



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Industrialización del proceso productivo de panela en cubos en pequeñas
y medianas empresas.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía
Ingeniero Ángel Villablanca Luoni

Autor
Sebastián Tobar Cordovez

Año
2010

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Ingeniero Ángel Villablanca Luoni
CI: 1303536039

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Sebastián Tobar Cordovez

CI: 1709618415

AGRADECIMIENTO

A las personas que trabajan en Agropecuaria El carmen, en especial al Ingeniero Felipe Carrasco por su colaboración y apoyo durante el desarrollo de este Trabajo de Titulación.

A mi director de tesis, el Ingeniero Ángel Villablanca por su guía y direccionamiento para realizar este trabajo.

A mi familia y amigos por su brindarme la motivación necesaria en los momentos difíciles, para terminar este trabajo.

A todas las personas que participaron durante toda mi formación universitaria.

Muchas gracias,

Sebastián

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo tecnificar el proceso productivo de panela cubos en pequeñas y medianas empresas, mediante el uso de la metodología Six Sigma. Este estudio se realizó tomando como referencia a la empresa “Agropecuaria El Carmen”

Este proyecto consta de nueve capítulos principales en los cuales se sustenta el estudio.

El capítulo uno presenta los antecedentes, el alcance, la justificación y los objetivos para este trabajo.

En el capítulo dos, se describe la situación actual de la empresa, una descripción de sus productos y sus procesos.

El capítulo tres explica los conceptos y métodos que van a ser utilizados y desarrollados para cumplir con los objetivos planteados.

Desde el capítulo cuatro hasta el capítulo ocho, conforman todo el desarrollo de la metodología Six Sigma y el método DMAIC. Durante estos cinco capítulos se levantó información para el análisis de los procesos y posteriormente la implementación de las mejoras para industrializar el proceso productivo.

Finalmente, en el capítulo nueve se incluyen las conclusiones y recomendaciones en base a la experiencias obtenidas durante la realización del proyecto.

ABSTRACT

The present work has for objective to technify the process at small and medium sized factories in which they produce panela cubes, a product obtained from the sugar cane.

This project consists of nine fundamental chapters in which the study is sustained.

Chapter one covers the background, scope, justification and objectives for this work.

Chapter two is about a general overview of the company, their products and processes.

Chapter three explains the concepts and methods that will be used to accomplish the raised objectives.

From chapter four to eight, the Six Sigma methodology and the DMAIC method are applied to analyze the processes and implement new technologies and production techniques for the company.

Finally, chapter nine is about the conclusions and recommendations based on the experiences acquired through the project.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 Historia	1
1.1.2 Ubicación.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
2. CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	4
2.1 ANTECEDENTES.....	4
2.2 ORGANIZACIÓN	4
2.2.1 Empleados	4
2.2.2 Principales productos	5
2.2.3 Principales clientes.....	5
2.2.4 Distribución.....	5
2.2.5 Proveedores	6
2.2.6 Ventas anuales.....	6
2.3 SISTEMA DE PRODUCCIÓN	9
2.3.1 Proceso de elaboración de la panela	9
2.3.2 Proceso de empacado de la panela.....	9
3. CAPÍTULO III: MARCO DE REFERENCIA.....	13
3.1 FUNDAMENTOS DE SIX SIGMA Y DE ESTADÍSTICA APLICADA.....	13
3.2 METODOLOGÍA SIX SIGMA.....	14

3.2.1 Descripción del método DMAIC	16
3.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA	18
3.3.1 Definiciones	18
3.3.2 Descripción de los datos.....	19
3.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD	20
3.4.1 Distribuciones de probabilidad	21
3.4.1.1 Distribuciones de probabilidad discreta	23
3.4.1.2 Distribución de probabilidad normal	23
3.4.1.3 Áreas bajo la curva normal	25
3.5 MÉTRICA SIGMA	26
4. CAPÍTULO IV: FASE DEFINE	29
4.1 DEFINICIÓN DEL FOCO DE MEJORA.....	29
4.2 IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS	32
4.2.1 CT Flowdown	32
4.2.2 Diagrama SIPOC-Macro	40
4.3 DEFINIR EL OBJETIVO DE MEJORA	41
4.4 FORMALIZAR EL PROYECTO	41
5. CAPÍTULO V: FASE MEASURE.....	42
5.1 MAPEAR EL PROCESO	42
5.1.1 Diagrama SIPOC – Detallado	42
5.2 DEFINIR Y VALIDAR LA MEDICIÓN	44
5.2.1 Tabulación de los datos	44
5.2.2 Representación gráfica de los datos	45
5.2.3 Cálculo de estadísticas descriptivas	48

5.3 DETERMINAR LA ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DEL PROCESO	49
5.3.1 Prueba de Normalidad	49
5.3.2 Gráficas de control	51
5.3.3 Capacidad del proceso.....	57
5.4 CONFIRMAR EL OBJETIVO DE MEJORA.....	60
6. CAPÍTULO VI: FASE ANALYZE	61
6.1 IDENTIFICAR CAUSAS POTENCIALES	61
6.1.1 Diagrama de árbol.....	61
6.2 SELECCIONAR LAS CAUSAS PRIMARIAS.....	63
7. CAPÍTULO VII: FASE IMPROVE	65
7.1 GENERAR Y SELECCIONAR SOLUCIONES	65
7.2 VALIDAR LA SOLUCIÓN	67
7.2.1 Estadística Descriptiva	67
7.2.2 Gráficas de Control	69
7.2.3 Estudio de Capacidad	70
7.3 DESCRIPCIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS	73
7.3.1 Implementación de las 5S	73
7.3.2 Plan de Capacitación	75
7.3.3 Elaboración de nuevos procedimientos	76
7.3.4 Rediseñar los puestos de trabajo.....	78
7.3.4.1 Entorno de trabajo	78
7.3.4.2 Puestos de trabajo.....	82
7.3.5 Layout de la planta	84
7.3.6 Guía de implementación para el túnel de termo-encogido y selladora.	86
7.3.4 Envase para almacenar y transportar la materia prima	88

8. CAPÍTULO VIII: FASE CONTROL	92
8.1 ESTANDARIZAR LAS MEJORAS	92
8.1.1 Plan de Acción	92
8.1.2 Estandarización del proceso	93
8.1.2.1 Control Visual	93
8.1.2.2 Gráficos de control zona.....	95
8.1.2.3 Documentación	96
8.2 FINALIZAR EL PROYECTO DE MEJORA.....	97
9. CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y	
RECOMENDACIONES	98
9.1 CONCLUSIONES	98
9.2 RECOMENDACIONES.....	101
10. BIBLIOGRAFÍA	104
10.1 LIBROS DE REFERENCIA	104
10.2 PAGINAS DE INTERNET	104
10.3 MANUALES	104
11. ANEXOS	105
11.1 ANEXO 1: GLOSARIO DE PRINCIPALES TÉRMINOS Y	
HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN SIX SIGMA.....	105
11.2 ANEXO 2: DATOS RECOLECTADOS PARA EL ESTUDIO	
DE CAPACIDAD	108
11.3 ANEXO: TABLAS DE CÁLCULOS PARA EL CT	
FLOWDOWN	111
11.3.1 Matriz de priorización CTY	111
11.3.2 Matriz de priorización CTX	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Diagrama de flujo para la producción de panela	11
Fig. 2.2 Diagrama de flujo para el empacado de la panela	12
Fig. 3.1 Representación de varias familias de distribución normal	24
Fig.3.2 Porcentajes de datos bajo la curva normal	26
Fig. 3.3 Áreas bajo la curva normal y los límites de especificación	27
Fig. 4.1 Árbol CTS para los requisitos del cliente.....	34
Fig. 4.2 Árbol CTY para las características del producto	36
Fig. 4.3 Árbol CTX para el proceso de empacado	38
Fig. 5.1 Diagrama SIPOC para el proceso de empacado de panela	43
Fig.5.2 Histograma para paquetes de 800 gramos.	45
Fig. 5.3 Histograma para paquetes de 400 gramos.	46
Fig. 5.4 Gráfica de series de tiempo para paquetes de 800 gramos.....	46
Fig. 5.5 Gráfica de series de tiempo para paquetes de 400 gramos.....	47
Fig. 5.6 Prueba de normalidad para los datos de paquetes de 800 gramos.....	49
Fig. 5.7 Prueba de normalidad para los datos de paquetes de 400 gramos.....	49
Fig. 5.8 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 800 gramos.	51
Fig. 5.9 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 800 gramos.	53
Fig. 5.10 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 400 gramos.	54
Fig. 5.11 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 400 gramos.	56
Fig. 5.12 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 800 gramos.	57
Fig. 5.13 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 400 gramos.	59
Fig. 6.1 Diagrama de árbol para identificación de causas.....	62
Fig. 7.1 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 800 gramos.	69

Fig. 7.2 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 400 gramos.	69
Fig. 7.3 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 800 gramos.	70
Fig. 7.4 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 400 gramos.	71
Fig. 7.5 Dimensiones para una estación de trabajo de pie.	82
Fig. 7.6 Dimensiones para el plano de trabajo horizontal.	83
Fig. 7.7 Layout antes de implementar las mejoras.	84
Fig. 7.8 Célula de trabajo.	85
Fig. 7.9 Vista superior de la caja	89
Fig. 7.10 Vista lateral de la caja.	90
Fig. 7.11 Vista frontal de la caja	91
Fig. 8.1 Secuencia para implementar las mejoras.	92
Fig. 8.2 Gráfico de control por zonas.	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ventas anuales a Santa María	6
Tabla 2.2 Ventas anuales a Comisariato del Ejército	7
Tabla 2.3 Ventas anuales a Nutrivital	7
Tabla 2.4 Ventas anuales a La Pesebrera	8
Tabla 2.5 Ventas anuales a Azul	8
Tabla 3.1 Tabla con la descripción de las 5 fases del método DMAIC	15
Tabla 3.2 Cuadro de herramientas utilizadas en cada fase del método DMAIC	17
Tabla 3.3 Niveles Sigma.....	28
Tabla 4.1 Cálculo de los pesos relativos de importancia entre cada criterio.....	30
Tabla 4.2 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio A	30
Tabla 4.3 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio B	30
Tabla 4.4 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio C	31
Tabla 4.5 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio D	31
Tabla 4.6 Matriz de priorización para la selección del proceso.....	31
Tabla 4.7 Priorización CTS de último nivel.....	35
Tabla 4.8 Clasificación de las CTY de último nivel.....	37
Tabla 4.9 Priorización de las CTY de último nivel	37
Tabla 4.10 Priorización de las CTX de último nivel	39
Tabla 4.11 Diagrama SIPOC-Macro.....	40
Tabla 5.1 Distribución de frecuencias para los paquetes de 800 gramos.....	44
Tabla 5.2 Distribución de frecuencias para los paquetes de 400 gramos.....	45
Tabla 5.3. Estadísticas descriptivas para los paquetes de 800 gramos.....	48
Tabla 5.4 Estadísticas descriptivas para los paquetes de 400 gramos.....	48
Tabla 6.1 Resumen de las causas específicas seleccionadas.	64
Tabla 7.1 Estadísticas descriptivas para los paquetes de 800 gramos.....	67
Tabla 7.2 Estadísticas descriptivas para los paquetes de 400 gramos.....	68
Tabla 7.3 Índices de capacidad para los paquetes de 800 gramos.	71
Tabla 7.4 Índices de capacidad para los paquetes de 400 gramos.	72
Tabla 7.5 Exposiciones al ruido permisibles para personas	78
Tabla 7.6 Niveles de iluminación para uso en diseño interior.	80

Tabla 7.7 Dimensiones de los paquetes	86
Tabla 7.8 Producción anual y diaria de paquetes	86
Tabla 7.9 Especificaciones de la selladora	87
Tabla 7.10 Especificaciones fundas plásticas	87
Tabla 7.11 Especificaciones del túnel de termo-encogido	87

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el presente capítulo se entrega cierta información básica sobre la empresa de producción de panela de la Hacienda El Carmen, como también sobre el problema que se desea abordar, la justificación y objetivos del estudio.

Actualmente en el Ecuador, existen pocos estudios sobre la panela y sus subproductos. La mayoría de la producción en el país se la realiza de forma artesanal o con conocimientos técnicos muy básicos. Si tomamos otros países en cuenta, como por ejemplo Colombia, podemos observar el gran potencial que existe con la panela, desde la tecnificación de los procesos de producción hasta la extensa variedad de subproductos que se pueden elaborar en base a esta.

Para tener una idea más clara de la situación, en los principales ingenios azucareros del Ecuador, el porcentaje de las plantaciones de caña de azúcar usadas para la producción de panela, esta por debajo del 10%, mientras que en otros países de la región esta cifra, esta en el 50%. Si bien es cierto que la demanda de panela en el país es baja y no se espera un mayor aumento en el futuro, con el desarrollo de los procesos, mejor calidad y presentación, nuevos productos y una mayor conciencia de los clientes sobre los beneficios de la panela para su salud, la demanda aumentaría de forma importante, así como la industria de la panela.

1.1.1 Historia

La administración de la "Hacienda El Carmen" se ha realizado por varios herederos. La producción de panela se inició en 1999. Cuenta con dos plantas en donde se procesa la caña de azúcar para obtener panela con un proceso netamente artesanal, las mismas que se encuentran a 1.5 Km. de distancia entre sí. La hacienda cuenta con 100 hectáreas de caña de azúcar.

1.1.2 Ubicación

Las fábricas de panela están ubicadas en la zona sub-tropical de la provincia de Pichincha, parroquia Nanegal, comuna Palmitopamba a una altura de 1200 msnm. El 80% de la población de este sector se dedica a la producción artesanal de panela y aguardiente debido al monocultivo de caña de azúcar, la cual puede producirse de manera eficiente debido al excelente clima del sector. El empaclado de la panela se lo realiza en la empacadora ubicada en la parroquia de Calacalí, Comunidad Rayocucho.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema fundamental que existe en esta empresa, es la gran cantidad de desperdicios que se producen en las distintas etapas de producción. En base a las visitas a las fábricas y a las entrevistas con el Ingeniero a cargo del proceso, se pudo observar desperdicios en la etapa de moldeo de los cubos, en donde no siempre se obtiene la forma deseada. La siguiente etapa en la que se encontró desperdicios fue en el transporte de los cubos, en los saquillos de yute, desde la fábrica hasta la empacadora. Finalmente se encontraron desperdicios en el empaclado, en la etapa de termo-encogido, ya que no existe un control en la temperatura y las fundas plásticas en algunos casos se rompen. Todos estos desperdicios causan una disminución en la productividad.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Actualmente la producción de panela en cubos en el Ecuador se realiza en su mayoría de forma artesanal y con muy poco conocimiento de parámetros técnicos sobre este proceso.

Por lo tanto, esta investigación se basa en la necesidad de los productores de panela, de optimizar sus procesos, alcanzar una mayor participación en el mercado y obtener mayores beneficios. Otro aspecto importante es asegurar la calidad de estos productos, para reducir las molestias causadas a los clientes por la mala calidad, de tal manera que esta investigación también significa un aporte para la sociedad.

1.4 OBJETIVOS

Con relación al objetivo general y específicos, se presenta los siguientes enunciados.

1.4.1 Objetivo general

Elaborar un manual de calidad para la fabricación de panela en cubos para eliminar los desperdicios y aumentar la productividad de la materia prima.

1.4.2 Objetivos específicos

- Aplicar el concepto de Six Sigma en pequeñas y medianas industrias dedicadas a la producción de panela en cubos.
- Desarrollar un plan de mejoras para el proceso productivo que sirva de base para un análisis de rentabilidad posterior.
- Proponer nuevas técnicas e introducir nuevas tecnologías para la fabricación de panela en cubos.

2. CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

2.1 ANTECEDENTES

Inicialmente las dos fábricas de la hacienda “El Carmen” producían únicamente bloques de panela redondos de 1400 gramos, que eran vendidos a las principales productoras de panela del sector (cuando a estas les faltaba materia prima). En enero del año 2007 la hacienda decide expandir su negocio, razón por la cual el nieto del actual administrador de la hacienda, funda la empresa “Agropecuaria El Carmen” para la distribución y la comercialización de la producción de panela. Adicionalmente se introduce al mercado una nueva presentación, la panela en cubos. En una de las fábricas fue instalada una desmoldadora para la producción de panela en cubos, mientras que en la otra fábrica se mantuvo la infraestructura para la producción de bloques de 1400 gramos. Finalmente se acondicionó una antigua bodega de la hacienda ubicada en Calacalí, para el empaque y la distribución de los productos. De esta forma la hacienda “El Carmen” actualmente vende toda su producción a “Agropecuaria El Carmen”. Los productos se comercializan bajo el nombre de “La Panela del Abuelo”.

2.2 ORGANIZACIÓN

2.2.1 Empleados

El número de empleados por fábrica es de 4 obreros distribuidos de la siguiente manera:

- Molienda de la caña (1)
- Batido de jugo de caña (1)
- Control del horno (1)
- Desmolde y empaque (1)

El suministro de caña de azúcar para cada fábrica es realizado diariamente a través de mulas.

En la empacadora el número de empleados es de 3 obreros distribuidos de la siguiente manera:

- Empacado (1)
- Etiquetado (1)
- Transporte (1)

La supervisión está asegurada por el dueño y un ingeniero (accionista)

2.2.2 Principales productos

- Panela en cubos en empaque de 400 gramos.
- Panela en cubos en empaque de 800 gramos.
- Panela en bloque de 1400 gramos.

El empaque de 400 gramos contiene 12 cubos y el empaque de 800 gramos contiene 24 cubos.

2.2.3 Principales clientes

Actualmente la empresa comercializa sus productos en los siguientes sitios:

- Nutrivital
- Comisariato del Ejército
- La Pesebrera
- Azul
- Santa María

2.2.4 Distribución

La distribución de los productos a los diferentes puntos de venta, se la realiza dos veces por semana, los días jueves y viernes, en un camión propio de la empresa con una capacidad de carga de 2 toneladas, adquirido en noviembre del año 2008.

2.2.5 Proveedores

Los principales insumos necesarios para el proceso de empaclado, con sus respectivos proveedores son:

- Panela comprada en la hacienda “El Carmen”
- Plástico termo-encogible comprado en Maquiempaques
- Etiquetas compradas en Andiflex
- Cartón comprado Cartonera Pichincha
- Sacos de yute comprados en tiendas en el centro de Quito.

La panela se compra una vez por semana, los días miércoles. El plástico, las etiquetas y el cartón se compran cada dos meses. Los sacos de yute son reutilizados y se los cambia cada año.

2.2.6 Ventas anuales

A continuación se muestra el número de paquetes entregados a cada cliente en los últimos 3 años.

Tabla 2.1 Ventas anuales a Santa María

Año	400 gramos	800 gramos	1400 gramos
2007	0	3000	2980
2008	19996	21844	24138
2009	32446	25508	32472
TOTAL DE PAQUETES	52442	50352	59590
TOTAL DE KILOS	20977	83426	40282

Fuente: Agropecuaria El Carmen.

Tabla 2.2 Ventas anuales a Comisariato del Ejército

Año	400 gramos	800 gramos	1400 gramos
2007	0	0	0
2008	1000	1092	1206
2009	1622	1275	1623
TOTAL DE PAQUETES	2622	2367	2829
TOTAL DE KILOS	1048	1893	3960

Fuente: Agropecuaria El Carmen.

Tabla 2.3 Ventas anuales a Nutrivital

Año	400 gramos	800 gramos	1400 gramos
2007	0	0	875
2008	0	0	965
2009	0	0	1298
TOTAL DE PAQUETES	0	0	3138
TOTAL DE KILOS	0	0	4393

Fuente: Agropecuaria El Carmen.

Tabla 2.4 Ventas anuales a La Pesebrera

Año	400 gramos	800 gramos	1400 gramos
2007	754	963	0
2008	1200	1310	0
2009	1946	1530	0
TOTAL DE PAQUETES	3900	3803	0
TOTAL DE KILOS	1560	3042	0

Fuente: Agropecuaria El Carmen.

Tabla 2.5 Ventas anuales a Azul

Año	400 gramos	800 gramos	1400 gramos
2007	1131	869	0
2008	1469	1216	0
2009	2156	1785	0
TOTAL DE PAQUETES	4756	3870	0
TOTAL DE KILOS	1902	3096	0

Fuente: Agropecuaria El Carmen.

2.3 SISTEMA DE PRODUCCIÓN

2.3.1 Proceso de elaboración de la panela

El proceso inicia con la recepción de la caña cortada, la cual es lavada (limpieza) y posteriormente molida en un trapiche (molienda) en donde se obtiene su jugo. El jugo es dirigido hacia un recipiente decantador y posteriormente se filtra el jugo en telas de acero inoxidable (filtrado).

Luego que el jugo es filtrado para eliminar sustancias sólidas, este es almacenado en pailas (clarificación). Para obtener la panela, el jugo de caña atraviesa por varias pailas calentadoras, para evaporar el agua, con lo que se conforma la panela (evaporación, concentración y punteo).

La panela llega hacia un recipiente en donde es batida manualmente (batido), para efectuar un pre-enfriamiento y para continuar eliminando el vapor de agua.

Finalmente la panela es colocada en moldes (moldeo), en donde empieza un periodo de solidificación (secado). Una vez enfriada y en estado sólido, la panela es inspeccionada y seleccionada (clasificación) para asegurarse que tenga la forma deseada. El producto rechazado regresa a la etapa de batido para ser reprocesado. A continuación es empacada en saquillos de yute (empaquete), en los cuales se almacena (almacenamiento) y posteriormente es trasladada hacia la empacadora ubicada en Calacalí (transporte).

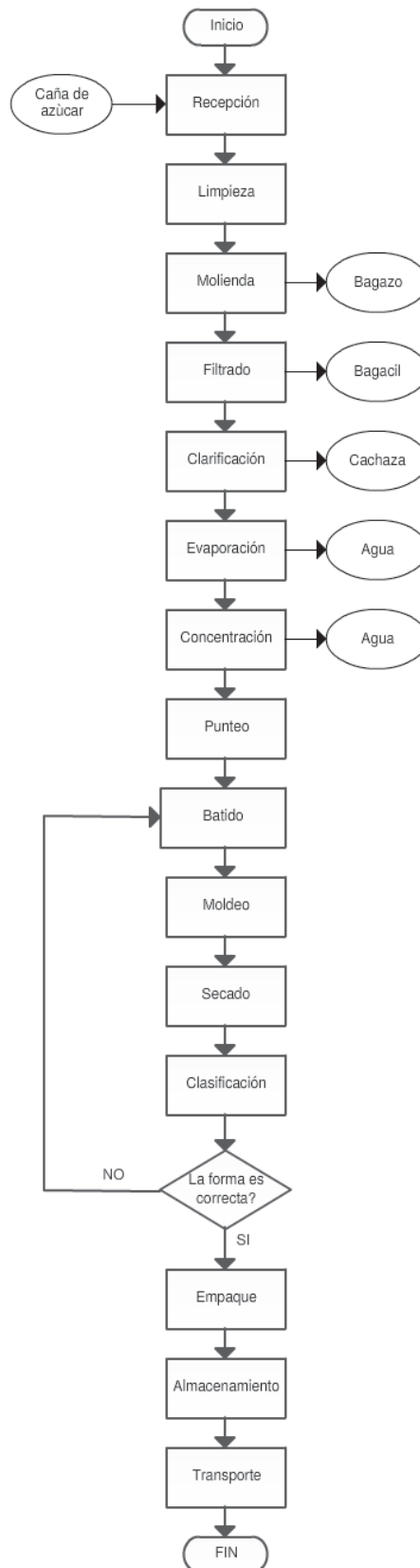
2.3.2 Proceso de empacado de la panela

Una vez en la empacadora, la panela es nuevamente inspeccionada y seleccionada. La panela que se encuentra en buen estado es colocada en bandejas de acero inoxidable con la finalidad de secarla en un horno. La panela que es rechazada, se envía nuevamente a la fábrica para su reproceso. Posteriormente es acomodada en moldes para introducirla en fundas plásticas termo-encogibles no tóxicas y se procede a aplicar calor con un secador industrial manual. Una vez realizado el proceso de termo-encogido, los paquetes son etiquetados y colocados en cajas de cartón para entregar a las comercializadoras. La empacadora trabaja por lotes llamados "paradas", que

corresponden a 3 sacos de yute (lo que corresponde a 78 paquetes de 800 gramos y 153 paquetes de 400 gramos). El número de paradas realizadas por día, varía dependiendo de la producción acumulada.

