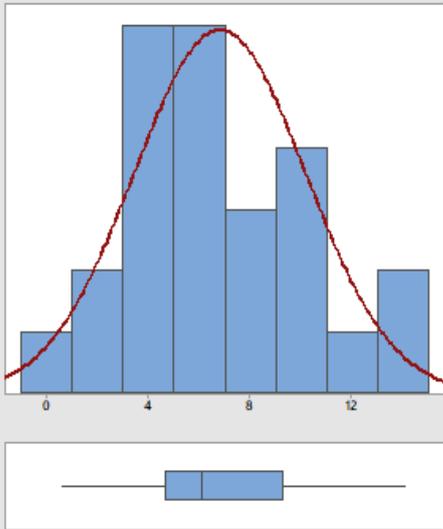
Lote	Mes	Supervisor	Cantidad (ton)	Mano de obra (horas/hombre)							Total
				Recepción	Ecurrido	Presecado	Fermentación	Secado artificial	Ensamado y Paletizado		
1	MAR	GA	7.61	0.63	14.64	8.06	1.35	0.63	8.45	33.1	
2	MAR	GA	9.16	0.76	21.20	9.60	1.28	0.76	10.17	43.0	
3	MAR	GA	5.62	0.47	14.22	6.09	1.90	0.47	6.23	28.9	
4	MAR	FV	5.40	0.45	13.47	5.91	1.35	0.45	5.99	27.2	
5	MAR	FV	9.43	0.79	24.95	9.51	1.60	0.79	10.47	47.3	
6	MAR	FV	8.55	0.71	19.12	9.09	1.20	0.71	9.49	39.6	
7	MAR	FV	7.96	0.66	15.23	7.97	1.15	0.66	8.83	33.8	
17	ABR	FV	5.80	0.48	12.22	4.03	1.83	0.48	6.43	25.0	
18	ABR	FV	4.93	0.41	11.97	4.71	1.35	0.41	5.47	23.9	
19	ABR	FV	4.16	0.35	7.65	4.89	1.44	0.35	4.62	18.9	
20	ABR	FV	3.73	0.31	8.49	4.71	1.23	0.31	4.14	18.9	
21	ABR	GA	5.83	0.49	13.72	2.83	1.47	0.49	6.47	25.0	
25	ABR	GA	5.78	0.48	16.47	0.60	1.35	0.48	6.41	25.3	
26	MAY	AC	5.49	0.46	11.97	2.06	1.35	0.46	6.09	21.9	
27	MAY	AC	6.07	0.51	11.22	4.03	1.80	0.51	6.73	24.3	
28	MAY	GA	7.97	0.66	19.29	5.14	1.10	0.66	8.85	35.1	
29	MAY	GA	10.76	0.90	24.94	6.60	1.15	0.90	11.95	45.5	
31	MAY	GA	13.43	1.12	21.65	4.63	1.70	1.12	14.91	44.0	
34	MAY	GA	14.58	1.22	30.61	6.60	1.62	1.22	16.18	56.2	
35	MAY	GA	14.56	1.21	33.95	7.71	1.10	1.21	16.16	60.1	
36	MAY	GA	6.12	0.51	9.72	9.94	1.00	0.51	6.79	28.0	
37	MAY	AC	13.68	1.14	39.92	12.26	1.85	1.14	15.18	70.3	
38	MAY	AC	9.97	0.83	22.78	13.29	1.59	0.83	11.07	49.6	
39	MAY	AC	12.58	1.05	26.76	5.83	1.75	1.05	13.97	49.4	
40	MAY	GA	12.11	1.01	22.10	14.06	1.45	1.01	13.45	52.1	

ANEXO H

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LA MANO DE OBRA POR VÍA ARTIFICIAL (INICIAL)