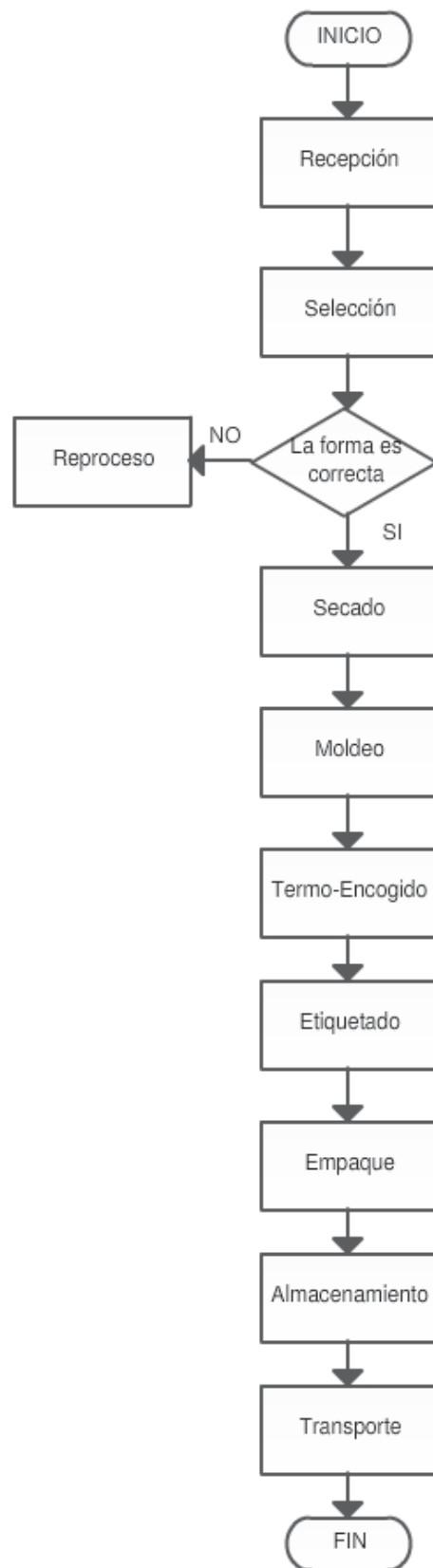
Una parada que se inicia no necesariamente se finaliza antes de comenzar otra parada: o sea existen productos en proceso. El día laboral es de 8 horas.

Fig. 2.1 Diagrama de flujo para la producción de panela



Fuente: Elaborada por el autor

Fig. 2.2 Diagrama de flujo para el empaqueo de la panela



Fuente: Elaborada por el autor

3. CAPÍTULO III: MARCO DE REFERENCIA

3.1 FUNDAMENTOS DE SIX SIGMA Y DE ESTADÍSTICA APLICADA

Six sigma es una manera diferente de manejar un negocio, que combinando nuevas ideas de gestión empresarial con herramientas estadísticas, se enfoca en la mejora continua de los procesos de una organización. Six Sigma tiene 6 puntos fundamentales dentro de su estructura:

- Mejorar la satisfacción del cliente.
- Mejora continua de los procesos
- Eliminar los defectos, buscar la perfección.
- Análisis basados en datos y hechos.
- Trabajo en equipo.
- Gestión proactiva

Mejorar en estas áreas, significa aumentar el número de clientes, asegurar la calidad del producto, oportunidades para entrar a nuevos mercados y lograr una importante reducción en los costos dentro de la empresa.

Definiciones de Six sigma:

- Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
- Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
- Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

El término Six Sigma hace referencia al objetivo de reducir los defectos hasta casi cero. Sigma es la letra griega que los estadísticos utilizan para representar la desviación estándar de una población. Esta desviación estándar nos indica cuanta variabilidad existe dentro de un grupo de elementos. Mayor variabilidad, mayor desviación. En términos estadísticos, por tanto, el propósito de Six Sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándares muy pequeñas, de manera que todos los productos o servicios cumplan con las expectativas de los clientes.

El objetivo, estadísticamente hablando, de Six Sigma es reducir los defectos hasta obtener solo 3.4 defectos por millón.

3.2 METODOLOGÍA SIX SIGMA

La metodología Six Sigma está basada en varios conceptos y fundamentos, que incluye el trabajo de Taguchi con su Ingeniería de la calidad, Control Estadísticos por Procesos, Benchmarking, estadística descriptiva y gestión empresarial.

Para su implementación Six Sigma cuenta con el Método DMAIC, por sus siglas en inglés, que mediante 5 fases permite seleccionar el proyecto de mejora continua cuyo objetivo es reducir la variabilidad dentro de los productos y servicios para asegurar la satisfacción de los clientes.

Tabla 3.1 Tabla con la descripción de las 5 fases del método DMAIC

DMAIC				
DEFINE	MEASURE	ANALYZE	IMPROVE	CONTROL
Definir foco de mejora	Mapear el proceso	Identificar causas potenciales	Generar y seleccionar soluciones	Estandarizar las mejoras
Identificar características Críticas	Definir y validar la medición	Seleccionar causas primarias	Validar la solución	Finalizar el proyecto
Definir objetivo de mejora	Determinar la estabilidad y capacidad del proceso			
Formalizar el proyecto de mejora	Confirmar objetivo del proyecto.			

Fuente: Certificación Profesional Six Sigma Green Belt, Qualiplus.

Es importante señalar, que este método se enfoca en la mejora de procesos ya existentes, pero manteniendo su estructura básica. Este método puede ser aplicado para el diseño o rediseño de proceso en los siguientes casos:

- La organización decide reemplazar sus procesos.
- La organización concluye que la mejora del proceso ya no es suficiente para asegurar la calidad del producto o servicio.
- La organización descubre una oportunidad para introducir un nuevo producto o servicio al mercado.

3.2.1 Descripción del método DMAIC.

FASE DEFINE

1. Definir foco de mejora: El proyecto de mejora tiene que estar alineado con los clientes y con los objetivos de la empresa. Es importante también que la alta dirección de la empresa participe en esta etapa.
2. Identificar características críticas: Se refiere a encontrar los requisitos principales del cliente y qué elementos dentro del proceso son relevantes para mejorar la satisfacción de estos requisitos.
3. Definir objetivo de mejora: Aquí se establece el objetivo del proyecto.
4. Formalizar el proyecto: Se realiza el plan del proyecto de mejora con todas las fases y su cronograma.

FASE MEASURE

1. Mapear el proceso: Detallar todas las etapas del proceso seleccionado en la fase anterior.
2. Definir y validar la medición: Seleccionar el método para recolectar los datos estadísticos del proceso.
3. Determinar la estabilidad y capacidad del proceso: Recolectar los datos del proceso y analizarlos para determinar su variabilidad.
4. Confirmar el objetivo del proyecto de mejora: Mediante el análisis de los datos se comprueba que el objetivo seleccionado en la fase Define, es el correcto.

FASE ANALYZE

1. Identificar causas potenciales: Desarrollar hipótesis sobre las causas que generan efectos negativos dentro del proceso.
2. Seleccionar causas principales: Validar las hipótesis.

FASE IMPROVE

1. Generar y validar soluciones: Desarrollar ideas para eliminar las causas identificadas.
2. Validar la solución: Probar las ideas desarrolladas, realizar pruebas y evaluar nuevamente la variación dentro del proceso.

FASE DE CONTROL

1. Estandarizar las mejoras: Realizar el plan de implementación de la solución, incorporando las mejoras en el proceso. Documentar las mejoras y entrenar al personal involucrado.
2. Finalizar el proyecto de mejora: Resumir los resultados finales obtenidos y realizar el informe del proyecto.

Tabla 3.2 Cuadro de herramientas utilizadas en cada fase del método

DMAIC

DMAIC				
DEFINE	MEASURE	ANALYZE	IMPROVE	CONTROL
1. Mapa de Procesos. 2. Matriz de priorización 3. Gráfico de Pareto. 4. Project Charter.	1. Diagrama SIPOC. 2. Matriz Causa y Efecto. 3. Isoplot	1. Análisis Causa y Efecto. 2. Diagrama de dispersión. 3. Análisis Multi-Var. 4. Ingeniería Robusta.	1. Diagrama de afinidades. 2. Diagrama de resolución de conflicto. 3. Árbol de contingencias. 4. TRIZ	1. Técnicas de estandarización de procesos. 2. Sistema Lean de producción. 3. Control Estadístico de procesos.

Fuente: Certificación Profesional Six Sigma Green Belt, Qualiplus.

3.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA

3.3.1 Definiciones

Estadística: Ciencia mediante la cual se recolecta, analiza e interpreta los datos para obtener una toma de decisiones más efectiva.

Existen 2 tipos de estadística:

- **Descriptiva:** Conjunto de métodos para organizar, resumir y presentar los datos de manera informativa.
- **Inferencial:** Conjunto de métodos utilizados para conocer algo acerca de una población, basándose en una muestra representativa.

Población: Conjunto de todos los posibles individuos, objetos o medidas de interés.

Muestra: Una porción, o parte, de la población de interés.

Niveles de medición

- **Nivel nominal:** Los datos se clasifican en categorías sin ningún orden específico entre las mismas.
- **Nivel ordinal:** Los datos se clasifican en categorías de menor a mayor, o de acuerdo a características propias de los datos.
- **Nivel de intervalo:** Los datos se clasifican de la misma forma que en el nivel ordinal con la diferencia de que, el incremento de una categoría a otra es constante.
- **Nivel de razón:** Los datos se clasifican de la misma forma que en el nivel de intervalo, pero además se considera el punto 0 (ausencia de característica) y la razón entre dos valores.

En los cuatro niveles, los datos aparecen solo en una categoría y solo una vez.

Tipos de datos o variables:

- Variable cualitativa o no numérica.
- Variable cuantitativa o numérica.

3.3.2 Descripción de los datos**Distribuciones de frecuencias y representaciones gráficas**

- **Distribución de frecuencias:** Agrupación de los datos en categorías mutuamente excluyentes que muestran el número de observaciones en cada una de estas categorías o clases.
- **Distribución de frecuencias relativas:** Muestra el porcentaje de observaciones en cada clase.

Las distribuciones de frecuencias pueden representarse gráficamente mediante un histograma o un polígono de frecuencias.

Medidas de tendencia central

- **Medida de tendencia central:** Es un valor único que resume un conjunto de datos. Señala el centro de los valores.
- **Media aritmética poblacional:** Es la suma de todos los valores de la población, dividida entre el número total de dichos datos.
- **Media aritmética muestral:** Es la suma de todos los valores de la muestra, dividida entre el número de todos los valores en la muestra.
- **Mediana:** Es el valor que corresponde al punto medio de los valores después de ordenarlos de menor a mayor, o de mayor a menor. Cincuenta por ciento de las observaciones son mayores que la mediana, y cincuenta por ciento son menores que ella.
- **Moda:** Es el valor de la observación que aparece con más frecuencia.

- **Media geométrica:** Se usa para encontrar el promedio de porcentajes, razones, índices o tasas de crecimiento, y se define como la raíz n -ésima del producto de los n valores positivos.

Medidas de dispersión

- **Amplitud de variación:** Es la diferencia entre el valor más grande y el más pequeño de un conjunto de datos.
- **Desviación media:** Es el promedio aritmético de los valores absolutos de las desviaciones con respecto a la media aritmética.
- **Varianza:** La media aritmética de las desviaciones cuadráticas con respecto a la media.
- **Desviación estándar:** La raíz cuadrada positiva de la varianza.

3.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD

Probabilidad: Valor que va desde cero hasta uno inclusive, que describe la posibilidad relativa de que ocurra un evento.

Dentro de la probabilidad existen 3 términos clave, que es importante definir.

Experimento: Proceso que conduce a que ocurra una (y solamente una) de varias observaciones posibles.

Resultado: Un suceso particular proveniente de un experimento.

Evento: Conjunto de uno o más resultados de un experimento.

Expresión matemática:

$$P(A) = nA/N$$

- nA : Total de resultados posibles de un evento A .
- N : Total de resultados de todos los puntos muestrales.

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

Existen 2 tipos importantes de evento:

1. **Mutuamente excluyentes:** Si ocurre un evento, el otro no puede suceder.
2. **Independientes:** La ocurrencia de uno, no afecta la ocurrencia del otro.

Reglas de adición y multiplicación eventos:

- Regla general de adición para los eventos:

$$P(A \text{ o } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ y } B)$$
- Regla especial de adición cuando los eventos son mutuamente excluyentes: $P(A \text{ o } B) = P(A) + P(B)$
- Regla general de multiplicación:

$$P(A \text{ y } B) = P(A)P(B|A)$$
 donde $P(B|A)$ es la probabilidad de A dado que B ha sucedido.
- Regla especial de multiplicación para eventos independientes:

$$P(A \text{ y } B) = P(A)P(B)$$

Regla del complemento: Sirve para determinar la probabilidad de que ocurra un evento, restando de 1 la probabilidad de que ese evento no ocurra.

$$P(A) = 1 - P(\sim A)$$

3.4.1 Distribuciones de probabilidad

Una distribución de probabilidad muestra todos los resultados posibles de un experimento y la probabilidad de cada resultado.

Variable aleatoria: Cantidad que es el resultado de un experimento, y debido al azar, puede tomar valores diferentes.

Existen dos tipos de variables aleatorias

1. **Discreta:** Variable que sólo puede tomar ciertos valores claramente separados y específicos.
2. **Continua:** Variable que puede tomar un valor de una cantidad infinitamente grande de valores.

Según si la variable es discreta o continua, la distribución de probabilidad es, de igual forma, discreta o continua.

Distribución de probabilidad discreta:

- La suma de las probabilidades es igual 1.00
- La probabilidad de un resultado particular está entre 0.00 y 1.00
- Los resultados son mutuamente excluyentes.

Distribución de probabilidad continua:

- Los resultados pueden asumir un número infinito de valores dentro de un intervalo específico.

Principales parámetros de una distribución de probabilidad

- **Media:** Es un valor típico que sirve para representar una distribución de probabilidad y es el valor promedio, a largo plazo, que puede tomar la variable aleatoria. La media es un promedio ponderado en el que los valores posibles se ponderan mediante sus probabilidades correspondientes de ocurrencia. Se denota con la letra griega mu minúscula (μ).
- **Varianza y desviación estándar:** Sirven para medir la dispersión o variación de los valores de la variable aleatoria alrededor de la media. La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza y se usa para medir la dispersión en la misma unidad de la variable aleatoria. La desviación estándar se denota con la letra griega sigma minúscula (σ).
- **Rango:** Es la diferencia entre el mayor valor y el menor valor de la variable aleatoria.

3.4.1.1 Distribuciones de probabilidad discreta

Distribución Binomial:

- Cada resultado se clasifica en una de dos categorías mutuamente excluyentes, el evento ocurre o no ocurre.
- La probabilidad de observar un evento es constante en cada experimento.
- Cada ensayo es independiente.
- La distribución resulta de contar el número de éxitos en una cantidad fija de experimentos.

Distribución hipergeométrica:

- Existen solo dos resultados posibles.
- La probabilidad de éxito no es la misma en cada experimento.
- La distribución resulta de contar el número de éxitos en una cantidad fija de experimentos.

Distribución de Poisson:

- Describe el número de veces que ocurre un evento en un intervalo específico.
- La probabilidad de éxito es proporcional a la extensión del intervalo.
- Los intervalos que no se superponen son independientes.
- La media y la varianza son iguales.

3.4.1.2 Distribución de probabilidad normal

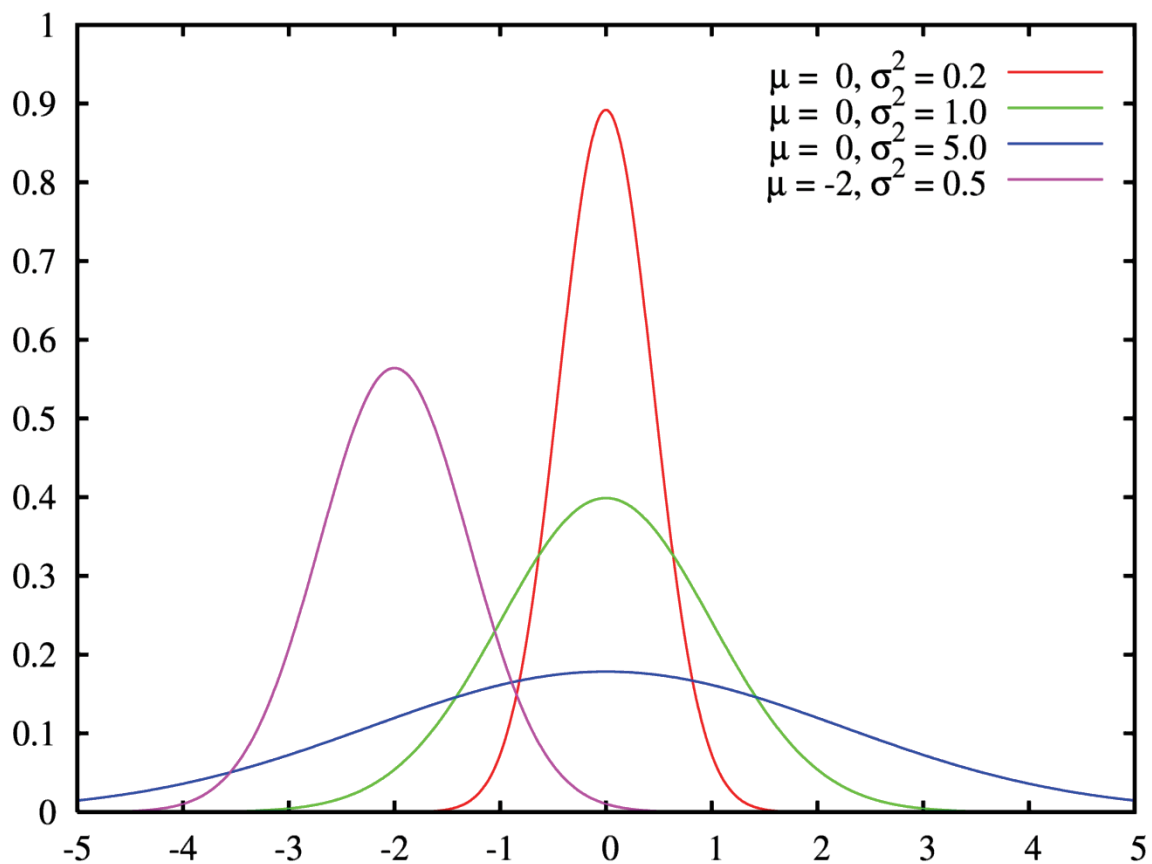
La distribución de probabilidad normal es una distribución de probabilidad continua y generalmente es el resultado de las mediciones de variables aleatorias continuas, como longitud, peso, volumen, tiempo, etc. La mayoría de fenómenos naturales sigue una distribución normal, por lo que esta distribución es muy utilizada en la inferencia estadística, el control estadístico de procesos y es la base de Six Sigma.

La distribución normal y su correspondiente curva tienen las siguientes características:

- La curva normal es acampanada y presenta un solo pico en el centro de la distribución y la media está ubicada en este pico.

- La curva es simétrica con respecto a su media.
- La curva decrece uniformemente en ambas direcciones a partir del valor central. Es asintótica, lo que significa que la curva se acerca al eje X pero nunca llega a tocarlo.
- Al igual que con las otras distribuciones, esta distribución es descrita por la media (μ) y la desviación estándar (σ)
- Existen varias familias de distribuciones de probabilidad normal, cada una con su media y desviación estándar.

Fig. 3.1 Representación de varias familias de distribución normal



Fuente: <http://es.wikipedia.org>

En el gráfico anterior se pueden observar las características de la distribución normal y algunos ejemplos de varias familias de distribuciones cada una con su respectiva media y desviación estándar.

Distribución de probabilidad normal estándar:

Debido a que el número de familias de distribuciones de probabilidad normal, es infinito y sería imposible construir una tabla de probabilidades para cada familia, cada familia puede ser transformada a una distribución de probabilidad normal estándar que tiene una media igual a 0 y una desviación estándar igual a 1. De esta forma podemos usar la tabla de probabilidades de la distribución normal estándar para cualquier familia.

Para convertir una familia de distribución de probabilidad normal a una estándar se usa la fórmula matemática del valor z.

Valor z: Diferencia entre un valor elegido, denotado por X, y la media μ , dividida entre la desviación estándar, σ .

$$Z = (X - \mu) / \sigma$$

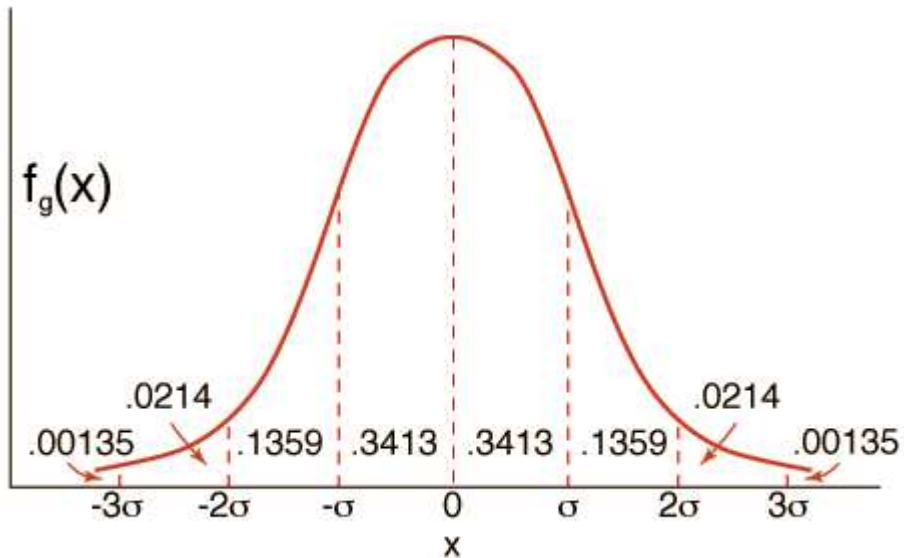
3.4.1.3 Áreas bajo la curva normal

Para comprender de mejor manera la métrica sigma, es necesario considerar las 3 áreas que existen bajo la curva de la distribución normal estándar:

1. Aproximadamente 68% del área bajo la curva normal está entre la media más una y menos una desviaciones estándar. Es decir el 68% de los datos, se agrupan en esta sección.
2. Alrededor de 95% del área bajo la curva está entre la media más dos y menos dos desviaciones estándar.
3. Alrededor de 99.7% del área bajo la curva normal está entre la media más tres y menos tres desviaciones estándar.

Lo anterior se muestra en el siguiente gráfico:

Fig.3.2 Porcentajes de datos bajo la curva normal



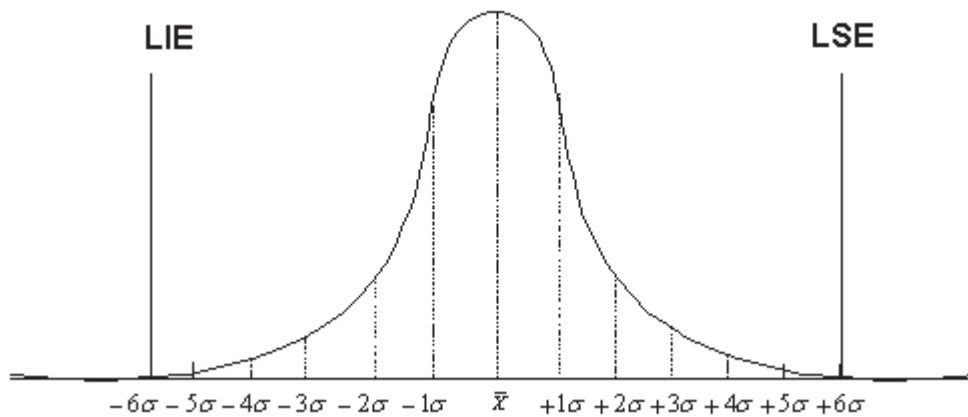
Fuente: <http://ecosdelaeconomia.wordpress.com>

3.5 MÉTRICA SIGMA

Basándose en la distribución de probabilidad normal estándar, la métrica sigma mide el rendimiento de los procesos o su capacidad, es decir cuál es el porcentaje de producto defectuoso fabricado.

La capacidad del proceso se determina mediante el número de desviaciones estándar (σ), que existen entre la media (μ) del proceso y los límites de especificación (LSE, límite de especificación superior y LIE, límite de especificación inferior). Estos límites representan los requisitos que tiene que cumplir el producto y generalmente son determinados por el fabricante, el cliente o sujeto a normas legales.

Fig. 3.3 Áreas bajo la curva normal y los límites de especificación



Fuente: Forrest W. Breyfogle III, "Implementing Six Sigma"

Existen dos índices para describir la capacidad del proceso:

C_p : Este valor nos indica la distancia entre la media (cuando la media está centrada) y los límites de especificación. Se calcula según la siguiente fórmula,

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

C_{pk} : Este valor nos permite medir la distancia entre la media y los límites de especificación cuando la media no se encuentra centrada.

Fórmulas para calcular el C_{pk} :

$$C_{pk} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (\text{Desplazamiento hacia la derecha})$$

$$C_{pk} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (\text{Desplazamiento hacia la izquierda})$$

En la siguiente tabla, se puede observar los diferentes niveles sigma, cada uno con su correspondiente DPMO (Defectos por millón de oportunidades), Cp y Cpk.

Tabla 3.3 Niveles Sigma

Nivel Sigma	DPMO	Cp	Cpk
1	691,462	0.33	-0.17
2	308,538	0.67	0.17
3	66,807	1	0.5
4	6,210	1.33	0.83
5	233	1.67	1.17
6	3.4	2.00	1.5

Fuente: Elaborada por el autor.

Con la metodología Six Sigma se busca alcanzar un nivel sigma igual a 6.

4.CAPÍTULO IV: FASE DEFINE

En este capítulo se va a desarrollar la primera fase del método DMAIC para seleccionar el tema de mejoramiento para Agropecuaria El Carmen, asegurándose que el proyecto de mejora sea de alto impacto para la empresa.

4.1 DEFINICIÓN DEL FOCO DE MEJORA

Actualmente existen 3 actividades principales dentro de la empresa, que podrían servir como base para desarrollar el proyecto de mejora. Para seleccionar la actividad más importante para la empresa, se utilizó una matriz de priorización. Los principales elementos para esta matriz, son las alternativas y los criterios. Estos se detallan a continuación:

Alternativas

- Proceso de elaboración de la panela
- Transporte de la panela hacia la empacadora
- Proceso de empaclado

Criterios para seleccionar las alternativas

- Mayor impacto sobre la satisfacción de los clientes
- Mayor cantidad de información técnica de la actividad
- Bajo grado de complejidad de la actividad
- Mayor cantidad de desperdicios durante la operación

Las alternativas y los criterios se seleccionaron conjuntamente con el ingeniero a cargo de los procesos, en base a los problemas de la empresa y la disponibilidad de recursos económicos, de tiempo y de mano de obra, para realizar el proyecto de mejora.

4.1.1 Matriz de priorización

El primer paso para la construcción de la matriz, es determinar el orden de importancia de los criterios. En base a la situación actual de la empresa, se determinó que los criterios más importantes son, mayor impacto sobre la satisfacción del cliente y la mayor cantidad de desperdicios. Estos criterios son los que mayor influencia van a tener en la selección de la alternativa para el proyecto de mejora.

Tabla 4.1 Cálculo de los pesos relativos de importancia entre cada criterio

	A	B	C	D	Suma	Porcentaje
A. Mayor impacto sobre la satisfacción del cliente		7	9	5	21	35.00 %
B. Mayor cantidad de información técnica de la actividad	3		7	3	13	21.67 %
C. Bajo grado de complejidad de la actividad	1	3		3	7	11.67 %
D. Mayor cantidad de desperdicios en la operación	5	7	7		19	31.67 %

Fuente: Elaborada por el autor.

En las siguientes 4 tablas, se comparan las 3 alternativas con cada uno de los criterios, para determinar cuál de estas alternativas satisface de mejor manera a estos últimos.

Tabla 4.2 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio A

A. Mayor impacto sobre la satisfacción del cliente	1	2	3	Suma	Porcentaje
1. Proceso de elaboración de la panela		3	1	4	13.33%
2. Transporte de la panela hacia la empacadora	7		5	12	40.00%
3. Proceso de empacado	9	5		14	46.67%

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4.3 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio B

B. Mayor cantidad de información técnica de la actividad	1	2	3	Suma	Porcentaje
1. Proceso de elaboración de la panela		7	5	12	40%
2. Transporte de la panela hacia la empacadora	3		3	6	20%
3. Proceso de empacado	5	7		12	40%

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4.4 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio C

C. Bajo grado de complejidad de la actividad	1	2	3	Suma	Porcentaje
1. Proceso de elaboración de la panela		3	1	4	13.33%
2. Transporte de la panela hacia la empacadora	7		3	10	33.33%
3. Proceso de empacado	9	7		16	53.33%

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4.5 Grado de cumplimiento de las alternativas para el criterio D

D. Mayor cantidad de desperdicios en la operación	1	2	3	Suma	Porcentaje
1. Proceso de elaboración de la panela		5	3	8	26.67%
2. Transporte de la panela hacia la empacadora	5		3	8	26.67%
3. Proceso de empacado	7	7		14	46.67%

Fuente: Elaborada por el autor.

Finalmente se realizó la matriz de síntesis para seleccionar la mejor alternativa. Como resultado se obtuvo, que el proceso de empacado es el que cumple con los criterios de la mejor manera, por lo tanto este proceso va a conformar el tema de mejoramiento. Este tema es de alto impacto para la empresa porque tomando en cuenta los dos criterios más importantes planteados anteriormente, una mejora en el proceso significa aumentar la satisfacción de los clientes, lo que genera mayores ventas y también se reducirá los desperdicios, lo que a su vez disminuye los costos de producción.

Tabla 4.6 Matriz de priorización para la selección del proceso

	A	B	C	D	
	0.3500	0.2167	0.1167	0.3167	Porcentaje
1. Proceso de elaboración de la panela	0.1333	0.4000	0.1333	0.2667	23.33%
2. Transporte de la panela hacia la empacadora	0.4000	0.2000	0.3333	0.2667	30.67%
3. Proceso de empacado	0.4667	0.4000	0.5333	0.4667	46.00%

Fuente: Elaborada por el autor.

4.2 IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS

4.2.1 CT Flowdown

En esta etapa se definen los requisitos del cliente para que esté completamente satisfecho con el producto. Estos requisitos se denominan Características CTS (*“Critical to Satisfaction”*). Una vez definidos los requerimientos del cliente, es necesario identificar las propiedades del producto que afectan a las CTS del mismo. Estas propiedades se denominan Características CTY (*“Critical to Product”*). Finalmente se identifican los parámetros de los procesos que afectan a las CTY. Estos parámetros se denominan CTX (*“Critical to Process”*).

Características CTS:

Tomando como referencia, un estudio de mercado realizado por Agropecuaria El Carmen y el número de quejas de los clientes sobre el producto, se determinó que las CTS principales para la panela en cubos son:

- Buena presentación
- Fácil de usar
- Buena apariencia
- Buen sabor

Cada una de estas CTS fue detallada en varios niveles hasta llegar a los requisitos específicos que cubren las necesidades de los clientes. Este conjunto de requisitos está representado en la figura 4.1 mediante un diagrama de árbol.

Características CTY:

Se identificaron 3 componentes básicos de un paquete de panela que afectan a las características CTS, estos son:

- Empaque plástico
- Cubos de panela
- Etiqueta

De igual manera cada uno de estos componentes fue detallado en varios niveles, mediante un árbol CTY representado en la figura 4.2. En los niveles finales las CTY pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- CTQ (*Critical to Quality*) Esta CTY afecta a las CTS en términos de calidad.
- CTC (*Critical to Cost*) Esta CTY afecta a las CTS en términos de costo.
- CTD (*Critical to Delivery*) Esta CTY afecta a las CTS en términos de entrega.

Características CTX:

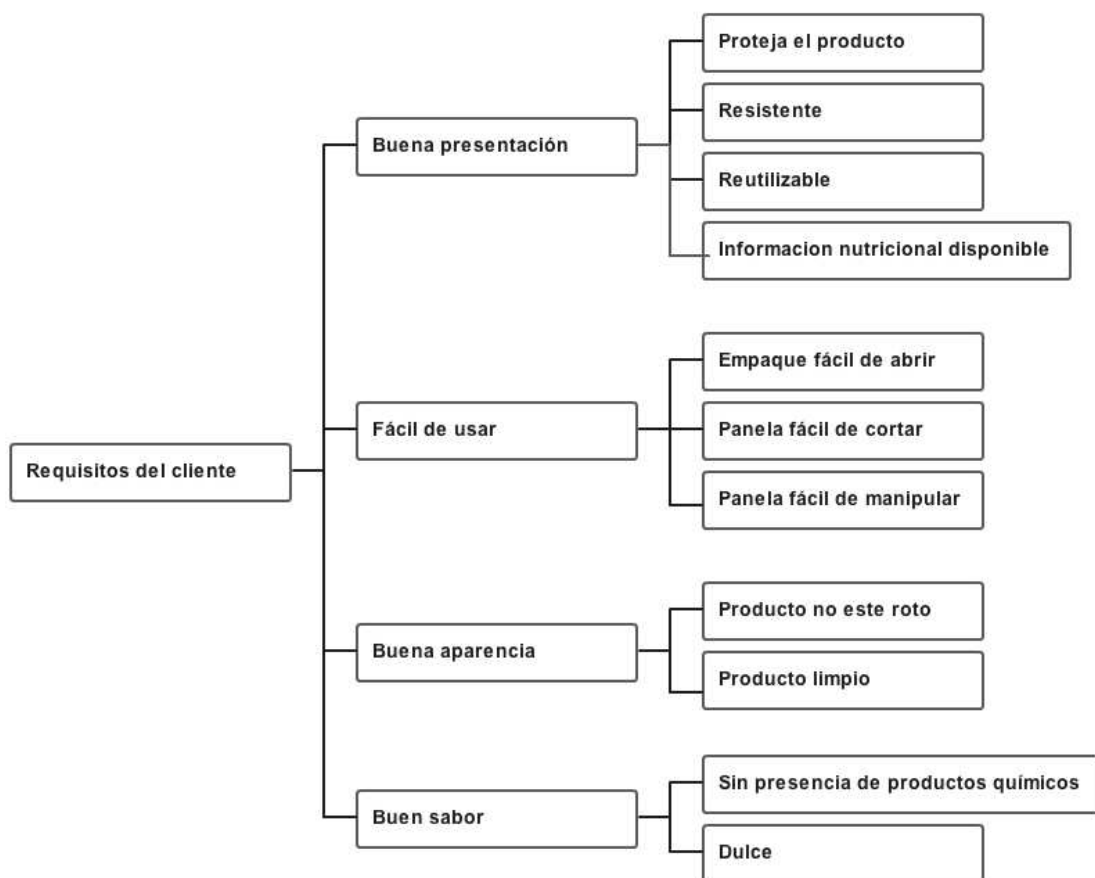
Dentro del proceso de empacado, se identificaron 4 operaciones que afectan a las CTY.

- Selección
- Secado
- Termo-encogido
- Etiquetado.

Las 4 operaciones también fueron detalladas en varios niveles usando un árbol CTX representado en la figura 4.3. En los últimos niveles se encuentran parámetros y variables de cada una de las operaciones.

Mediante el control de estos parámetros y variables, se asegura que los procesos estén dentro de las tolerancias requeridas para obtener productos de buena calidad, que cumplan con los requisitos de los clientes.

Fig. 4.1 Arbol CTS para los requisitos del cliente



Fuente: Elaborada por el autor

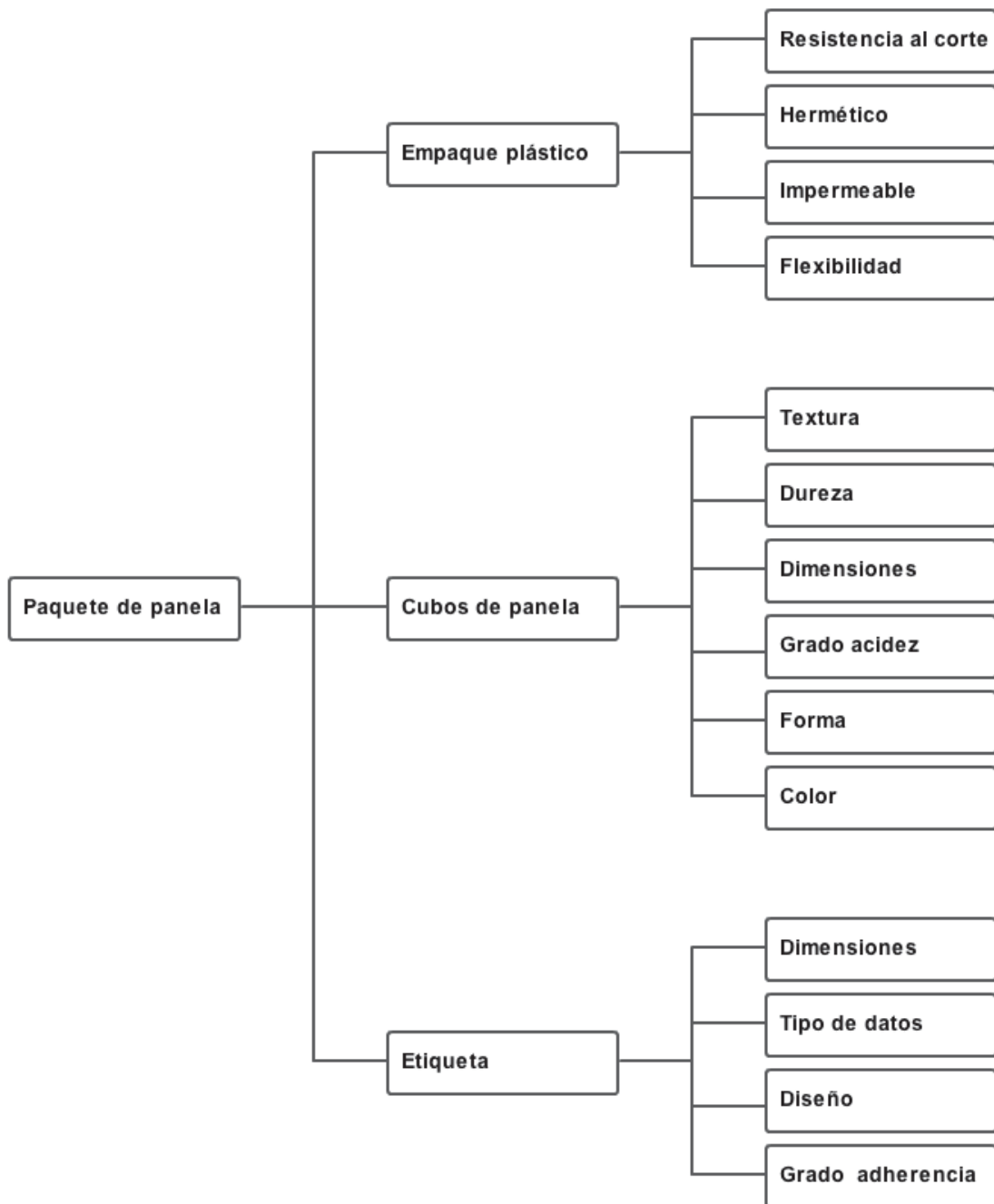
Las CTS de último nivel fueron calificadas en una escala de 1 a 9 (1 lo más bajo y 9 lo más alto), tomando como referencia el tipo y cantidad de quejas del cliente.

Tabla 4.7 Priorización CTS de último nivel

CTS	Prioridad	CTS	Prioridad
1. Proteja el producto	9	7. Panela fácil de manipular	4
2. Resistente	7	8. Producto no esté roto	6
3. Reutilizable	3	9. Producto limpio	8
4. Información Nutricional	8	10. Sin productos químicos	7
5. Empaque fácil abrir	8	11. Dulce	6
6. Panela fácil de cortar	9		

Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 4.2 Arbol CTY para las características del producto



Fuente: Elaborada por el autor

Tabla 4.8 Clasificación de las CTY de último nivel

CTQ	CTC
Resistencia al corte	Dimensiones de los cubos
Hermético	Color de los cubos
Impermeable	Dimensiones de la etiqueta
Flexibilidad	Grado de adherencia
Textura	Diseño
Dureza	
Grado de acidez	
Forma	
Tipo de datos	

Fuente: Elaborada por el autor.

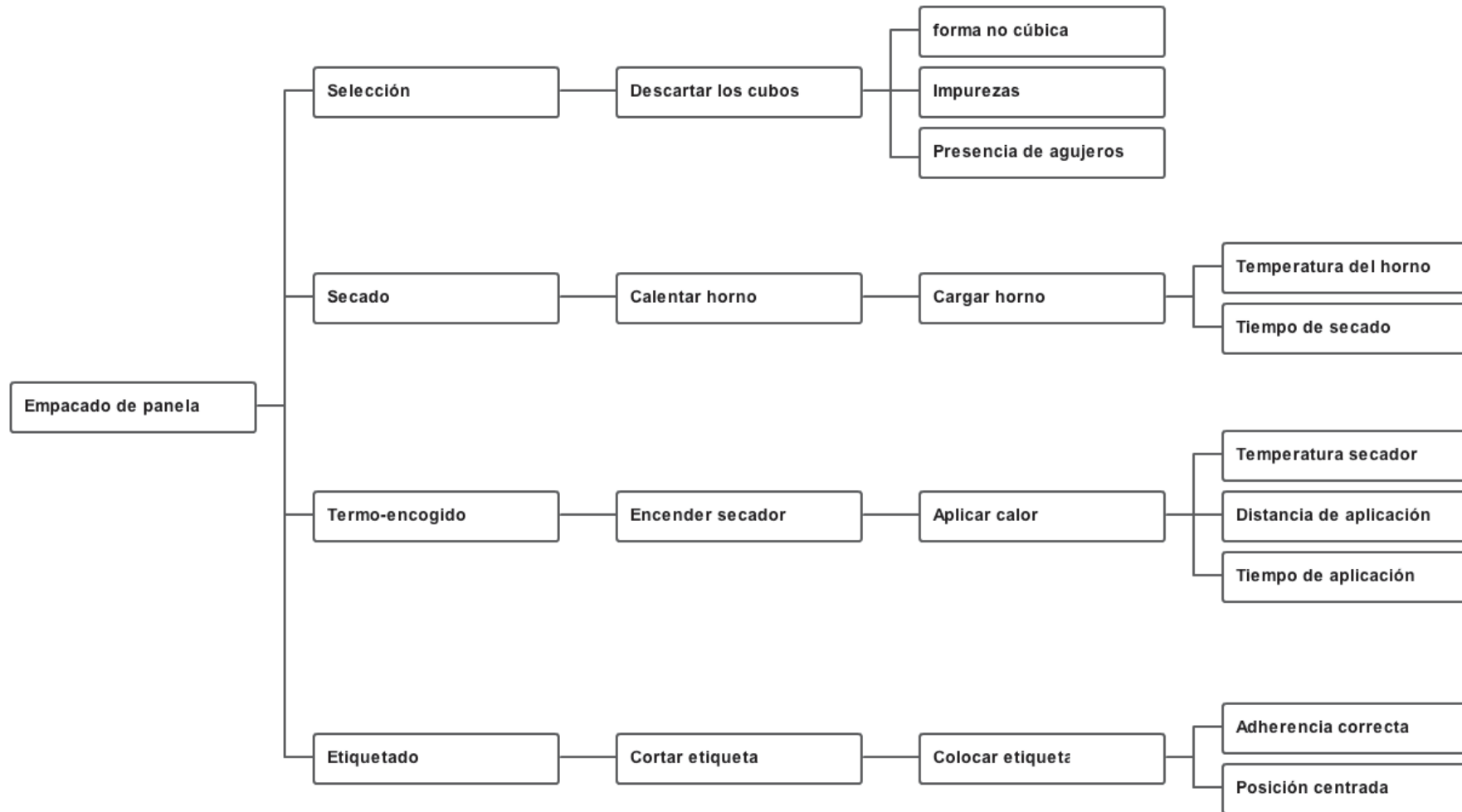
Tabla 4.9 Priorización de las CTY de último nivel

CTY	Prioridad	CTY	Prioridad
1. Resistencia corte	9.0	8. Grado acidez	4.6
2. Hermético	7.2	9. Forma	6.6
3. Impermeable	6.6	10. Color	2.8
4. Flexibilidad	4.1	11. Dimensiones etiqueta	1.0
5. Textura	4.6	12. Tipo de datos	2.8
6. Dureza	3.6	13. Diseño	1.0
7. Dimensiones panela	4.6	14. Grado adherencia	1.0

Fuente: Elaborada por el autor.

La priorización de las CTY, se realizó en base al grado de relación que tiene cada una de estas sobre las CTS. (Ver anexo 11.3)

Fig. 4.3 Arbol CTX para el proceso de empackado



Fuente: Elaborada por el autor

Tabla 4.10 Priorización de las CTX de último nivel

CTX	Prioridad
1 .Forma no cúbica	6.1
2. Impurezas	4.3
3. Presencia de agujeros	6.1
4. Temperatura del horno	3.4
5. Tiempo de secado	3.4
6. Temperatura secador	5.1
7. Distancia de aplicación	6.7
8. Tiempo de aplicación	9
9. Adherencia correcta	1.3
10. Posición centrada	1

Fuente: Elaborada por el autor.

Los parámetros y variables que tengan los valores más altos, son lo que requieren un control más fuerte para asegurar la calidad del producto final. (Ver anexo 11.3)

4.2.2 Diagrama SIPOC-Macro

Finalmente para completar esta etapa de la fase DEFINE, se realizó un mapa del proceso de empaclado, mediante un diagrama SIPOC, para identificar las etapas básicas del proceso y definir las fronteras entre las cuales está el foco de mejoramiento.

Tabla 4.11 Diagrama SIPOC-Macro

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
<ul style="list-style-type: none"> - Hacienda el Carmen - Maquiempaques - Cartonera Pichincha - Andiflex - Tiendas Centro de Quito 	<ul style="list-style-type: none"> - Panela - Plástico termo-encogido - Cajas de cartón - Etiquetas - Sacos de yute 	<ul style="list-style-type: none"> - Recibir la panela - Descargar los sacos de yute - Seleccionar la panela - Hornear la panela - Organizar la panela en moldes - Introducir los moldes en las fundas plásticas - Realizar proceso termo-encogido - Etiquetar los paquetes - Guardar los paquetes en las cajas de cartón - Cargar las cajas en el camión 	<ul style="list-style-type: none"> - Paquetes de 400grs - Paquetes de 800 grs. - Paquetes de 1400 grs. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nutrivital - Comisariato del Ejército - La Pesebrera - Azul - Santa María

Fuente: Elaborada por el autor.

4.3 DEFINIR EL OBJETIVO DE MEJORA

- Reducir el número de kilogramos de panela, desperdiciados durante el proceso de empaçado.

El objetivo cumple con los 3 elementos clave para su definición, éstos son:

- Sentido de la mejora (Reducir)
- Indicador numérico de desempeño
(kilogramos desperdiciados/kilogramos producidos)
- Referencia a un proceso o producto (Proceso de empaçado)

4.4 FORMALIZAR EL PROYECTO

- Declaración del problema: Alto nivel de desechos generados en las distintas etapas del proceso de empaçado.
- Objetivo de mejora: Reducir el número de kilogramos de panela, desperdiciados durante el proceso de empaçado.
- Impacto financiero: Al reducir los desperdicios, bajan los costos de reproceso y aumenta la productividad, generando mayores beneficios económicos para la empresa.