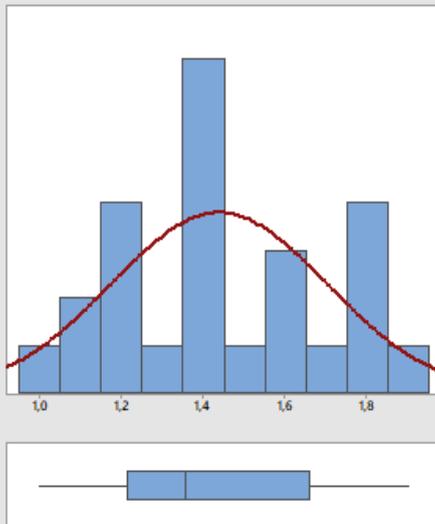


Informe de resumen de Fermentacion



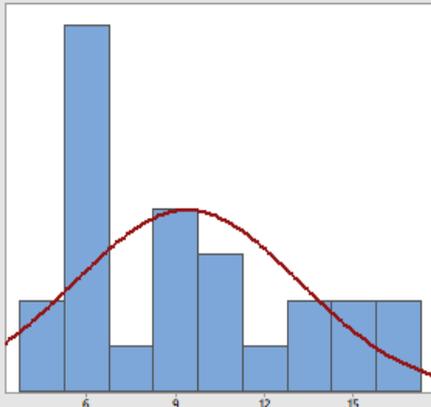
Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,34
Valor p	0,461
Media	6,8057
Desv.Est.	3,3716
Varianza	11,3676
Asimetría	0,484471
Curtosis	-0,060151
N	25
Mínimo	0,6000
1er cuartil	4,6714
Mediana	6,0857
3er cuartil	9,3000
Máximo	14,0571
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	5,4140 8,1974
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	4,7482 8,0402
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	2,6326 4,6904

Informe de resumen de Secado artificial



Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,41
Valor p	0,315
Media	1,4383
Desv.Est.	0,2638
Varianza	0,0696
Asimetría	0,24017
Curtosis	-1,04295
N	25
Mínimo	1,0000
1er cuartil	1,2125
Mediana	1,3542
3er cuartil	1,6583
Máximo	1,9000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	1,3294 1,5472
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	1,2899 1,5975
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	0,2060 0,3670

Informe de resumen de Ensacado y Paletizado



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0,81
Valor p	0,030

Media	9,3810
Desv.Est.	3,7863
Varianza	14,3358
Asimetría	0,53985
Curtosis	-1,00232
N	25

Mínimo	4,1359
1er cuartil	6,3237
Mediana	8,8312
3er cuartil	12,6973
Máximo	16,1838

Intervalo de confianza de 95% para la media
7,8181 10,9439

Intervalo de confianza de 95% para la mediana
6,4415 10,9502

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar
2,9564 5,2673

ANEXO I

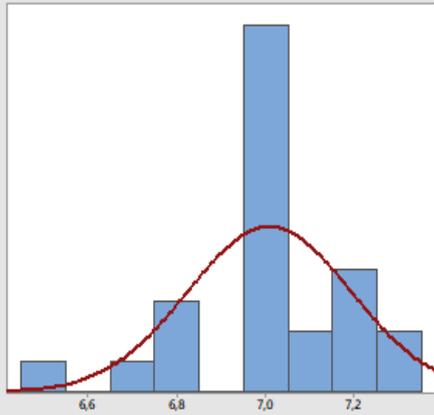
DATOS DE LA CALIDAD DEL PROCESO MEJORADO (ACTUAL)

Lote	Humedad (%)	Peso de 100 Granos (g)	Fermentados (%)	Violetas (%)	Pizarra (%)	Moho (%)	Impurezas (%)	Perfil Sensorial	Aceptación del Cliente
1	7.10	145	86	11	2	1	0.5	3	Aceptado
2	7.00	142	93	6	1	0	2	4	Aceptado
3	7.20	149	91	8	1	0	2.5	4	Aceptado
4	7.00	132	83	16	1	0	2.4	3	Aceptado
5	7.00	148	80	20	0	0	3	4	Aceptado
6	7.10	150	83	14	3	0	2	4	Aceptado
7	6.70	145	82	14	4	0	2.2	4	Aceptado
8	6.80	144	80	13	7	0	2.2	4	Aceptado
9	7.00	140	81	14	5	0	2	4	Aceptado
10	7.00	138	80	16	4	0	2	4	Aceptado
11	7.00	144	80	15	5	0	2	3	Aceptado
12	7.30	135	78	18	4	0	1	4	Aceptado
13	6.50	139	82	13	5	0	2	4	Aceptado
14	6.80	134	93	5	2	0	0	4	Aceptado
15	6.80	143	96	4	0	0	3	4	Aceptado
16	7.00	145	96	4	0	0	2.5	3	Aceptado
17	7.00	149	96	4	0	0	3	4	Aceptado
18	7.30	146	88	7	5	0	2.6	4	Aceptado
19	7.20	139	95	3	2	0	3	3	Aceptado
20	7.00	149	92	8	0	0	2	4	Aceptado
21	7.0	149	84	10	6	0	2	4	Aceptado
22	7.20	149	100	0	0	0	2.5	4	Aceptado
23	7.20	142	91	8	1	0	2.5	4	Aceptado
24	7.00	122	87	5	8	0	3	3	Aceptado
25	7.00	147	78	20	2	0	2	4	Aceptado