5. CAPÍTULO V: FASE MEASURE

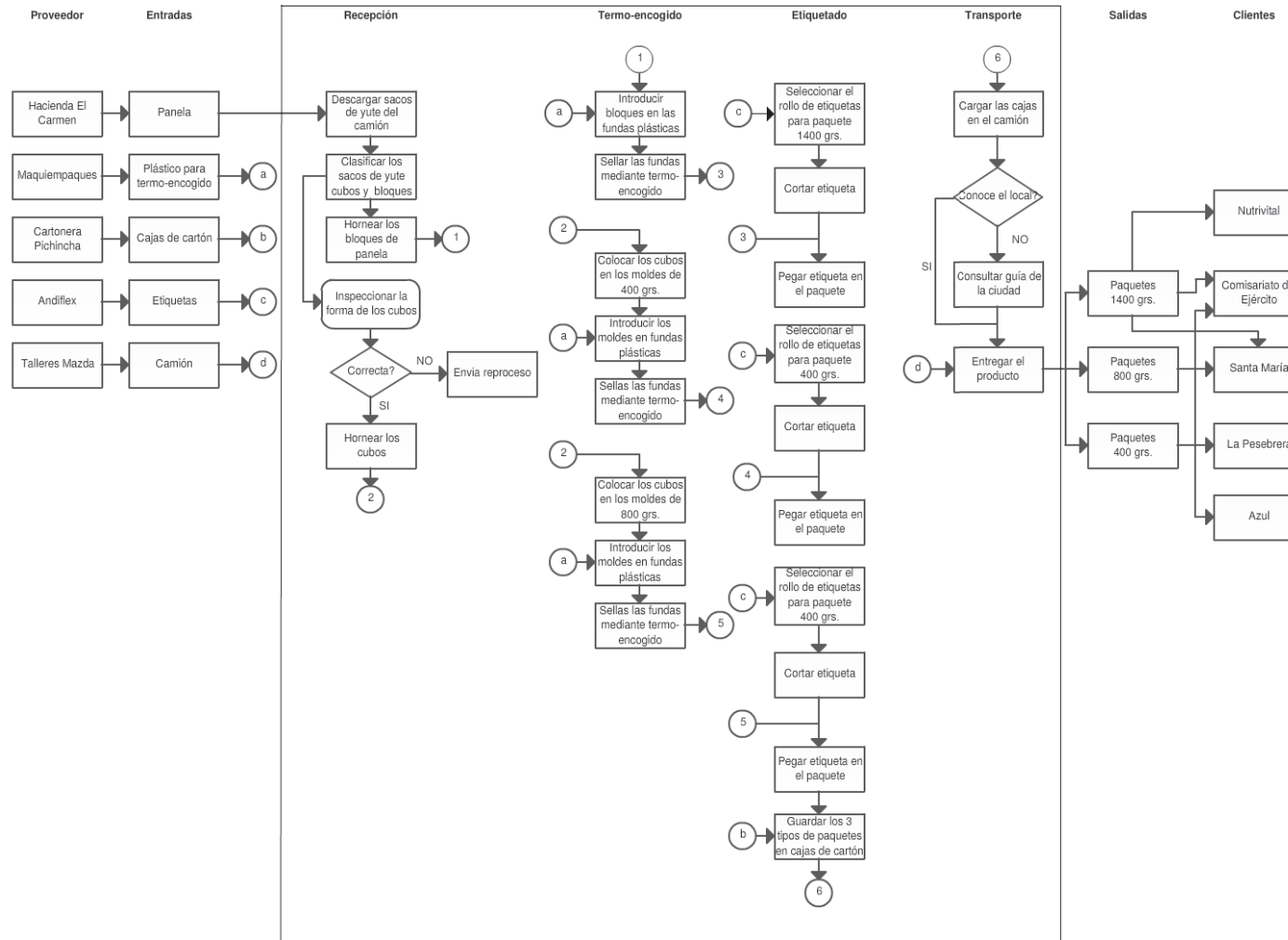
En esta fase, se recolectó información y datos estadísticos sobre el proceso de empacado, para una descripción más detallada del mismo y facilitar la detección de las causas que generan los problemas planteados en los capítulos anteriores.

5.1 MAPEAR EL PROCESO

5.1.1 Diagrama SIPOC – Detallado

Mediante este método se puede visualizar el flujo del proceso y todas sus actividades. También es importante para entender de mejor manera el proceso e identificar las CTX, para su medición.

Fig. 5.1 Diagrama SIPOC-detallado para el proceso de empackado de panela



Fuente: Elaborada por el autor

5.2 DEFINIR Y VALIDAR LA MEDICIÓN

Para la etapa de medición se seleccionaron las siguientes CTX:

- Forma no cúbica
- Presencia de agujeros

La principal razón para su selección, además de tener un alto nivel de prioridad, fue que estas CTX están relacionadas directamente con el principal problema de la empresa, el desperdicio de panela: debido a que durante la etapa de inspección los paquetes con cubos con estas características se rechazan. Y durante el resto del proceso no se producen daños en los cubos. La medición de las CTX se realizó, en base al número de paquetes que se obtuvieron por cada saco de yute.

Para la recolección de datos, se observó diariamente el número de paquetes “buenos” de 400 y 800 gramos que se obtuvieron en cada parada (osea aquellos que no fueron rechazados en la inspección). La recolección de datos se realizó durante 24 semanas, en 3 períodos y se obtuvieron un total de 100 datos por cada tipo de paquete. En el primer período se obtuvieron 50 datos y en el segundo y tercer período se obtuvieron 25 datos en cada uno de estos.

5.2.1 Tabulación de los datos

Tabla 5.1 Distribución de frecuencias para los paquetes de 800 gramos

Número de paquetes	Frecuencia
72	4
73	20
74	36
75	34
76	5
77	1

Fuente: Elaborada por el autor.

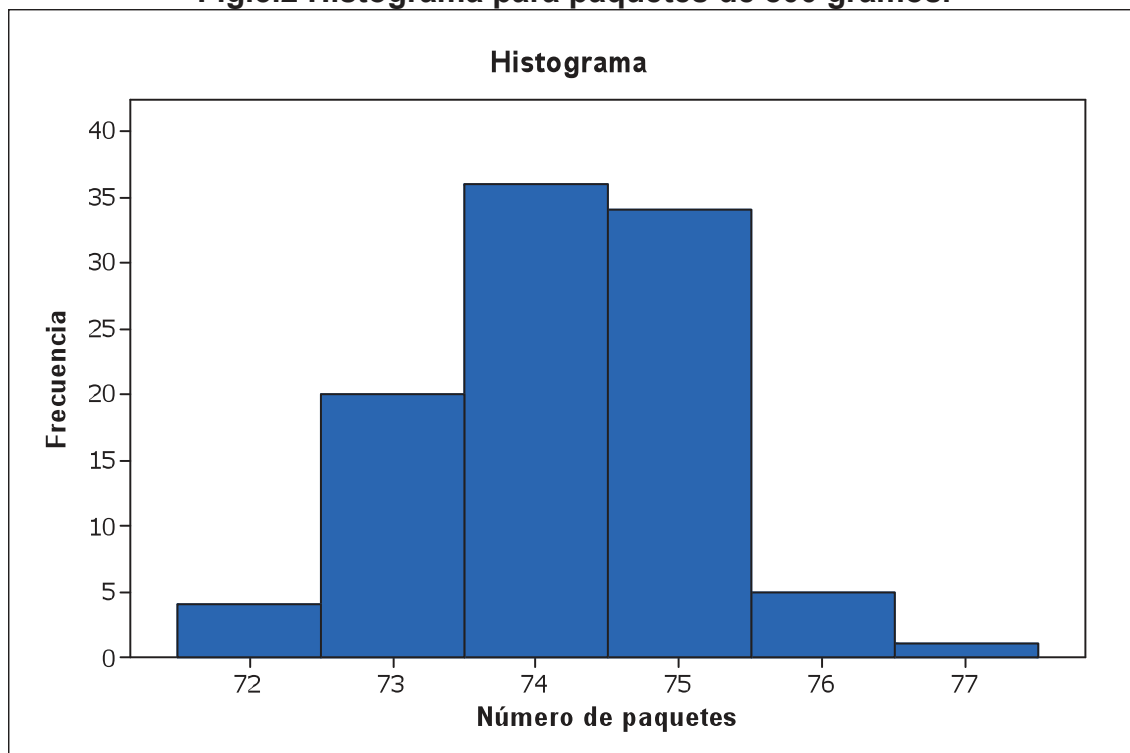
Tabla 5.2 Distribución de frecuencias para los paquetes de 400 gramos

Número de paquetes	Frecuencia
142	1
143	0
144	1
145	5
146	4
147	9
148	19
149	25
150	30
151	4
152	2

Fuente: Elaborada por el autor.

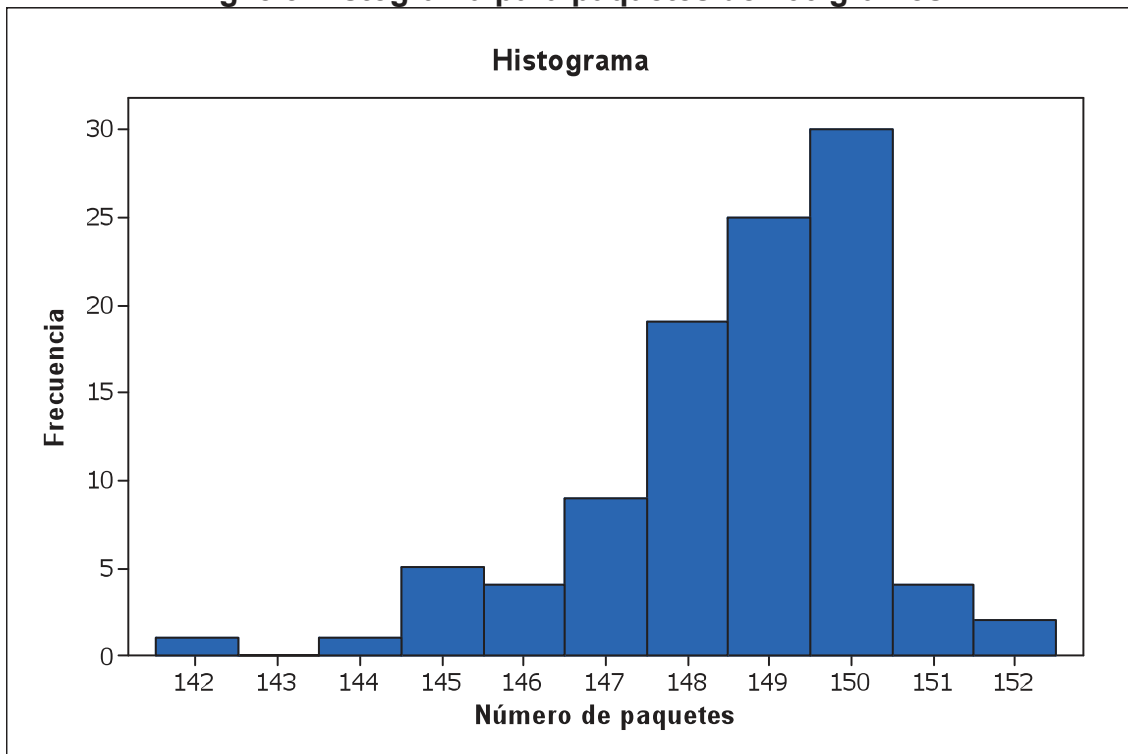
5.2.2 Representación gráfica de los datos

Fig.5.2 Histograma para paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 5.3 Histograma para paquetes de 400 gramos.



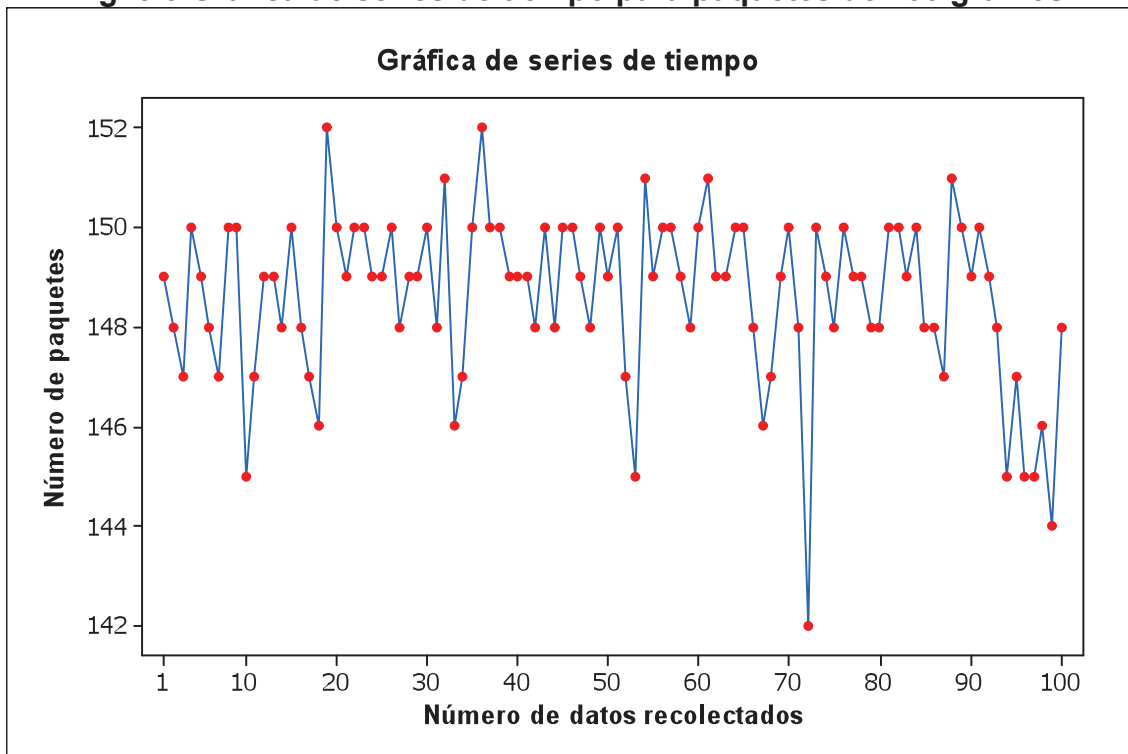
Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 5.4 Gráfica de series de tiempo para paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 5.5 Gráfica de series de tiempo para paquetes de 400 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

En los histogramas se puede observar, el rango de los datos, su concentración en determinadas regiones y la forma del gráfico.

Para el gráfico de los paquetes de 800 gramos, los datos tienen una forma normal y se encuentran concentrados hacia la izquierda de la media.

Para el gráfico de los paquetes de 400 gramos, los datos tienen una forma asimétrica con cola hacia la izquierda y se encuentran concentrados hacia la derecha de la media.

En los gráficos de series de tiempo, se puede analizar cómo se comporta el proceso, a lo largo del tiempo y determinar si efectivamente el proceso está fuera de control.

5.2.3 Cálculo de estadísticas descriptivas

Tabla 5.3. Estadísticas descriptivas para los paquetes de 800 gramos.

Total de datos	100
Media	74.19
Desviación estándar	0.982
Mínimo	72
Máximo	77
Rango	5
Q1	74
Q3	75
Rango intercuartil	1
Mediana	74
Moda	74
Número de datos para moda	36

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 5.4 Estadísticas descriptivas para los paquetes de 400 gramos.

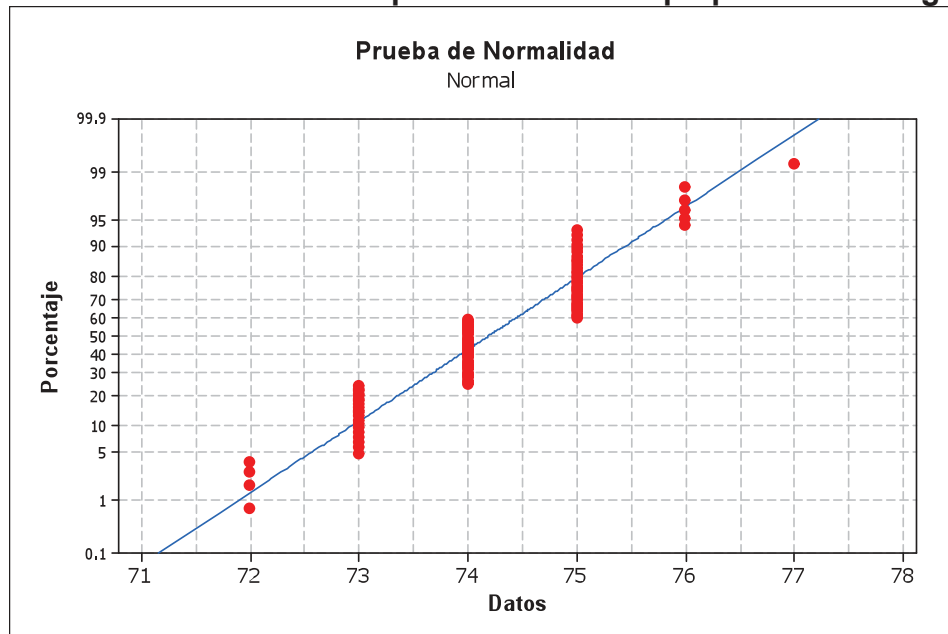
Total de datos	100
Media	148.63
Desviación estándar	1.73
Mínimo	142
Máximo	152
Rango	10
Q1	148
Q3	150
Rango intercuartil	2
Mediana	149
Moda	150
Número de datos para moda	30

Fuente: Elaborada por el autor.

5.3 DETERMINAR LA ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DEL PROCESO

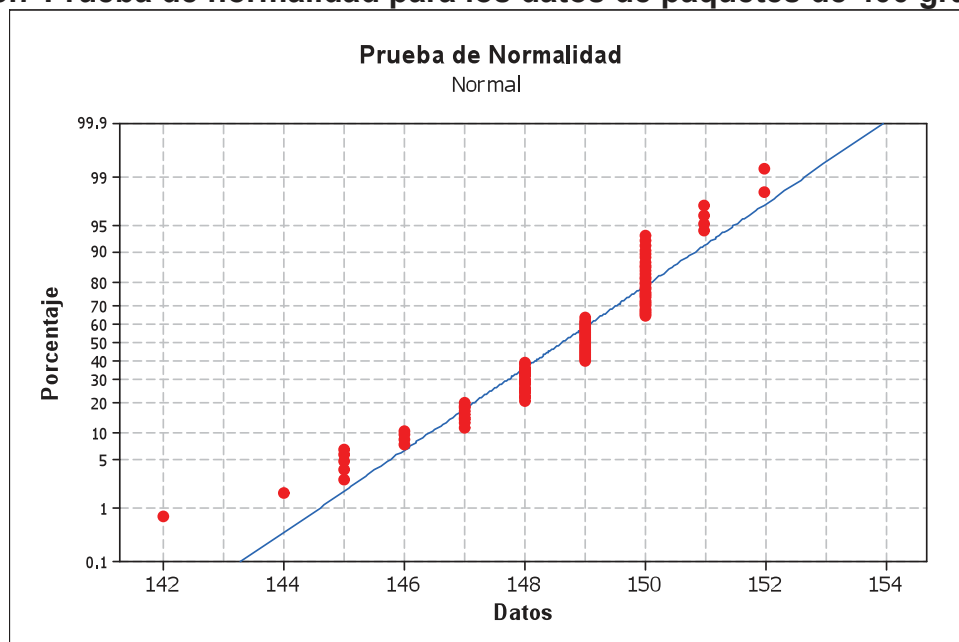
5.3.1 Prueba de Normalidad

Fig. 5.6 Prueba de normalidad para los datos de paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 5.7 Prueba de normalidad para los datos de paquetes de 400 gramos



Fuente: Elaborada por el autor.

Las pruebas de normalidad, son una prueba gráfica que permite confirmar si los datos presentan una distribución normal. Como se observa en las dos figuras anteriores los datos se encuentran ubicados sobre la línea negra diagonal, lo que confirma que los valores siguen una distribución normal. Es importante realizar estas pruebas ya que el estudio de capacidad del proceso solamente se puede llevar a cabo, cuando los datos siguen una distribución normal.

Una vez que los datos fueron recolectados, el siguiente paso fue evaluar el desempeño del proceso. Dentro de esta evaluación se determinó la variabilidad que existe en el proceso y luego se comparó esta variabilidad con los límites de tolerancia especificados.

Las 3 etapas de un estudio de capacidad son las siguientes:

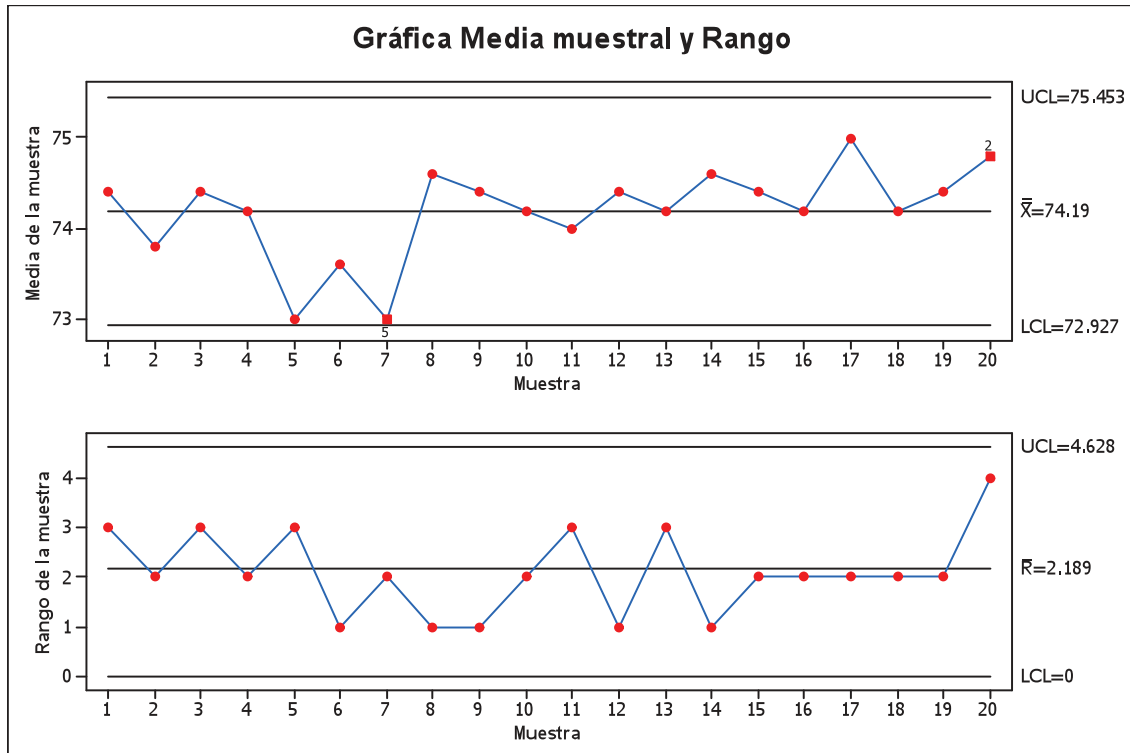
- Recolectar los datos del proceso
- Construir las gráficas de control con los datos obtenidos
- Analizar las gráficas de control para detectar patrones de variación

La metodología Six Sigma, recomienda trabajar con muestras y no con valores individuales, ya que se aumenta la sensibilidad de las gráficas de control facilitando la detección de causas especiales de variación. Para este estudio se eligió un tamaño de muestra igual a 5 (5 mediciones seguidas).

Para el estudio de capacidad, se trabajó con los gráficos de media muestral y rango, ya que son gráficos muy eficaces para la detección de causas especiales y nos permiten controlar la posición de la media de las muestras y la variabilidad del proceso (Gráfico de rango). En cada uno de los gráficos de control se realizan pruebas, predeterminadas por la metodología Six Sigma, para encontrar puntos especiales. Para la construcción de las gráficas de control y su análisis correspondiente, se usó el software estadístico Minitab.