ANEXO J

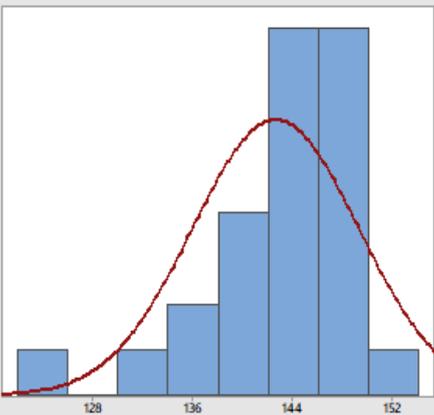
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE CALIDAD DEL PROCESO MEJORADO (ACTUAL)

Informe de resumen de Humedad (%)



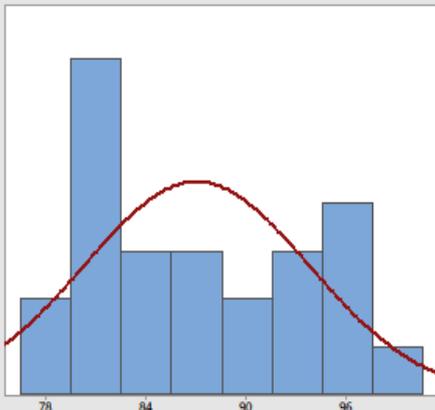
Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	1,26
Valor p	<0,005
Media	7,0080
Desv.Est.	0,1847
Varianza	0,0341
Asimetría	-0,77429
Curtosis	1,24925
N	25
Mínimo	6,5000
1er cuartil	7,0000
Mediana	7,0000
3er cuartil	7,1500
Máximo	7,3000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	6,9318 7,0842
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	7,0000 7,0802
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	0,1442 0,2569

Informe de resumen de Peso de 100 Granos (g)



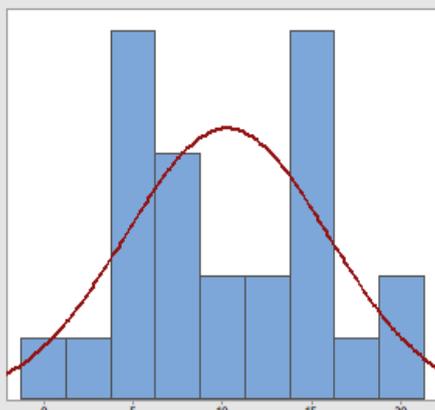
Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,84
Valor p	0,026
Media	142,60
Desv.Est.	6,66
Varianza	44,33
Asimetría	-1,40718
Curtosis	2,44533
N	25
Mínimo	122,00
1er cuartil	139,00
Mediana	144,00
3er cuartil	148,50
Máximo	150,00
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	139,85 145,35
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	140,40 146,80
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	5,20 9,26

Informe de resumen de Fermentados (%)



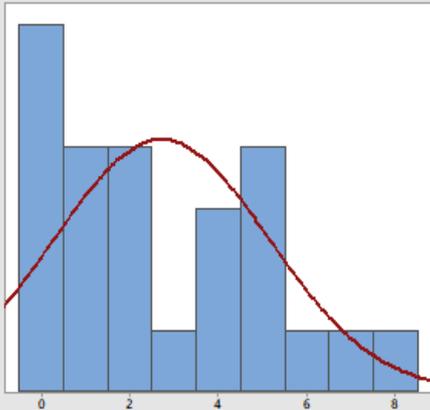
Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,77
Valor p	0,038
Media	87,000
Desv.Est.	6,745
Varianza	45,500
Asimetría	0,31431
Curtosis	-1,29664
N	25
Mínimo	78,000
1er cuartil	80,500
Mediana	86,000
3er cuartil	93,000
Máximo	100,000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	84,216 89,784
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	82,000 91,802
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	5,267 9,384

Informe de resumen de Violetas (%)