5.3.2 Gráficas de control

Fig. 5.8 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Análisis

Gráfica de Rango

No se detectó ninguna causa de variación especial.

Gráfica de Media muestral

En esta gráfica se detectaron causas de variación especial en las muestras 7 y 20.

Investigación de las causas de variación especial

La muestra 7 contiene los siguientes valores:

1. 72
2. 74
3. 73
4. 73
5. 73

Como se puede observar, los valores están por debajo de la media, lo que indica un rendimiento muy bajo de los sacos de yute. Se consultó con las personas involucradas en el proceso y se determinó que, los sacos de yutes no fueron descargados del camión por el trabajador designado. Esta operación la realizó el conductor del camión y al no conocer el procedimiento, manipuló los sacos de una manera inadecuada por lo que, un número elevado de cubos se rompieron. Esto explica el bajo rendimiento de los sacos.

La muestra 20 contiene los siguientes valores:

1. 75
2. 74
3. 75
4. 77
5. 73

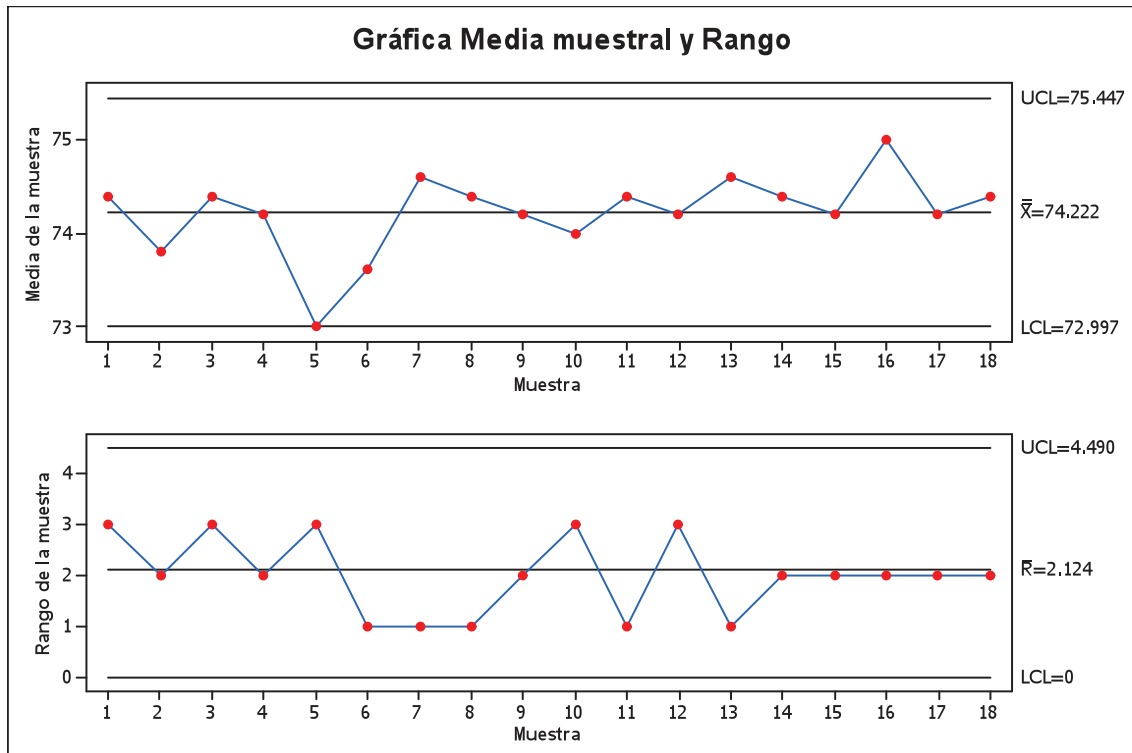
Los 3 primeros valores presentan un comportamiento normal, pero los 2 últimos valores están alejados del valor de la media y existe, una variación muy grande entre ellos. Se determinó que el trabajador no realizó correctamente el proceso de selección, debido a que se encontraba retrasado en su producción diaria, obligándolo a ejecutar la tarea de una manera apresurada.

Una vez que las causas de variación especial fueron detectadas e investigadas, se comprobó que solamente afectaron a las muestras indicadas anteriormente y por lo tanto, se las puede retirar de las gráficas de control. De esta manera se observa el proceso dentro de su variación natural.

Sólo cuando el proceso se encuentra libre de causas de variación especiales, es factible realizar el estudio de capacidad.

Gráficas de control libres de causas de variación especial

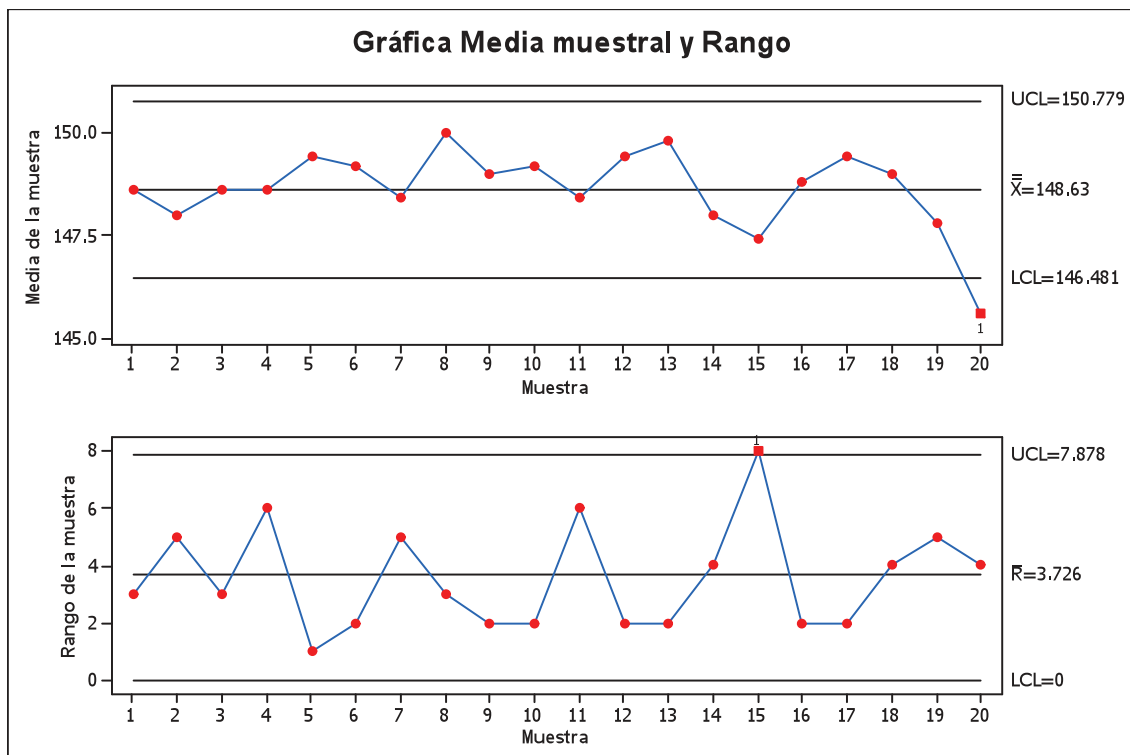
Fig. 5.9 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Se realizaron nuevamente las gráficas de control, retirando las muestras bajo el efecto de causas de variación especial y se confirmó, que el proceso se encuentra únicamente bajo causas de variación natural.

Fig. 5.10 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 400 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Análisis

Gráfica de Rango

Se detectó una causa de variación especial en la muestra 15.

Gráfica de Media muestral

Se detectó una causa de variación especial en la muestra 20.

Investigación de las causas de variación especial

La muestra 15 contiene los siguientes valores:

1. 148
2. 142
3. 150
4. 149
5. 148

El único valor que presenta un comportamiento fuera de lo normal, es el 142. Es el valor más bajo de todos los datos recolectados. Nuevamente se consulto con el trabajador a cargo del proceso de selección y se determinó que accidentalmente la mesa de trabajo se volteó, ocasionando que gran parte de los cubos, al golpear el suelo, se rompieran. Esto causó que el número de paquetes disminuyera.

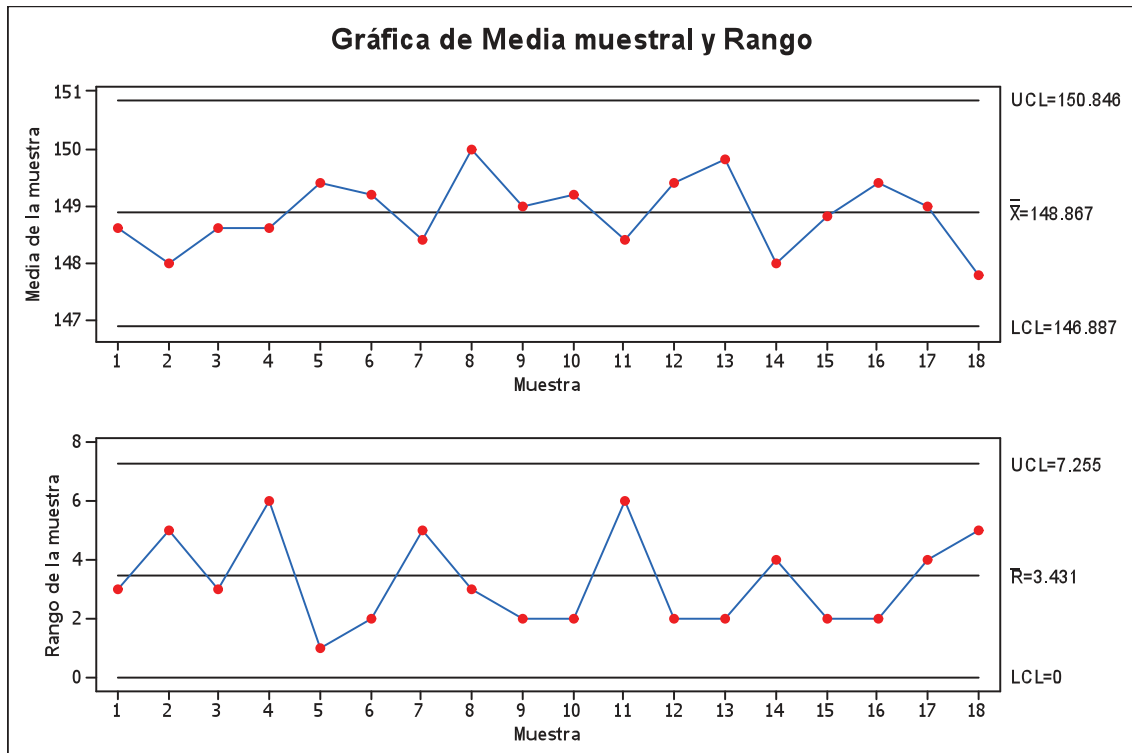
La muestra 20 contiene los siguientes valores:

1. 145
2. 145
3. 146
4. 144
5. 148

Con la excepción del valor número 5, los otros valores se encuentran muy por debajo de la media. Lo que nuevamente indica, un bajo rendimiento de los sacos de yute. Se determinó que la misma causa que afectó a la muestra 20 en la gráfica de control de los paquetes de 800 gramos, también afectó a esta muestra, ya que los sacos de yute utilizados para realizar estos paquetes, se encontraban en el mismo camión, los cuales no fueron manejados de acuerdo al procedimiento establecido (recordemos que el camión abastece una vez por semana).

Gráficas de control libres de causas de variación especial.

Fig. 5.11 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 400 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

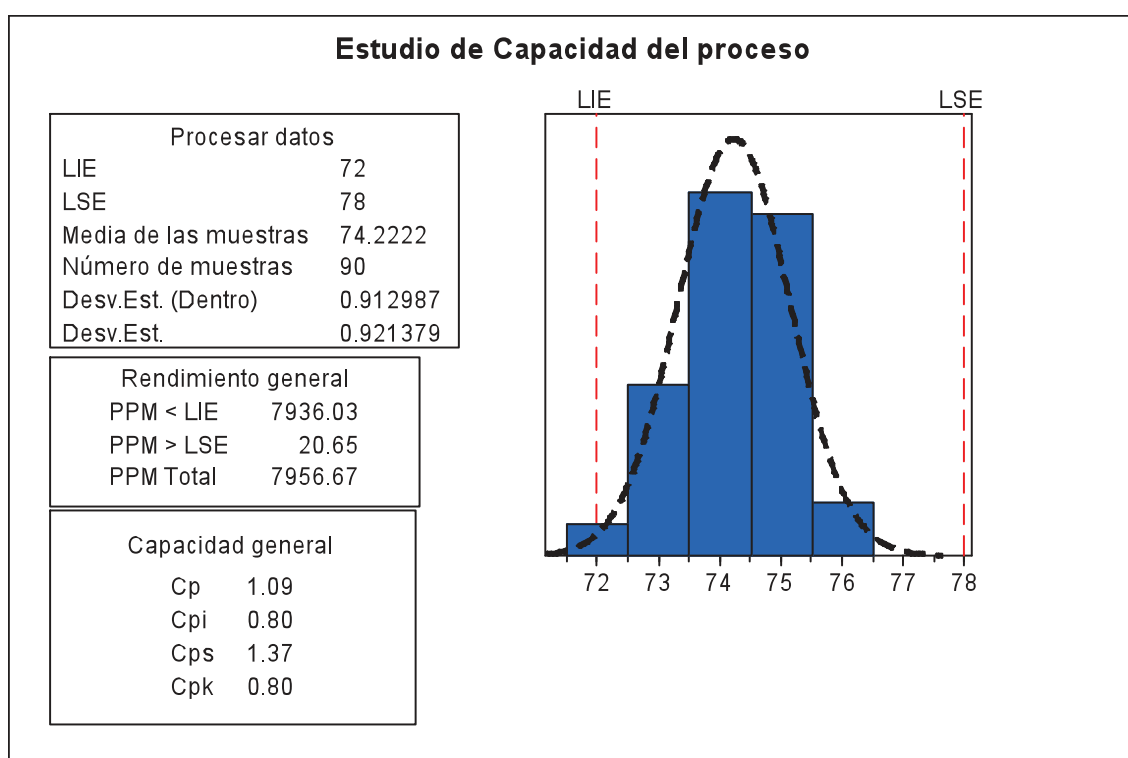
Una vez retiradas las muestras bajo el efecto de causas de variación especial, se realizó nuevamente las gráficas de control y se confirmó que el proceso está dentro de su variación natural.

5.3.3 Capacidad del proceso

Luego de eliminar las causas de variación especial, se analizó el rendimiento y la capacidad actual de los procesos. El rendimiento se midió mediante el número de paquetes que se encuentran fuera de los límites de especificación y la capacidad se midió, usando los índices de la metodología Six Sigma, Cp. y Cpk. Para el estudio del proceso se utilizó el software estadístico Minitab.

A continuación se presentan los gráficos de cada uno de los procesos con su respectivo análisis.

Fig. 5.12 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Los límites de especificación superior e inferior para los paquetes de 800 gramos, se calcularon en base al rendimiento de los sacos de yute. Para el límite superior, se tomo como referencia, que de cada parada, en el caso de que todos los cubos de panela se encuentren en perfecto estado, se obtienen 78 paquetes. Para el cálculo del límite inferior, la empresa decidió que el número de paquetes mínimos obtenidos por cada parada debería ser igual a

72, es decir seis paquetes menos que el valor óptimo. De esta forma se obtienen niveles de desperdicio aceptables y los costos de reproceso se mantienen bajos.

Para los índices de Cp y Cpk, se obtuvieron los valores de 1.09 y 0.80 respectivamente.

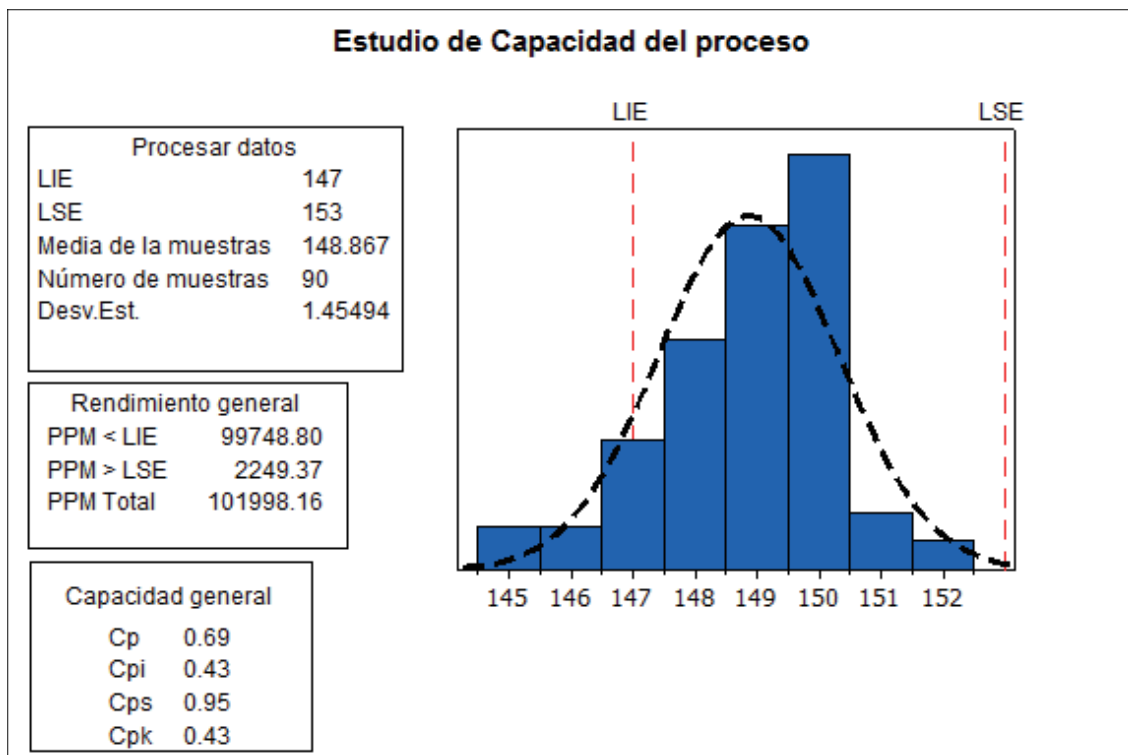
Un Cp igual a 1, nos indica que la variación natural del proceso es igual que la tolerancia, definida por los límites de especificación (pero el objetivo es obtener un Cp igual a 2).

Un Cpk menor a 1, nos indica que el proceso es incapaz y que a lo largo del tiempo va a producir un alto nivel de unidades fuera de los límites de especificación.

El rendimiento general calcula cuantas unidades se van a obtener fuera de los límites de especificación. Este valor está medido en partes por millón (PPM). Para este proceso se obtuvo un PPM total de 7956, de las cuales 20 se encuentran por encima del límite superior y 7936 por debajo del límite inferior.

En base a los datos obtenidos, para que el proceso tenga un alto nivel de rendimiento, es necesario primero disminuir su variación y segundo desplazar la media del proceso hacia el límite superior de especificación.

Fig. 5.13 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 400 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Para el proceso de los paquetes de 400 gramos, los límites de especificación se establecieron de la misma manera que en el anterior proceso. El número máximo de paquetes que se pueden obtener por parada es de 153 y el mínimo se determinó que debería ser, seis paquetes menos. Por lo tanto el límite de especificación superior es de 153 y el inferior de 147.

Para los índices Cp y Cpk, se obtuvieron los valores 0.69 y 0.43 respectivamente.

Un Cp menor a uno, nos indica que la variación natural del proceso es mayor que la tolerancia especificada.

Igualmente se obtuvo un Cpk menor a uno, por lo que el proceso es incapaz.

Para el rendimiento general se obtuvieron 101998 PPM en total. Con 99748 PPM por debajo del límite de especificación inferior y 2249 PPM sobre el límite de especificación superior.

De la misma forma, que con el proceso anterior, es necesario disminuir la variabilidad y desplazar la media hacia el límite de especificación superior.

5.4 CONFIRMAR EL OBJETIVO DE MEJORA

Después de analizar y estudiar el proceso, se comprobó que efectivamente se produce una gran cantidad de desperdicios durante el empaçado, especialmente cuando se empaçan los paquetes de 400 gramos.

En base a esta información, se confirma el objetivo planteado en la fase Define:

- Reducir el número de kilogramos de panela, desperdiciados durante el proceso de empaçado.

6. CAPÍTULO VI: FASE ANALYZE

Con todos los datos e información obtenidos en la fase Measure, esta etapa del método DMAIC se la va a analizar para descubrir las principales causas que afectan al proceso y generan un alto nivel de desperdicio.

6.1 IDENTIFICAR CAUSAS POTENCIALES

Para facilitar la detección de causas que podrían estar afectando al proceso se tomó como punto de partida las siguientes causas que potencialmente originan las CTX que hacen que se rechacen los cubos en la etapa de inspección, identificadas en la etapa anterior. A continuación se presenta una síntesis de estas causas:

1. Descarga incorrecta de los sacos de yute del camión.
2. Accidente con la mesa de trabajo.
3. Apuro del trabajador por completar la tarea.

De cada una de estas causas de variación especial, se obtuvieron tres grupos básicos de causas: Método, equipo y mano de obra. Para desarrollar cada uno de estos grupos se utilizó un diagrama de árbol.

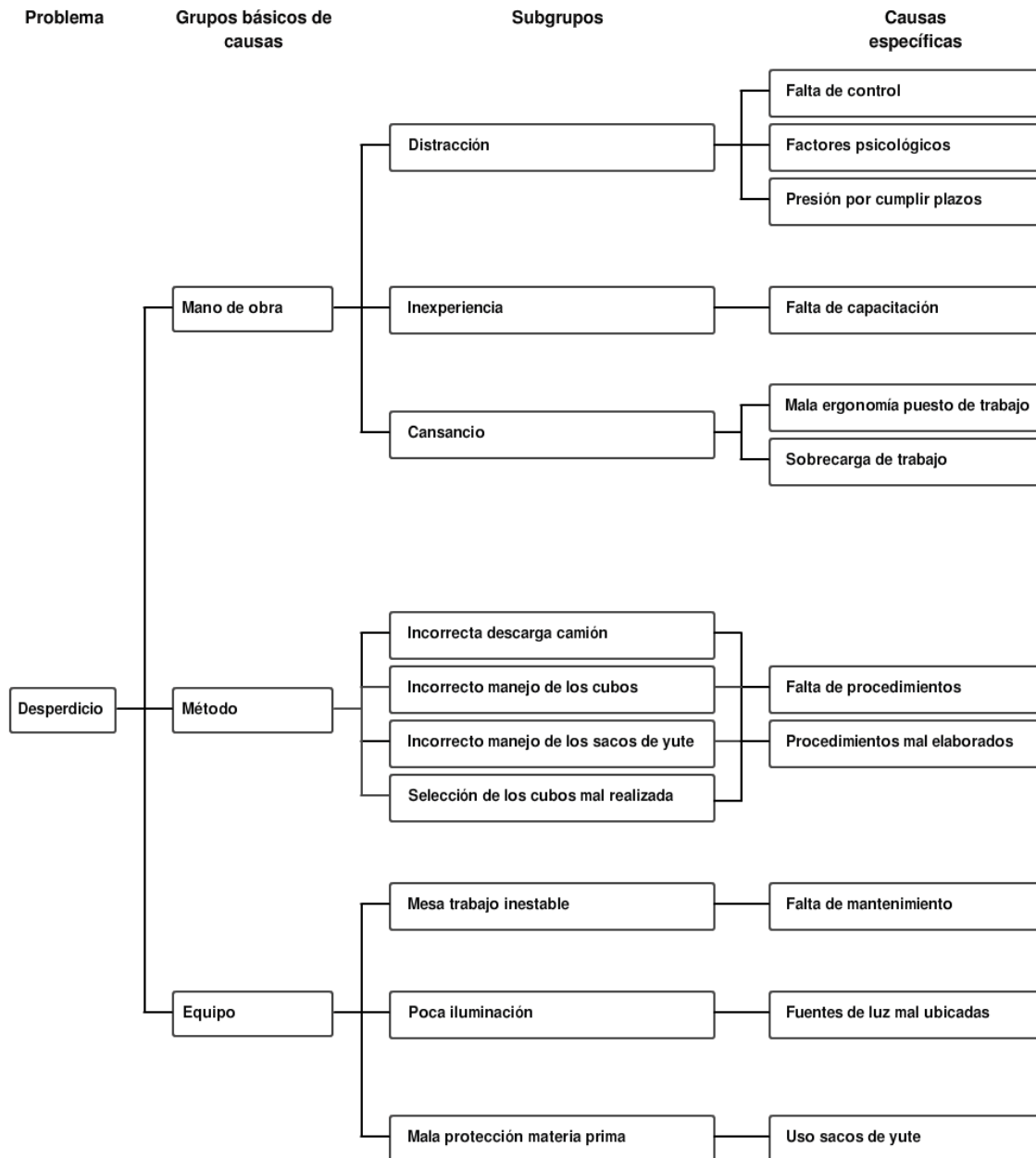
6.1.1 Diagrama de árbol

Mediante esta herramienta, se desarrolló varios niveles de posibles causas, desde el problema general, hasta llegar a determinar las causas específicas. De esta forma se pueden observar los vínculos entre los diferentes niveles de detalle y su nivel de complejidad para facilitar la identificación de causas y tener una visión global del problema.

A partir del problema general, se obtuvieron tres niveles adicionales, siendo el último nivel donde se encuentran las causas específicas, que posteriormente

van a ser analizadas para seleccionar aquellas más importantes y de mayor relevancia para el proyecto de mejora.

Fig. 6.1 Diagrama de árbol para identificación de causas



Fuente: Elaborada por el autor.

6.2 SELECCIONAR LAS CAUSAS PRIMARIAS

Mediante el diagrama de árbol se obtuvieron las siguientes causas específicas:

- Falta de control
- Factores psicológicos
- Presión por cumplir plazos
- Falta de capacitación
- Mala ergonomía en el puesto de trabajo
- Sobrecarga de trabajo
- Falta de procedimientos
- Procedimientos mal elaborados
- Falta de mantenimiento
- Fuentes de luz mal ubicadas
- Uso sacos de yute

En base a los vínculos de cada causa específica con sus respectivos subgrupos y grupos básicos en el diagrama de árbol, se determinó que la falta de procedimientos y procedimientos mal elaborados, son las causas que mayor incidencia tienen sobre la variabilidad del proceso. Si el trabajador no tiene claras sus tareas y actividades, el proceso va a producir resultados diferentes cada vez y podrá estabilizarse a lo largo del tiempo sólo por la experiencia empírica que el trabajador vaya adquiriendo. Lo cual no garantiza que el proceso sea capaz.

Otro factor importante para el alto nivel de desperdicio, son los daños que se producen en la materia prima a lo largo del proceso. Nuevamente aquí, la falta de procedimientos es una causa importante, pero también se determinó que la falta de mantenimiento y el uso de sacos de yute causan un alto porcentaje de daños en la materia prima.

Finalmente se obtuvieron causas que generan efectos negativos en el proceso de selección. De las cuales la falta de capacitación y una mala ergonomía del puesto de trabajo, son las más importantes. Los desperdicios en este proceso se producen, especialmente cuando el trabajador por error descarta cubos en buenas condiciones o cuando sucede lo contrario, el trabajador no descarta cubos en malas condiciones y paquetes que contienen estos cubos, son rechazados por los clientes al momento de la entrega. Si bien el porcentaje de desperdicio generado aquí es muy bajo, en comparación, al desperdicio generado por los daños a la materia prima, existe otro problema que justifica considerar estas causas, y es el efecto negativo que genera la mala calidad de los productos en los clientes.

Tabla 6.1 Resumen de las causas específicas seleccionadas.

Causas específicas
Falta de procedimientos
Procedimientos mal elaborados
Falta de mantenimiento
Uso de sacos de yute
Falta de capacitación
Mala ergonomía del puesto de trabajo

Fuente: Elaborada por el autor.

7.CAPÍTULO VII: FASE IMPROVE

Luego de haber seleccionado las causas raíz que afectan al proceso, en esta fase, se van a generar y seleccionar las soluciones para eliminarlas de la manera más eficaz y de esta manera, obtener un proceso capaz y estable. También es importante señalar, que en esta fase se puede explorar oportunidades de mejora, que no necesariamente respondan a la necesidad de eliminar una causa raíz, para simplificar el proceso o reducir costos de operación.

7.1 GENERAR Y SELECCIONAR SOLUCIONES

Muchas de las soluciones que se obtuvieron en esta etapa, son una consecuencia de un simple análisis de las causas raíz. Como por ejemplo, elaborar nuevos procedimientos o dictar cursos de capacitación. Adicionalmente se tomaron en cuenta las CTX de alta prioridad relacionadas con la etapa de termo-encogido dentro del proceso de empaclado. A partir de este análisis, se decidió diseñar un nuevo layout de planta e instalar un túnel de termo-encogido para aumentar la productividad y mejorar la calidad del empaque del producto. A continuación se presenta una lista de las soluciones seleccionadas:

- Elaborar nuevos procedimientos
- Cambiar el layout de la planta
- Instalar un túnel de termo-encogido
- Rediseñar los puestos de trabajo en base a conceptos de ergonomía
- Diseñar un nuevo recipiente para el transporte y almacenamiento de los cubos
- Implementar la metodología 5S
- Cursos de capacitación

Por motivos de tiempo y recursos económicos, durante este estudio sólo se pudo implementar las soluciones siguientes:

- Elaboración de nuevos procedimientos
- Cambio en el layout de la planta.
- Implementación de la metodología 5S
- Cursos de capacitación

Pero el conjunto de estas soluciones están presentadas y desarrolladas en esta tesis, y pueden ser aplicadas en cualquier momento.

7.2 VALIDAR LA SOLUCIÓN

Una vez que las soluciones fueron seleccionadas, se realizaron pruebas para confirmar si efectivamente tuvieron un impacto positivo en el proceso y se eliminó el problema de desperdicio. Las herramientas utilizadas para evaluar las mejoras en el proceso fueron, la estadística descriptiva, las gráficas de control y el estudio de capacidad del proceso.

7.2.1 Estadística Descriptiva

Tabla 7.1 Estadísticas descriptivas para los paquetes de 800 gramos.

	Valor actual	Valor anterior
Total de datos	100	100
Media	75.19	74.190
Desviación estándar	0.775	0.982
Mínimo	74	72
Máximo	77	77
Rango	3	5
Q1	75	74
Q3	76	75
Rango intercuartil	1	1
Mediana	75	74
Moda	75	74
Número de datos para moda	49	36

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 7.2 Estadísticas descriptivas para los paquetes de 400 gramos.

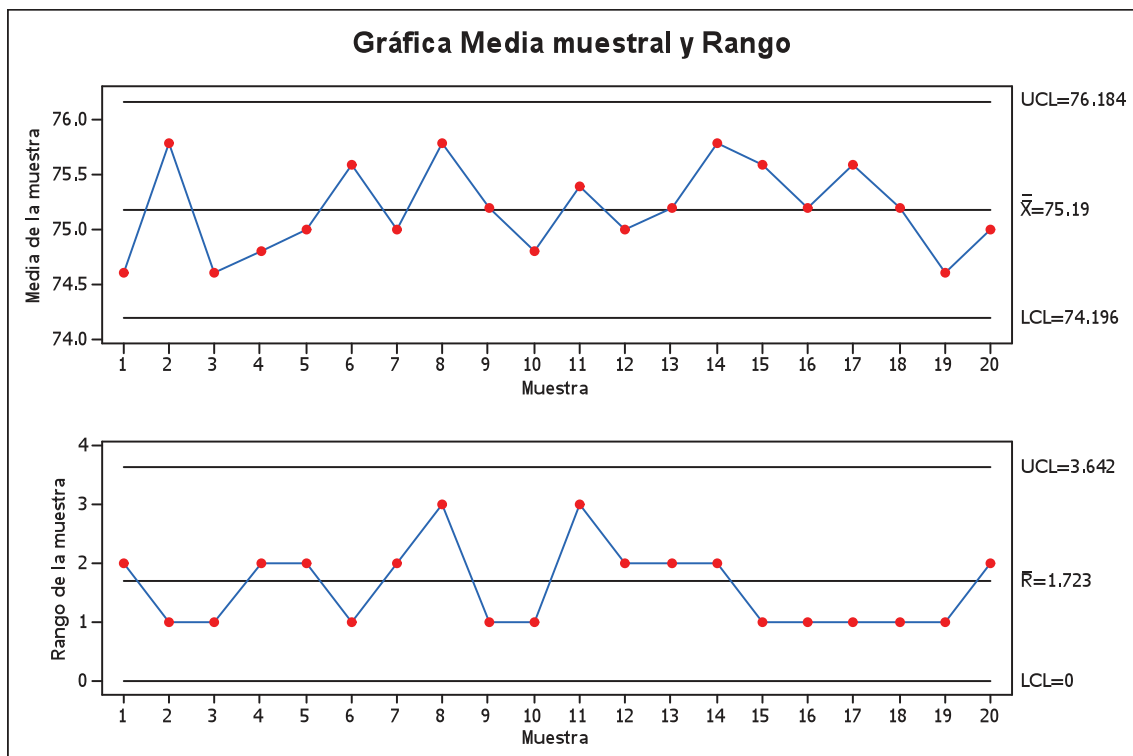
	Valor actual	Valor anterior
Total de datos	100	100
Media	150.02	148.63
Desviación estándar	0.791	1.73
Mínimo	148	142
Máximo	151	152
Rango	3	10
Q1	150	148
Q3	151	150
Rango intercuartil	1	2
Mediana	150	149
Moda	150	150
Número de datos para moda	47	30

Fuente: Elaborada por el autor.

En esta primera parte de la evaluación, mediante la comparación de los valores, se puede observar el impacto que tuvo la implementación de las mejoras. Especialmente cuando se comparan los valores de la media y la desviación estándar. Un incremento en la media indica que ahora se obtiene una mayor cantidad de paquetes por cada saco de yute y la disminución en la desviación estándar indica que se redujo la variabilidad del proceso.

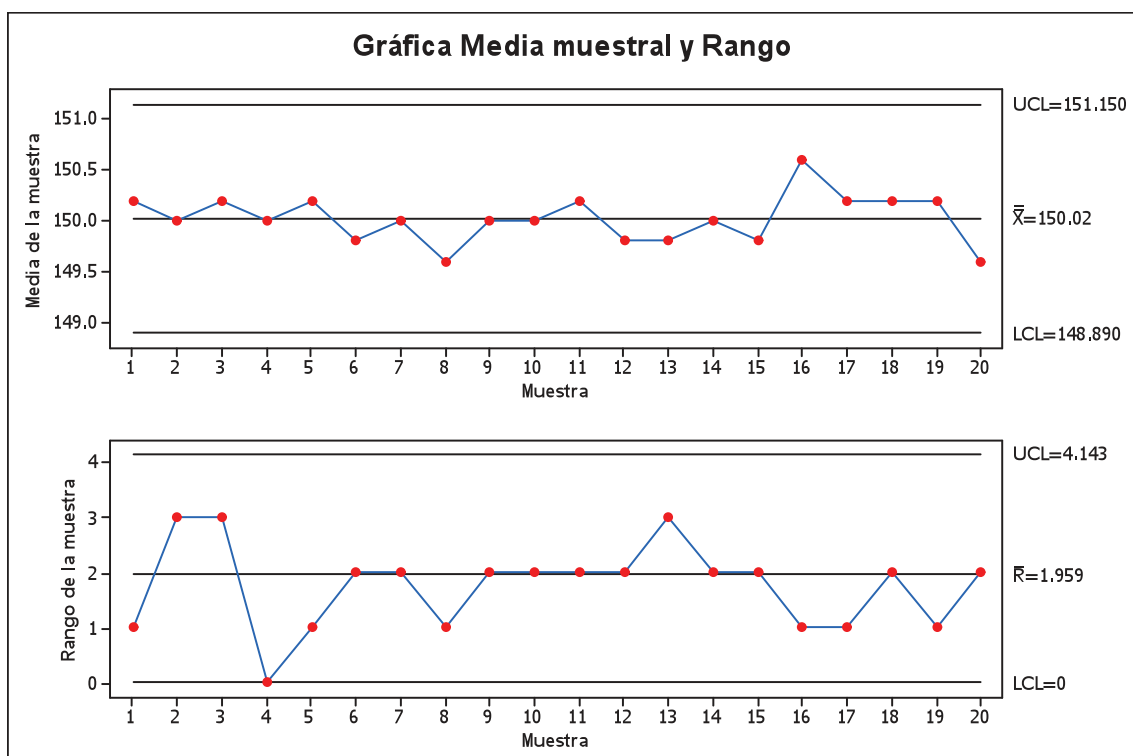
7.2.2 Gráficas de Control

Fig. 7.1 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 7.2 Gráfica de Media muestral y Rango para los paquetes de 400 gramos.



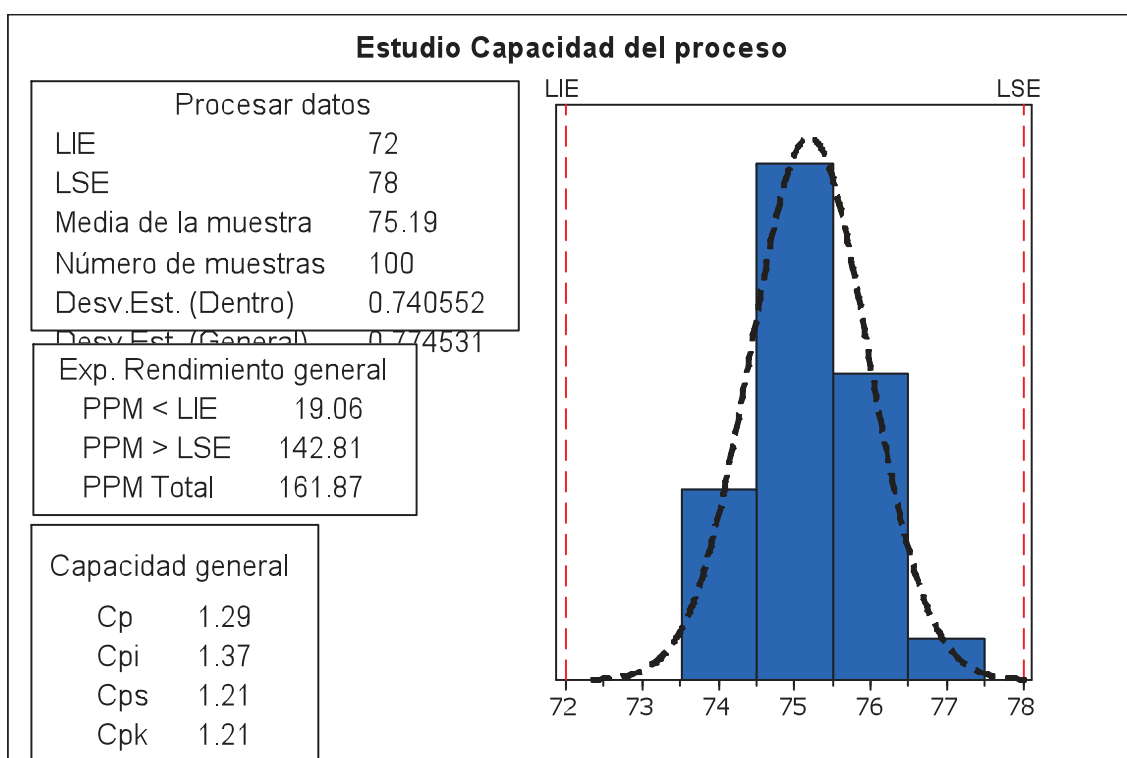
Fuente: Elaborada por el autor.

Analizando las graficas de control de ambos procesos, se puede observar otro impacto positivo de las mejoras. Ahora los procesos se encuentran bajo control y ya no se encuentran causas de variación especial. Esto asegura la estabilidad de los procesos a lo largo del tiempo.

7.2.3 Estudio de Capacidad

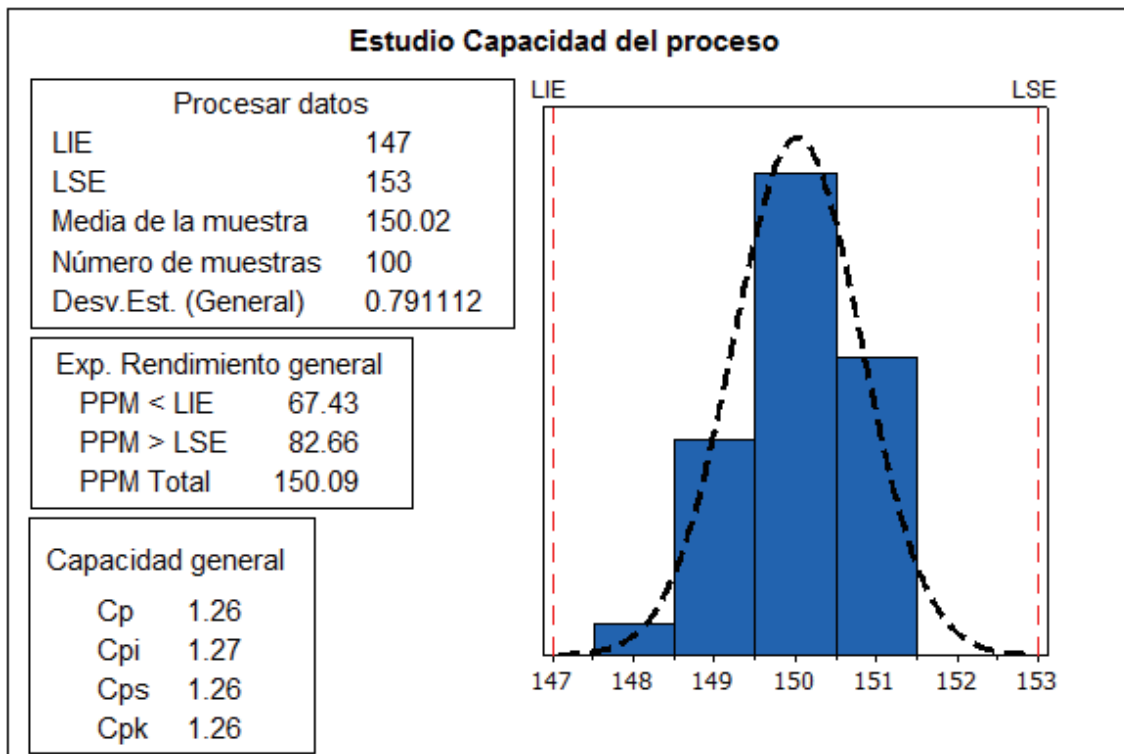
La prueba más significativa para determinar los beneficios de las mejoras y si efectivamente ahora el proceso ya es capaz, es el estudio de capacidad. Nuevamente se comparó los valores obtenidos, con los valores anteriores para tener una idea más exacta de la mejora.

Fig. 7.3 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 800 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 7.4 Estudio de capacidad del proceso para los paquetes de 400 gramos.



Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 7.3 Índices de capacidad para los paquetes de 800 gramos.

	Valor actual	Valor anterior
Cp	1.29	1.09
Cpk	1.21	0.80
PPM < LIE	67.43	7936.03
PPM < LSE	82.66	20.65
PPM	161.87	7956.67

Fuente: Elaborada por el autor

Tabla 7.4 Índices de capacidad para los paquetes de 400 gramos.

	Valor actual	Valor anterior
Cp	1.26	0.69
Cpk	1.26	0.43
PPM < LIE	67.43	99748.80
PPM < LSE	82.66	2249.37
PPM	150.09	101998.16

Fuente: Elaborada por el autor.

El índice que mayor importancia tiene en este estudio, es el PPM. Se puede observar, en ambos procesos, como se redujo drásticamente el número de paquetes por debajo del límite inferior de especificación. Lo cual se traduce en una reducción del número de kilogramos de panela desperdiciados durante el empacado. Y de esta forma se consiguió resolver el problema principal de la empresa.

Es importante señalar que dentro de las soluciones validadas en esta fase, no están incluidas el nuevo envase para la materia prima y la implementación del túnel de termo-encogido. Estas dos soluciones fueron propuestas a la empresa Agropecuaria El Carmen pero actualmente no poseen el capital necesario para incorporarlas al proceso.

7.3 DESCRIPCIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

A continuación se van a detallar todas las mejoras enumeradas en la Fase Improve. Las mejoras fueron elaboradas en base a las características y necesidades de la empresa “Agropecuaria El Carmen”. Sin embargo pueden ser usadas como una guía, para cualquier otra empresa que se dedique al empacado de panela y necesite tecnificar su proceso.

7.3.1 Implementación de las 5S

Esta metodología es un paso fundamental antes de implementar cualquier mejora en el proceso. Las 5S permiten mantener un ambiente de trabajo organizado, limpio y ordenado. Esto genera que los trabajadores se motiven, realicen mejor su trabajo y participen activamente para mantener las condiciones de trabajo en óptimo estado. La metodología consiste en la aplicación de las 5 etapas que se describen a continuación:

1. Clasificación

La primera etapa consiste en identificar todos los elementos del área de trabajo y clasificarlos según la frecuencia de uso que se les da y su necesidad para realizar el trabajo. Todo lo que no sea necesario o útil dentro del área de trabajo debe ser desechado. Adicionalmente todo lo que se use menos de una vez por año, también debería ser desechado.

2. Orden

La segunda etapa consiste en organizar todos los elementos necesarios, clasificados en la etapa anterior. Lo que se busca con la organización es facilitar y agilizar el uso de los elementos para los trabajadores y que cada uno de estos tenga su lugar dentro del área de trabajo. En base a la frecuencia de uso se pueden ordenar los elementos siguiendo las siguientes normas:

- Todo lo que se usa menos de una vez al mes, se retira del área de trabajo y se almacena.
- Todo lo que se usa al menos una vez por semana, se almacena cerca del área de trabajo.
- Todo lo que se usa al menos una vez por día, se ubica en el puesto de trabajo.
- Todo lo que se usa al menos una vez por hora, se ubica en el puesto de trabajo al alcance de la mano.

3. Limpieza

La tercera etapa consiste en limpiar exhaustivamente el área de trabajo y eliminar cualquier fuente que pueda generar suciedad. También es importante asegurarse que todos los elementos del área de trabajo se encuentren en perfecto estado. Cualquier elemento que no esté en buenas condiciones, es necesario que se lo repare o reemplace.

4. Sistematizar

La cuarta etapa consiste en desarrollar mecanismos para que las etapas anteriores se cumplan y el área de trabajo esté en perfecto estado todo el tiempo. Cada trabajador debe conocer exactamente cuáles son sus responsabilidades y su papel dentro de la metodología.

5. Disciplina

La última etapa consiste en concientizar a los trabajadores de la importancia de cumplir con los estándares, controles y reglas establecidas para mantener las 5S. Adicionalmente siempre se debe estar en constante mejora, buscando nuevas técnicas y métodos para obtener mejores resultados.

7.3.2 Plan de Capacitación

La capacitación es fundamental para implementar con éxito un proyecto de mejora en una empresa. Proporciona toda la información que los trabajadores necesitan para realizar sus labores de mejor manera y los ayuda a tomar decisiones importantes cuando se presentan problemas imprevistos. Para Agropecuaria El Carmen se desarrolló el siguiente esquema como punto de partida para que realicen su propio plan de capacitación.

Elementos principales

- Perfil de los trabajadores
- Perfil necesario para cada uno de los puestos de trabajo
- Objetivos y resultados de la capacitación

Temas de capacitación

- Fundamentos básicos del proyecto de mejora. Duración: 10 horas.
- Seguridad Industrial y Salud Ocupacional. Duración: 15 horas.
- Entrenamiento para realizar las etapas de selección y termo-encogido dentro del proceso de empaclado. Duración: 20 horas.

Tipo de capacitación

- Conferencia para los trabajadores, en la cual se los informe sobre el proyecto de mejora.
- Talleres para cubrir los temas de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional y el entrenamiento de los trabajadores.