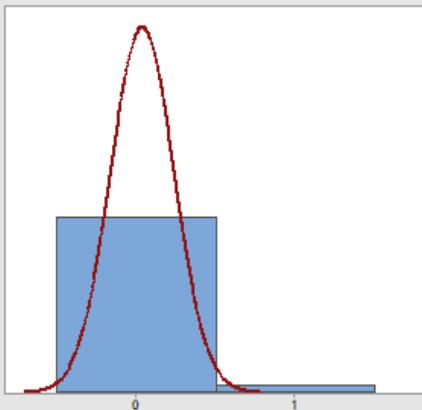
Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,43
Valor p	0,288
Media	10,240
Desv.Est.	5,666
Varianza	32,107
Asimetría	0,10079
Curtosis	-1,05184
N	25
Mínimo	0,000
1er cuartil	5,000
Mediana	10,000
3er cuartil	14,500
Máximo	20,000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	7,901 12,579
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	6,198 14,000
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	4,424 7,883

Informe de resumen de Pizarra (%)



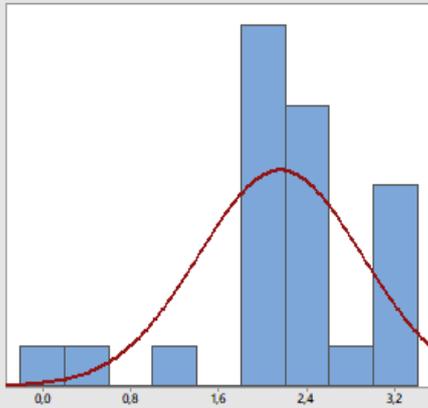
Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,82
Valor p	0,029
Media	2,7200
Desv.Est.	2,4242
Varianza	5,8767
Asimetría	0,546877
Curtosis	-0,766070
N	25
Mínimo	0,0000
1er cuartil	0,5000
Mediana	2,0000
3er cuartil	5,0000
Máximo	8,0000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	1,7193 3,7207
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	1,0000 4,0000
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	1,8929 3,3724

Informe de resumen de Moho (%)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	9,14
Valor p	<0,005
Media	0,04000
Desv.Est.	0,20000
Varianza	0,04000
Asimetría	5
Curtosis	25
N	25
Mínimo	0,00000
1er cuartil	0,00000
Mediana	0,00000
3er cuartil	0,00000
Máximo	1,00000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	-0,04256 0,12256
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	0,00000 0,00000
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	0,15617 0,27823

Informe de resumen de Impurezas (%)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 1,51
Valor p <0,005

Media 2,1560
Desv.Est. 0,7428
Varianza 0,5517
Asimetría -1,42239
Curtosis 2,48480
N 25