7.3.3 Elaboración de nuevos procedimientos

En la fase Analyze se determinó que las etapas que generan los mayores problemas dentro del proceso de empaçado, son la actividad de selección de los cubos de panela y la descarga y manejo de la materia prima. Una de las soluciones seleccionadas fue desarrollar nuevos procedimientos. Mediante el seguimiento de estos procedimientos por parte de los trabajadores el proceso se mantiene estable, asegurándose que no se cometan errores y daños a la materia prima durante cada una de las etapas. Adicionalmente se elaboró un procedimiento para cargar el camión, aunque esta etapa no pertenece al proceso de empaçado, si está fuertemente relacionada y es necesario controlarla.

Carga del camión con la materia prima

1. Se necesitan dos personas para la tarea y cada trabajador debe utilizar una faja para manipular objetos pesados.
2. Colocar los contenedores con la materia prima en el piso cerca de la parte trasera del camión.
3. Levantar el contenedor con la materia prima, entre los dos operarios y colocarlo suavemente en la plataforma del camión. Un operario trabaja desde el piso y el otro operario desde la plataforma del camión.
4. Deslizar y acomodar cada contenedor dentro del camión.
5. Revisar que todos los contenedores estén en la posición correcta y bien asegurados.
6. Asegurar las puertas del camión.

Descarga del camión

1. Se necesitan dos personas para la tarea y cada trabajador debe utilizar una faja para manipular objetos pesados.
2. Entre los dos operarios descargar los contenedores que se encuentran en la plataforma, colocándolos suavemente en el piso hasta que haya suficiente espacio para que un operario pueda trabajar desde el camión. Colocar los contenedores suavemente en el piso.
3. Deslizar los contenedores hasta el extremo de la plataforma y entre los dos operarios descargar los contenedores y colocarlos suavemente en el piso. Un operario trabaja desde el camión y otro operario trabaja en el piso.
4. Una vez que fueron descargados todos los contenedores, entre los dos operarios transportar cada contenedor al área de selección dentro de la planta de empaclado. Prestar atención para no golpear los contenedores durante su traslado.

Selección de la materia prima

1. El trabajador debe utilizar guantes durante toda la etapa de selección.
2. Colocar un contenedor al lado de la mesa de trabajo.
3. Colocar manualmente los cubos en la mesa de trabajo.
4. Inspeccionar los cubos y compararlos con las guías visuales ubicadas en el puesto de trabajo.
5. Colocar los cubos en buen estado en la bandeja verde.
6. Colocar los cubos en mal estado en la bandeja roja.
7. Retirar el contenedor vacío, colocar uno nuevo y continuar con la operación.

7.3.4 Rediseñar los puestos de trabajo

Para evitar que el trabajador se distraiga, se fatigue en exceso o sufra lesiones, es necesario que el puesto de trabajo y su entorno, tenga las condiciones adecuadas para realizar un trabajo óptimo. Los puntos clave para asegurar estas condiciones son la postura del trabajador, las dimensiones de su lugar de trabajo y la temperatura, ruido e iluminación del área de trabajo. A continuación se detalla cada uno de estos puntos y las características necesarias que debe haber en la empacadora.

7.3.4.1 Entorno de trabajo

Ruido

La exposición prolongada a altos niveles de ruido puede ocasionar distracciones o pérdida de audición permanente en el trabajador. Por esta razón es necesario detectar cualquier fuente de ruido y aislarla para minimizar sus efectos negativos. La siguiente tabla muestra el tiempo de exposición a varios niveles de sonido para una persona.

Tabla 7.5 Exposiciones al ruido permisibles para personas

Duración por horas	Nivel de sonido (dB)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 o menos	115

Fuente: Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo.

Métodos de control:

- Reducir el ruido en la fuente
- Aislar la fuente de ruido
- Protección auditiva para el trabajador.

Se realizaron mediciones en la empacadora y el nivel de ruido varía entre los 60 y 80 decibeles, por lo que los trabajadores se encuentran dentro de niveles aceptables que no influyen negativamente en su rendimiento.

Temperatura y ventilación

Es necesario controlar la temperatura cuando los trabajadores tienen una alta actividad física para evitar el estrés y las tensiones que sufren por el calor. La ventilación es importante para mantener la buena calidad del aire dentro del área de trabajo, que puede verse afectada por la liberación de olores, formación de vapor de agua, producción de dióxido de carbono y vapores tóxicos.

Debido a que en la empacadora se realiza trabajo ligero se recomienda que la temperatura del área de trabajo esté dentro del intervalo de 19 a 26 °C con una humedad relativa de 20 a 80%.

Métodos de control

- Regular la carga de trabajo en ambientes con temperatura elevada
- Aislar las fuentes de calor
- Equipo de protección para el trabajador
- Proporcionar ventilación.

Iluminación

Es necesario proporcionar a los trabajadores, la iluminación necesaria para que realicen sus tareas de la mejor manera.

Tabla 7.6 Niveles de iluminación para uso en diseño interior.

Categoría	Rango de Iluminación (fc, pies candela)¹	Tipo de actividad	Área de trabajo
A	2-3-5	Áreas públicas con oscuridad alrededor	Luz general
B	5-7.5-10	Orientación sencilla para visitas cortas	Luz general
C	10-15-20	Espacios de trabajo donde en ocasiones se realizan tareas visuales	Luz general
D	20-30-50	Tareas visuales de alto contraste o de gran tamaño. Inspección normal, ensamble grueso	Iluminación sobre la tarea
E	50-75-100	Tareas visuales de contraste medio o pequeñas. Inspección difícil	Iluminación sobre la tarea

¹ 1 pie candela equivale a 10.76074 lumen/m², unidad del Sistema Internacional.

F	100-150-200	Tareas visuales de bajo contraste o muy pequeñas.	Iluminación sobre la tarea
G	200-300-500	Tareas visuales de bajo contraste o muy pequeñas por tiempo prolongado	Combinación de luz general e iluminación sobre la tarea
H	500-750-1000	Tareas visuales exactas y prolongadas	Combinación de luz general e iluminación sobre la tarea
I	1000-1500-2000	Tareas visuales muy especiales de contraste muy bajo y muy pequeñas	Combinación de luz general e iluminación sobre la tarea

Fuente: Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo.

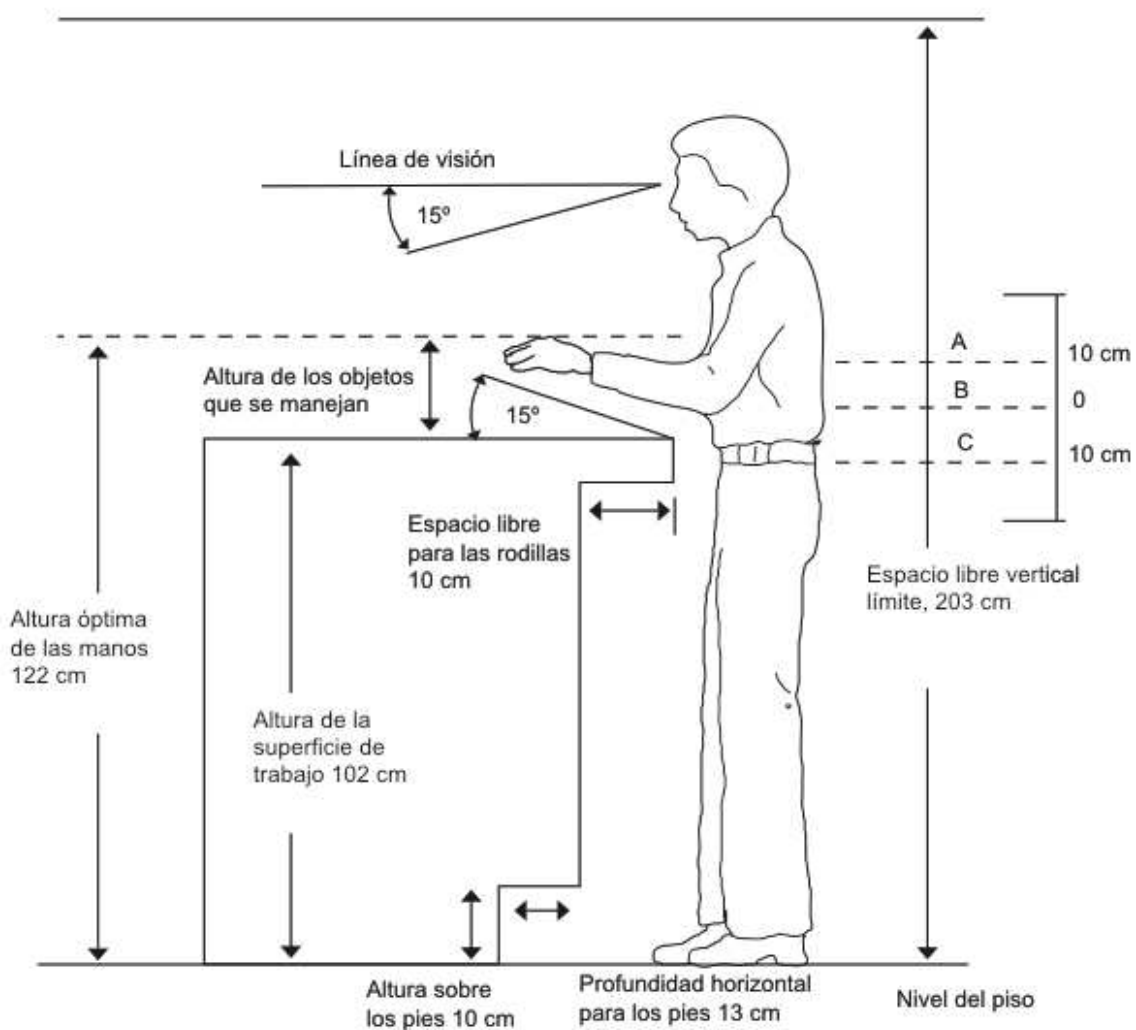
En base a la tabla anterior, las actividades realizadas en la empacadora están dentro de las categorías C y D. Para la etapa de selección es necesaria iluminación sobre la tarea, mientras que para el resto de etapas es suficiente la luz general.

Para cumplir con los requerimientos de iluminación se instalaron seis fuentes de luz fluorescente de 20 vatios, distribuidas en toda el área de trabajo. Una de las fuentes debe estar ubicada directamente sobre el puesto de trabajo en el cual se realiza la actividad de selección.

7.3.4.2 Puestos de trabajo

Es importante que los puestos de trabajos tengan las dimensiones adecuadas. Para trabajos de ensamble fino, se recomienda elevar la superficie de trabajo 10 cm (punto A) y para trabajos con ensamble pesado, se recomienda bajar la superficie 10 cm (punto C). En la estación de trabajo donde se realiza la selección, se inclinó la superficie 15 grados y se la elevó al punto A para facilitar el trabajo. El resto de estaciones tienen superficies sin inclinación y la altura de la superficie está al nivel del punto B.

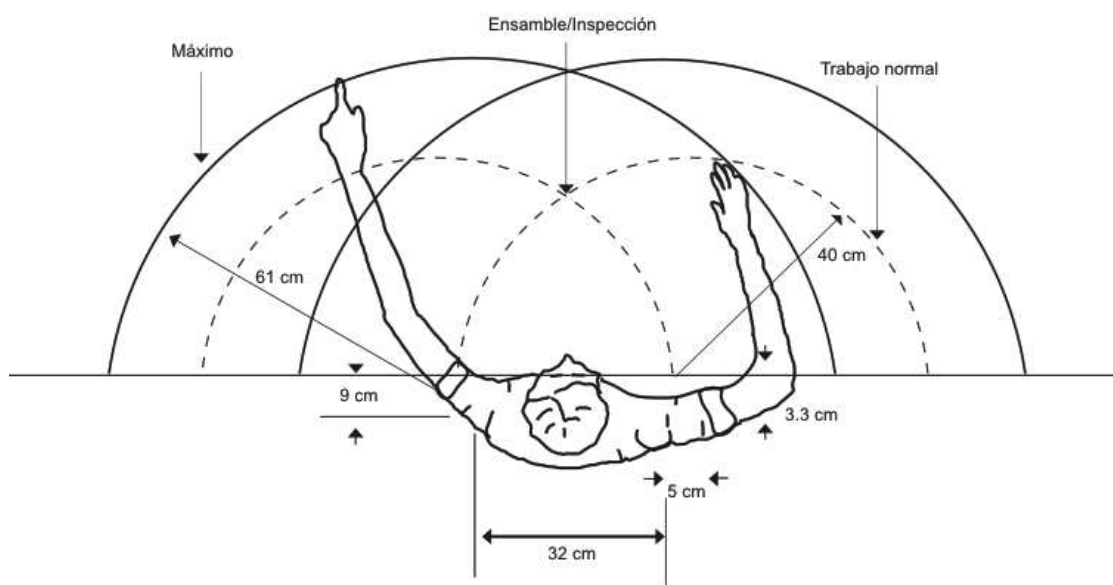
Fig. 7.5 Dimensiones para una estación de trabajo de pie



Fuente: Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo.

También es importante dimensionar el plano horizontal del área de trabajo. El trabajador debe estar separado 9 cm del borde de la superficie y todas las herramientas y piezas deben estar ubicadas en la zona de trabajo normal. La actividad de selección debe realizarse en la zona de ensamble/inspección. Ningún movimiento debe realizarse fuera de la zona máxima.

Fig. 7.6 Dimensiones para el plano de trabajo horizontal.

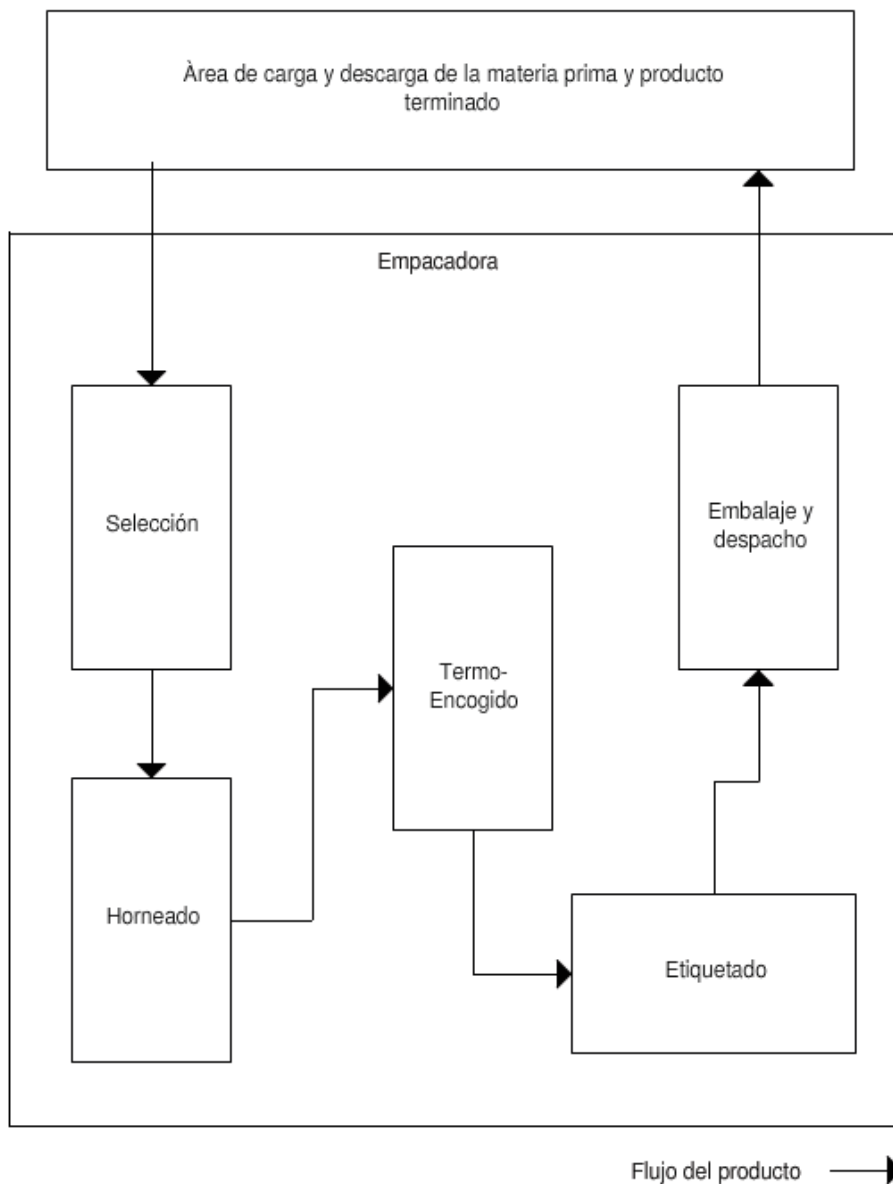


Fuente: Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo.

7.3.5 Layout de la planta

Durante la etapa de generar y seleccionar soluciones, se identificó la oportunidad para cambiar el layout de la empacadora. El layout antiguo no permitía un flujo continuo del producto y las estaciones de trabajo estaban muy separadas entre sí. Esto obliga a un desplazamiento innecesario del trabajador.

Fig. 7.7 Layout antes de implementar las mejoras.

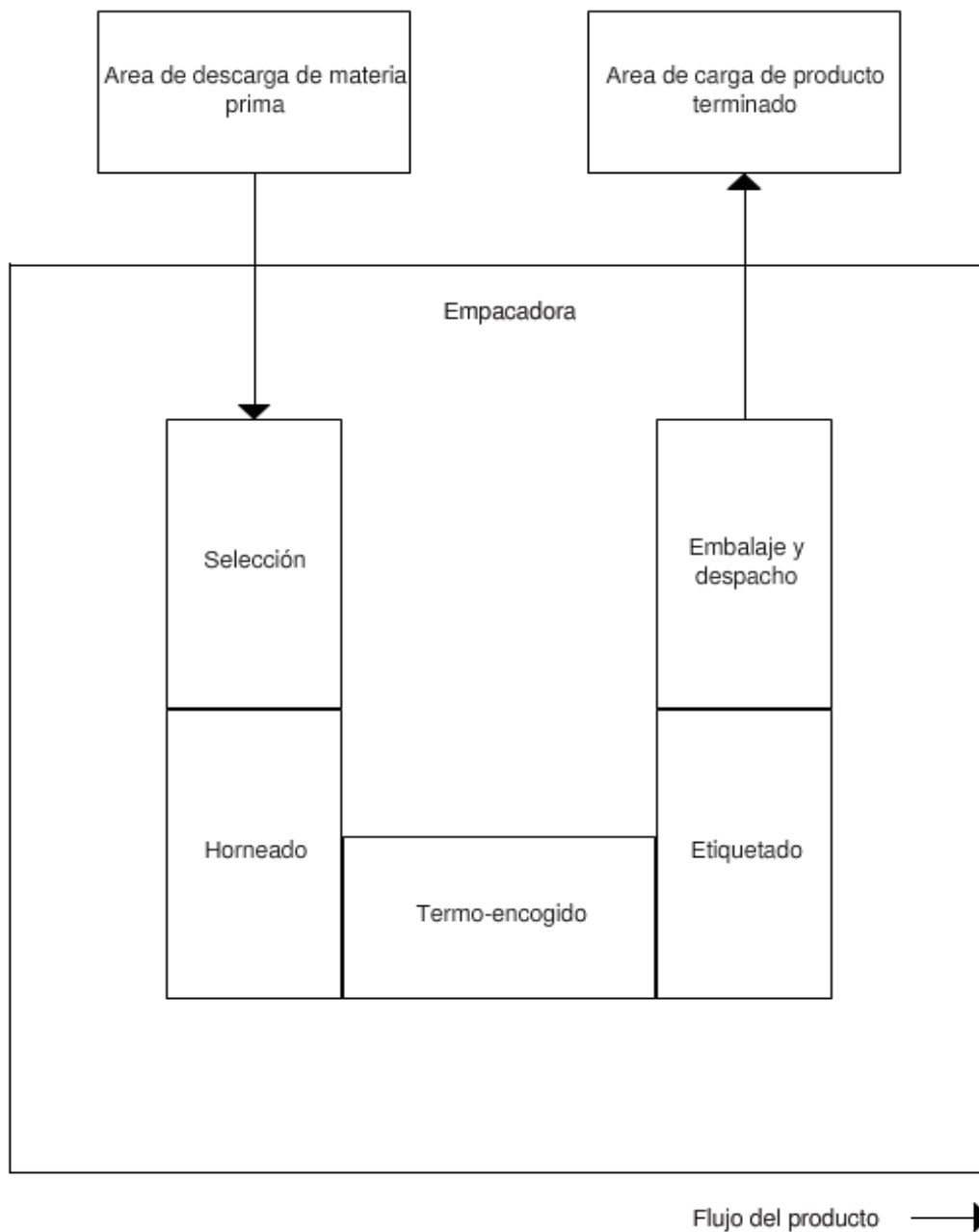


Fuente: Elaborada por el autor.

Layout actual

Para mejorar el layout anterior, se recurrió al concepto de célula de trabajo que típicamente tiene la forma de U. Esta nueva distribución de los puestos de trabajo, permite un flujo continuo del producto y los trabajadores no pierden tiempo movilizándose entre las estaciones.

Fig. 7.8 Célula de trabajo



Fuente: Elaborada por el autor.

7.3.6 Guía de implementación para el túnel de termo-encogido y selladora.

Para tener un mayor control sobre la etapa de termo-encogido, obtener empaques de mejor calidad y aumentar el nivel de producción, se propuso instalar una selladora en L junto con un túnel de termo-encogido. Con la selladora el trabajador ya no necesita introducir los cubos en las fundas plásticas y sellarlas manualmente, con lo que se reducen drásticamente los tiempos de elaboración. Con el túnel, la aplicación de calor es homogénea y a temperatura constante, con lo cual se evita que las fundas se rompan debido a una excesiva aplicación de calor por parte del trabajador.

Para la selección de los equipos se tomó en cuenta las dimensiones de los paquetes y la capacidad de producción necesaria para cumplir con la demanda de producto.

Tabla 7.7 Dimensiones de los paquetes

Empaque	Largo	Ancho	Alto	Diámetro
400 gramos	20 cm	15 cm	5 cm	-
800 gramos	20 cm	15 cm	10 cm	-
1400 gramos	-	-	8 cm	13 cm

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 7.8 Producción anual y diaria de paquetes

Producción	Año 2009	Diaria actual	Diaria estimada
Número de paquetes	90426	47/hora	550/hora

Fuente: Elaborada por el autor.

Actualmente en la empacadora, se elaboran los paquetes de forma manual a una tasa de 47 por hora. Mediante el uso de la selladora y el túnel de termo-encogido, la tasa aumentaría hasta los 550 paquetes por hora. Suficiente para cubrir la demanda actual y demandas futuras hasta once veces mayor que la del año 2009.

Características de los equipos

Tabla 7.9 Especificaciones de la selladora

Voltaje	120/220 voltios
Producción máxima	550 paquetes/hora
Dimensiones máximas producto	530 x 380
Máxima altura producto	300 mm
Dimensiones de la barra de sellado	540 x 390 mm
Máxima dimensión rollo plástico	250 mm (diámetro) x 600 mm (ancho)
Dimensiones máquina	1400 x 730 x 1400 mm
Altura de la superficie de trabajo	930 mm
Peso total de la máquina	130 Kg.

Fuente: <http://www.cierpronti.com>.

Tabla 7.10 Especificaciones fundas plásticas

Material	PVC, poliolefina, polietileno, microperforado
Tipo	Para alimentos
Espesor	10 a 50 μ

Fuente: <http://www.intertec.com.co>.

Tabla 7.11 Especificaciones del túnel de termo-encogido

Voltaje	220 voltios
Producción máxima	600 paquetes/hora
Dimensiones máximas producto	700 x 380
Máxima altura producto	220 mm
Dimensiones máquina	1390 x 850 x 1640 mm
Dimensiones entrada del túnel	440 x 240 mm
Peso total de la máquina	228 Kg.

Fuente: <http://www.cierpronti.com>.