Mínimo 0,0000
1er cuartil 2,0000
Mediana 2,2000
3er cuartil 2,5500
Máximo 3,0000

Intervalo de confianza de 95% para la media

1,8494 2,4626

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

2,0000 2,5000

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

0,5800 1,0333

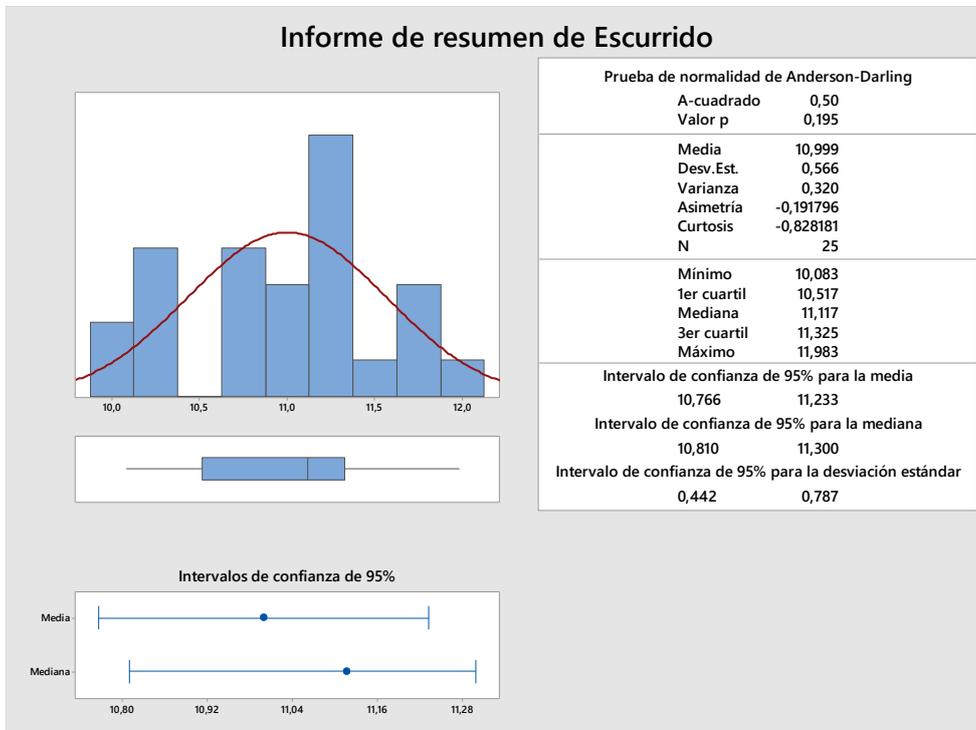
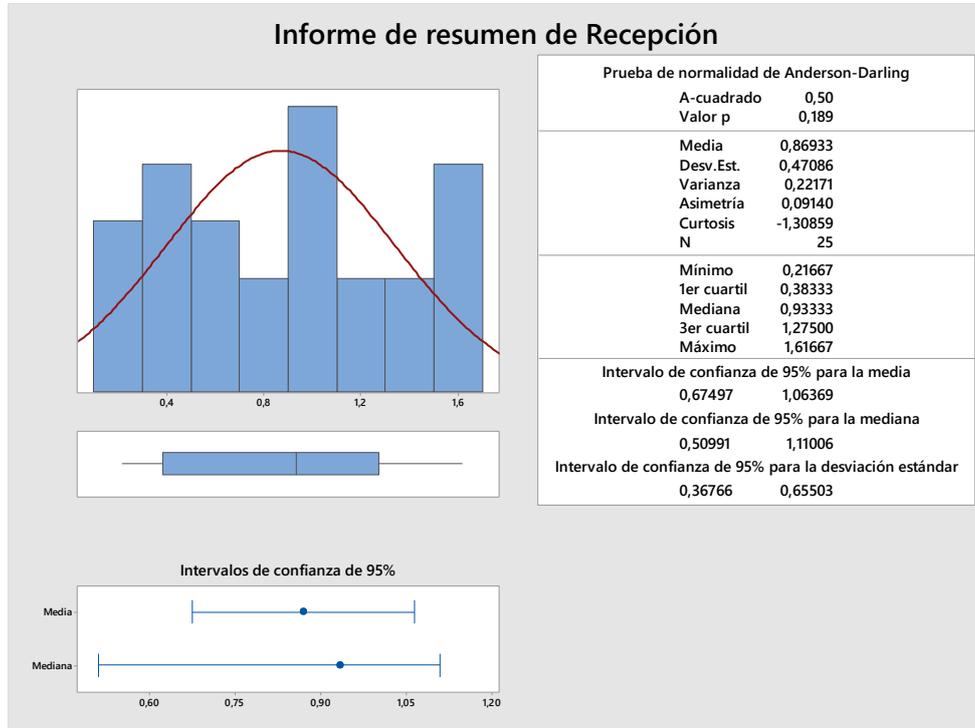
ANEXO K

DATOS DEL TIEMPO DE PROCESO MEJORADO (ACTUAL)

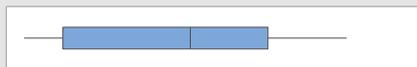
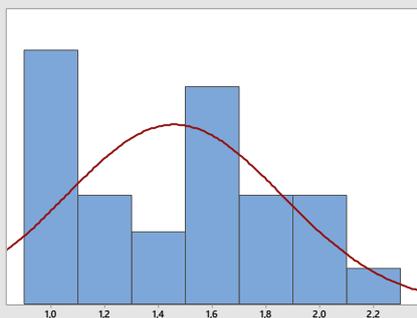
Lote	Mes	Supervisor	Cantidad (ton)	Tiempo de proceso (horas)							Total
				Recepción	Desbabado	Escurreido	Fermentación	Secado natural	Secado artificial	Ensamado y Paletizado	
1	AGO	GA	7.61	0.65	1.27	11.12	97.63	49.32	15.23	1.90	177.12
2	AGO	GA	9.16	0.95	1.53	11.07	104.02	46.40	18.32	2.30	184.58
3	AGO	FV	9.43	1.00	1.57	11.17	105.30	47.75	18.87	2.37	188.02
4	AGO	GA	8.51	0.82	1.42	11.13	101.18	44.03	17.03	2.13	177.75
5	AGO	AC	5.40	0.22	0.90	11.32	108.50	52.30	10.80	1.35	185.38
6	AGO	FV	5.80	0.30	0.97	10.87	97.65	52.62	11.60	1.45	175.45
7	AGO	GA	5.83	0.30	0.97	10.10	99.85	50.22	11.67	1.47	174.57
8	AGO	GA	5.44	0.22	0.90	10.73	109.20	45.12	10.87	1.37	178.40
9	AGO	GA	5.96	0.33	1.00	10.93	100.13	49.98	11.92	1.50	175.80
10	AGO	GA	6.88	0.50	1.15	11.18	96.77	43.40	13.75	1.72	168.47
11	SEP	GA	5.78	0.28	0.97	10.18	106.92	50.28	11.55	1.45	181.63
12	SEP	AC	11.05	1.32	1.85	11.98	113.58	49.05	22.10	2.77	202.65
13	SEP	AC	12.58	1.62	2.10	10.85	116.65	48.40	21.27	3.15	204.03
14	SEP	GA	12.11	1.52	2.02	10.30	103.78	46.80	23.93	3.03	191.38
15	SEP	GA	7.13	0.55	1.18	10.80	115.78	49.20	14.25	1.78	193.55
16	SEP	GA	12.49	1.60	2.08	11.82	111.27	49.73	23.53	3.13	203.17
17	OCT	AC	8.39	0.80	1.40	11.30	101.62	47.00	16.78	2.10	181.00
18	OCT	AC	12.13	1.53	2.02	11.47	107.60	50.27	23.53	3.03	199.45
19	OCT	AC	9.83	1.08	1.63	11.30	110.27	50.90	19.65	2.47	197.30
20	OCT	AC	11.30	1.37	1.88	11.33	107.32	47.25	22.60	2.83	194.58
21	OCT	AC	10.64	1.23	1.77	11.78	113.47	48.03	21.28	2.67	200.23
22	OCT	AC	9.74	1.07	1.62	10.27	113.42	47.02	19.48	2.43	195.30
23	OCT	GA	6.52	0.43	1.08	11.73	109.03	47.53	13.03	1.63	184.48
24	OCT	GA	9.11	0.93	1.52	10.08	112.98	44.83	18.22	2.28	190.85
25	OCT	GA	9.99	1.12	1.67	10.17	111.47	47.62	19.98	2.50	194.52

ANEXO L

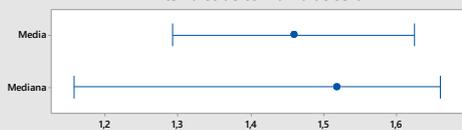
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TIEMPOS DEL PROCESO MEJORADO (ACTUAL)



Informe de resumen de Desbabado

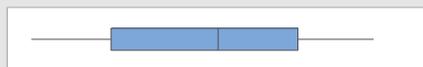
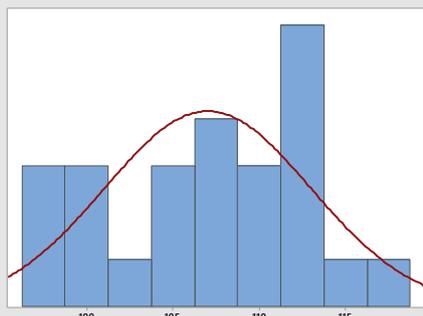


Intervalos de confianza de 95%

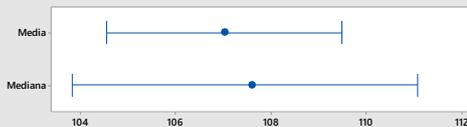


Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,51
Valor p	0,181
Media	1,4580
Desv. Est.	0,4024
Varianza	0,1619
Asimetría	0,09427
Curtosis	-1,30242
N	25
Mínimo	0,9000
1er cuartil	1,0417
Mediana	1,5167
3er cuartil	1,8083
Máximo	2,1000
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	1,2919 1,6241
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	1,1566 1,6601
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	0,3142 0,5598

Informe de resumen de Fermentación

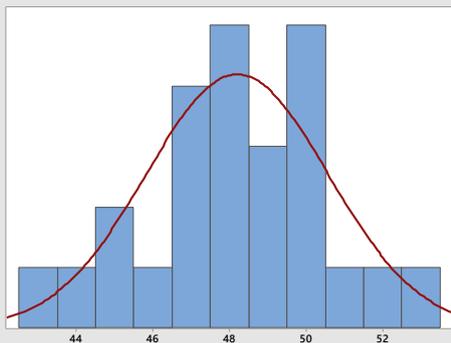


Intervalos de confianza de 95%

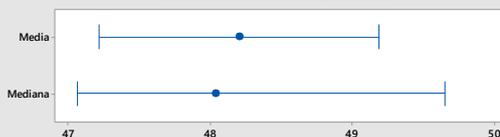


Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0,36
Valor p	0,428
Media	107,02
Desv. Est.	5,97
Varianza	35,67
Asimetría	-0,21737
Curtosis	-1,07991
N	25
Mínimo	96,77
1er cuartil	101,40
Mediana	107,60
3er cuartil	112,22
Máximo	116,65
Intervalo de confianza de 95% para la media	
	104,55 109,48
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
	103,83 111,07
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
	4,66 8,31

Informe de resumen de Secado Natural



Intervalos de confianza de 95%



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0,20
Valor p 0,866

Media 48,202
Desv.Est. 2,381
Varianza 5,668
Asimetría -0,172878
Curtosis -0,316487
N 25

Mínimo 43,400
1er cuartil 46,900
Mediana 48,033
3er cuartil 50,100
Máximo 52,617

Intervalo de confianza de 95% para la media

47,219 49,185

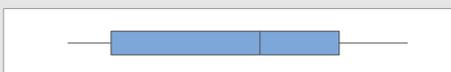
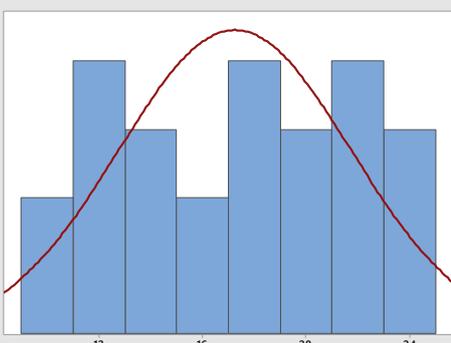
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

47,063 49,651

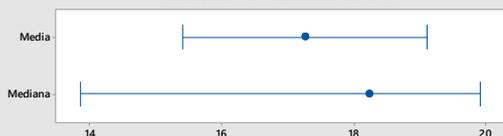
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

1,859 3,312

Informe de resumen de Secado Artificial



Intervalos de confianza de 95%



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0,61
Valor p 0,102

Media 17,250
Desv.Est. 4,476
Varianza 20,034
Asimetría -0,06510
Curtosis -1,42226
N 25

Mínimo 10,800
1er cuartil 12,475
Mediana 18,217
3er cuartil 21,275
Máximo 23,933

Intervalo de confianza de 95% para la media

15,402 19,098

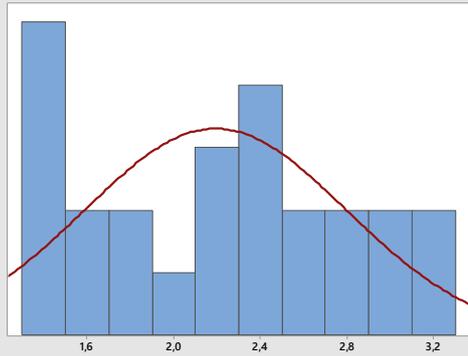
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

13,849 19,917

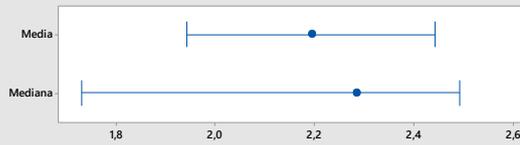
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

3,495 6,227

Informe de resumen de Ensacado y Paletizado



Intervalos de confianza de 95%



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado 0,51
Valor p 0,174

Media 2,1927
Desv.Est. 0,6043
Varianza 0,3652
Asimetría 0,09312
Curtosis -1,31200
N 25

Mínimo 1,3500
1er cuartil 1,5667
Mediana 2,2833
3er cuartil 2,7167
Máximo 3,1500

Intervalo de confianza de 95% para la media

1,9432 2,4421

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

1,7299 2,4934

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

0,4718 0,8407