7.3.4 Envase para almacenar y transportar la materia prima

Como se identificó en la Fase Analyze, los sacos de yute generaban problemas ya que son muy difíciles de manejar y no ofrecen buena protección para los cubos de panela. Para solucionar estos problemas se diseñó un nuevo envase más manejable y de mayor dureza.

El nuevo envase consiste en una caja, con divisiones interiores para colocar los cubos. El material del envase puede ser de plástico o madera, dependiendo de los costos y de las condiciones de uso. Para su manejo se colocan dos agarraderas en los costados y en el fondo de la caja se coloca una película de caucho para amortiguar la caída de los cubos al introducirlos en el envase.

A continuación se presentan 3 gráficos con las dimensiones y la forma del envase.

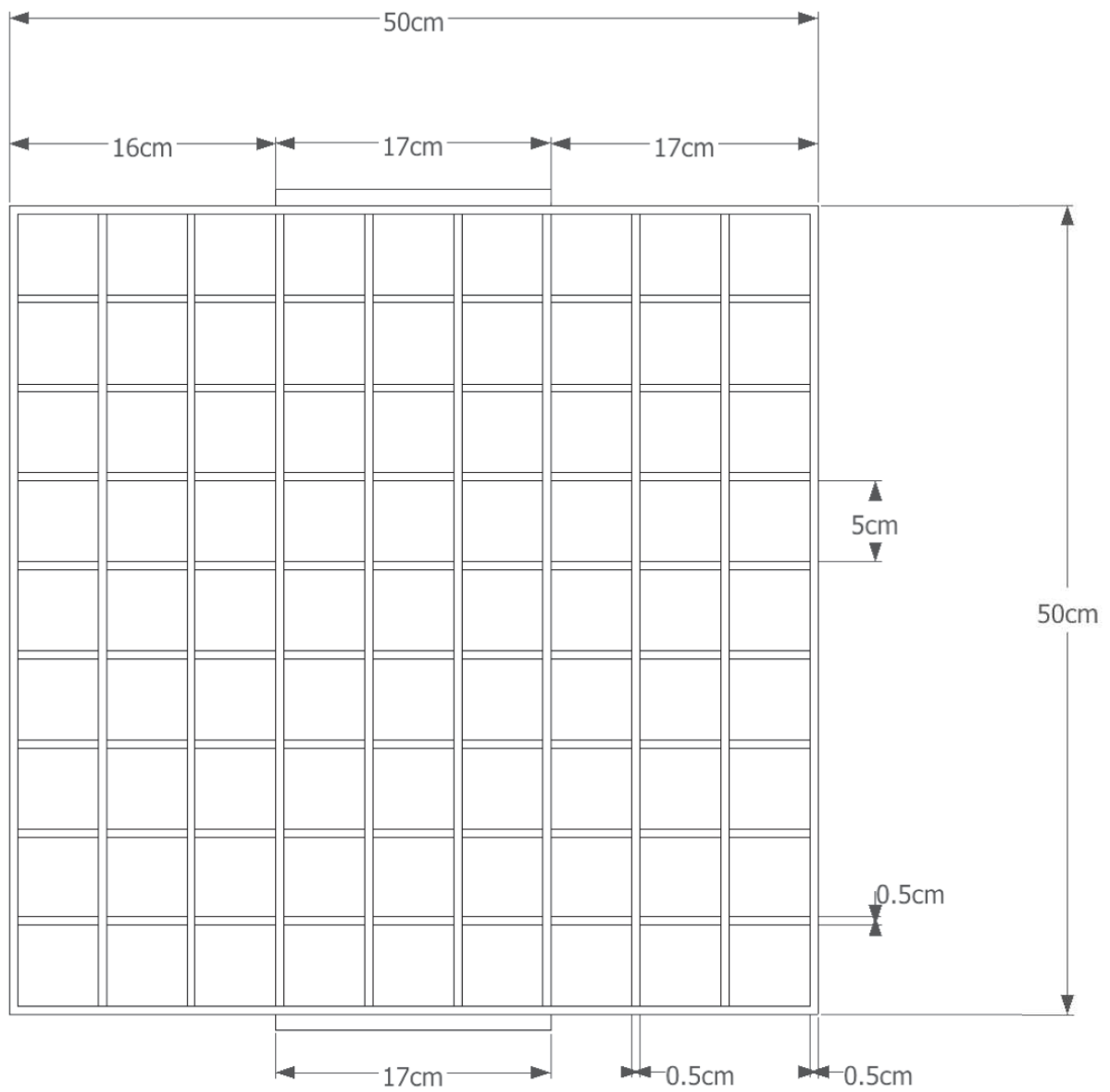
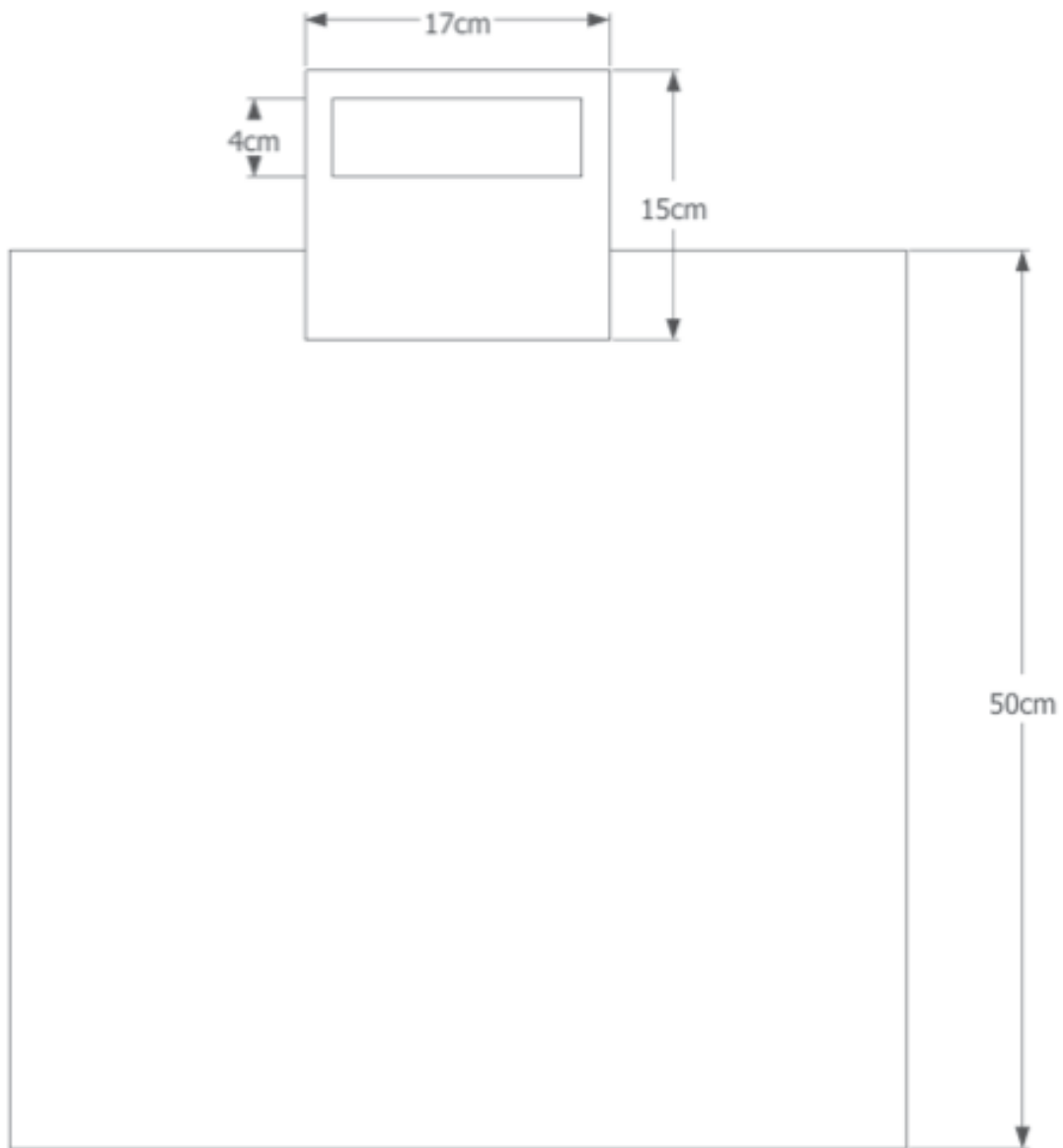
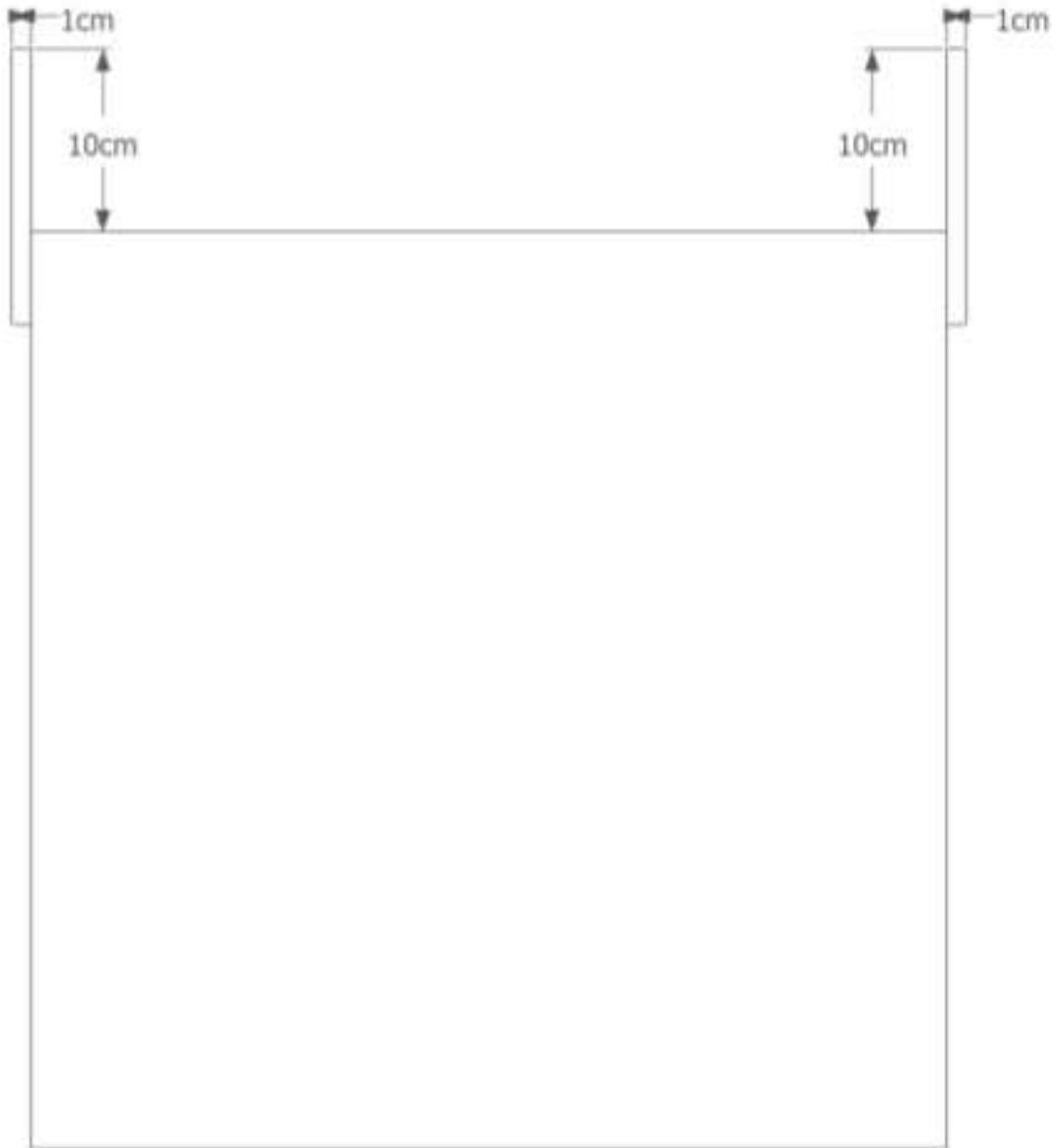
Dimensiones de la caja**Fig. 7.9 Vista superior de la caja****Fuente: Elaborada por el autor.**

Fig. 7.10 Vista lateral de la caja



Fuente: Elaborada por el autor.

Fig. 7.11 Vista frontal de la caja



Fuente: Elaborada por el autor.

8. CAPÍTULO VIII: FASE CONTROL

En la última fase del método DMAIC, se van a implementar las soluciones seleccionadas y validadas en la fase Improve, a todo el proceso y posteriormente se van a establecer técnicas para estandarizar el proceso y asegurar que los resultados obtenidos con las mejoras se mantengan a lo largo del tiempo.

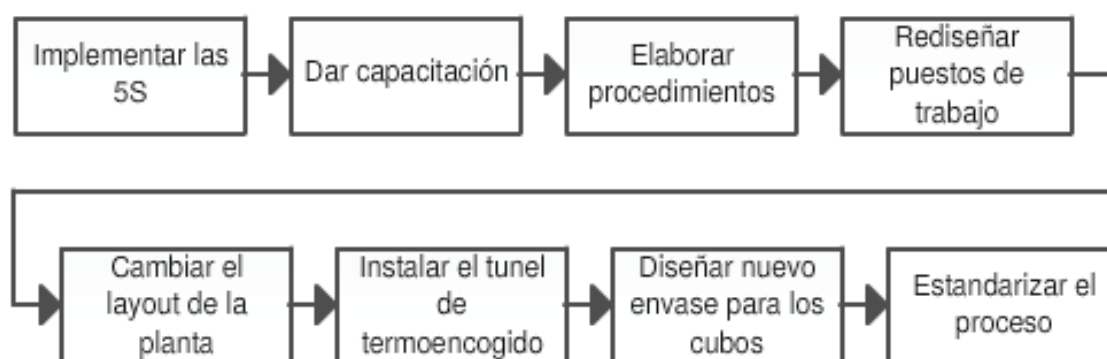
8.1 ESTANDARIZAR LAS MEJORAS

El objetivo de estandarizar las mejoras, es garantizar que el proceso se mantenga estable y adicionalmente es fundamental para que las mejoras sean correctamente implementadas.

8.1.1 Plan de Acción

El primer paso es determinar la secuencia en la cual se van a implementar las mejoras al proceso. Se eligió la implementación de las 5S como punto de partida, ya que dentro de la metodología Six Sigma, las identifica como un prerrequisito para iniciar cualquier implementación de mejoras. Adicionalmente es de vital importancia la capacitación. De esta forma los trabajadores tienen una idea general de los cambios que se van a producir y van a entender de mejor manera todo el proceso de mejora.

Fig. 8.1 Secuencia para implementar las mejoras



Fuente: Elaborada por el autor.

8.1.2 Estandarización del proceso

Para estandarizar el proceso se utilizan las siguientes técnicas y metodologías:

- Implementar 5S
- Capacitación
- Control Visual
- Gráficos de control por zona
- Documentación

Nuevamente en esta etapa se trabajó con las 5S y la capacitación. La metodología de las 5S una vez implementada, debe mantenerse dentro de la organización para aprovechar al máximo sus ventajas a largo plazo.

La capacitación también es fundamental para estandarizar el proceso, porque los trabajadores tienen la suficiente información y habilidades para interpretar las mejoras, mantener el proceso estable, contribuyen con nuevas ideas de mejoramiento y pueden tomar decisiones ante cualquier problema que se presente.

8.1.2.1 Control Visual

Esta técnica es muy sencilla y fácil de aplicar dentro de la estandarización. Permite a los trabajadores captar la información con mucha mayor facilidad y ayuda a la detección inmediata de errores. Los principales recursos de control visual son los siguientes:

- “Sombra”
- Rotulación
- Codificación por colores
- Cuadros indicadores
- Instructivos visuales de trabajo

Dentro de la empresa se implemento “sombra”, rotulación, codificación por colores e instructivos visuales de trabajo.

La “sombra” se utilizó para organizar las herramientas de trabajo. Cada una de ellas tiene su respectiva gráfica con su nombre indicando el lugar correcto en el cual tiene que estar la herramienta cuando no se la está usando.

La rotulación se usó para señalar las principales áreas de la empacadora, tales como el área de descarga de la materia prima, el área de almacenamiento y los lugares en donde se realiza la selección, termo-encogido, etiquetado y empaque.

La codificación por colores fue particularmente útil en la etapa de etiquetado, ya que se identificó cada contenedor con los 3 tipos de etiquetas mediante colores, para facilitar y aumentar el ritmo de trabajo del trabajador, pero sin aumentar el riesgo de errores. Adicionalmente se codificaron por colores, los contenedores de los cubos de panela para saber cuáles entran al proceso de empaqueo de los paquetes de 400 gramos y cuales al proceso de 800 gramos. De esta forma se simplifica la planeación de la producción diaria y permite identificar de una manera más simple, el origen de materia prima defectuosa.

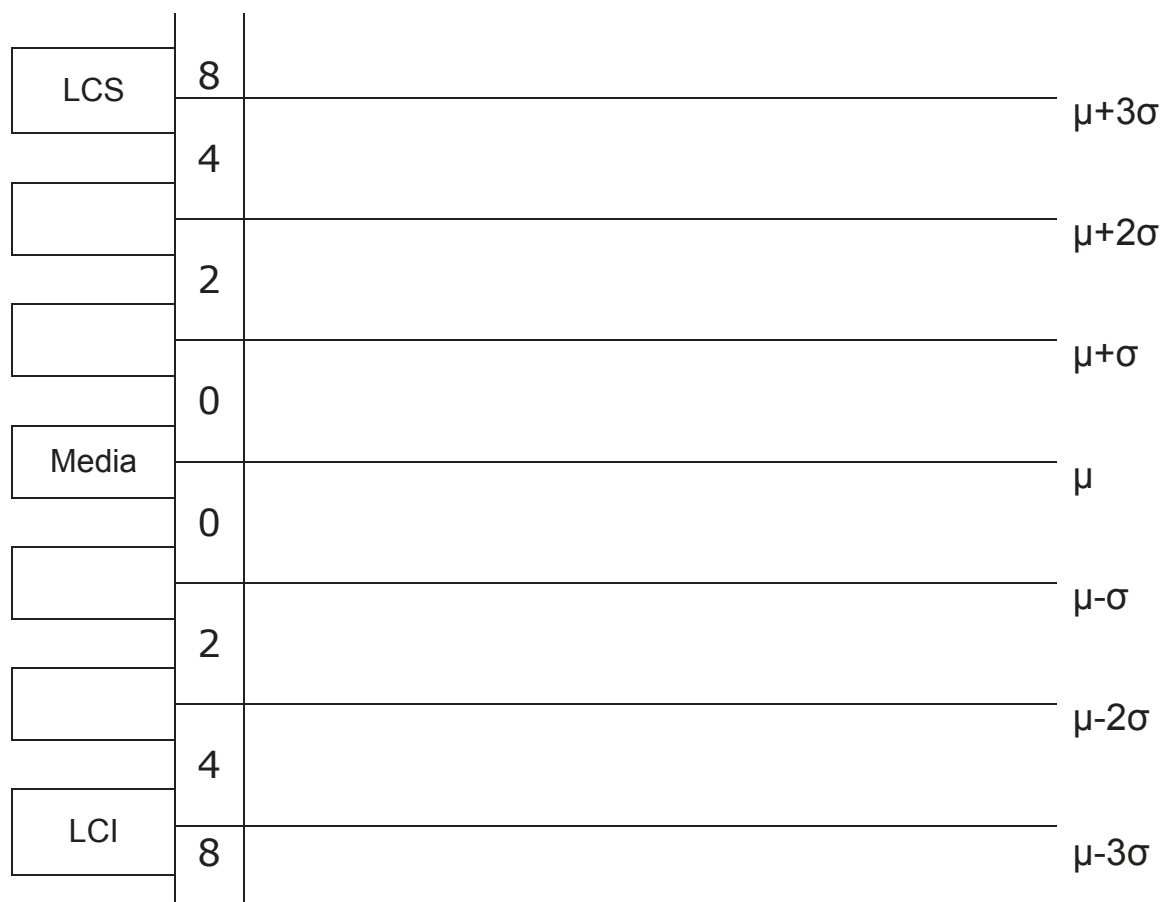
Finalmente se ubicaron instructivos visuales en cada estación de trabajo para que cada trabajador tenga una guía de referencia rápida de que es lo que tiene que hacer. Se colocaron imágenes en la etapa de selección para que el trabajador pueda comparar gráficamente los cubos si tiene alguna duda y no cometa errores y en la etapa de etiquetado indicando la posición correcta de la etiqueta.

8.1.2.2 Gráficos de control zona

Estos gráficos son muchos más simples que los usados en la fase Measure e Improve, pero son muy eficaces para mantener un proceso bajo control y permiten identificar causas de variación especial de una forma muy fácil. El gráfico se divide en cuatro zonas por encima de la media y en cuatro zonas por debajo de la media. Cada zona tiene su respectiva puntuación.

Para construir el gráfico, cada dato obtenido en el proceso se lo ubica en la zona correspondiente y se observa que puntuación tiene. A continuación se van sumando las puntuaciones y si se obtiene el valor de ocho, este nos indica la presencia de una causa de variación especial. Como se puede observar, cualquier dato fuera de los límites de control, tiene una puntuación de ocho, ya que cualquier dato dentro de esta zona es ocasionado por una causa de variación especial.

Fig. 8.2 Gráfico de control por zonas



Fuente: Elaborada por el autor.

Reglas para la suma de puntuaciones

- Cada punto se marca con un círculo con el valor de su puntuación. A partir del segundo punto, la puntuación corresponde a la suma acumulada de los puntos anteriores con la puntuación de la zona correspondiente al punto.
- Se une cada círculo con una línea.
- Cuando la línea de los puntos, cruza la línea de la media, la suma acumulada regresa a cero.
- Si un valor coincide con la línea de la media, se mantiene la suma acumulada.
- Si un valor coincide con un valor límite entre zonas, se suman los puntos de la zona con la puntuación más baja.
- Si se obtiene una suma acumulada mayor o igual a ocho, el proceso está fuera de control o bajo el efecto de alguna causa de variación especial. Una vez que fueron tomadas las acciones necesarias para eliminar la causa, el conteo vuelve a cero y se continúa con el control.

8.1.2.3 Documentación

El último paso para la estandarización de un proceso, es documentar todo lo realizado para llevar un registro de las acciones realizadas y sus resultados. Es importante que los documentos solo contengan información relevante, para asegurar que el tamaño de los mismos sea manejable. Cada uno de los documentos debe seguir un formato estándar, establecido por la empresa, para facilitar su uso, control y actualización.

Es fundamental documentar los procesos, procedimientos, datos estadísticos y cada una de las gráficas de control. A continuación se presentan los pasos para documentar procesos tomando como base la metodología Six Sigma.

Pasos para documentar un proceso

1. Definir la función básica del proceso y definir las condiciones para cumplirla.
2. Construir el Diagrama SIPOC-Detallado.
3. Elaborar los procedimientos relacionados con el proceso.
4. Establecer los métodos de control usados dentro del proceso.
5. Identificar los pasos para implementar el proceso.
6. Actualizar el documento cuando se realicen cambios en el proceso o se introduzcan mejoras.
7. Elaborar registros y mantenerlos actualizados con los resultados del proceso.
8. Documentar las no conformidades y las acciones correctivas que se realizan en el proceso.

8.2 FINALIZAR EL PROYECTO DE MEJORA

Luego de realizadas las cinco fases del Método DMAIC se pudo concluir, en base a los datos obtenidos, que se solucionó el principal problema de la empresa y se cumplió con el objetivo planteado inicialmente.

Adicionalmente se generó información y documentación muy valiosa para la empresa, que le sirve como base para seguir mejorando sus procesos y asegurar la calidad de sus productos.

9. CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, en este capítulo se detallan las conclusiones luego de implementar las mejoras y además se presentan algunas recomendaciones para la empresa y sus necesidades futuras.

9.1 CONCLUSIONES

- Luego del desarrollo de la metodología Six Sigma, la empresa Agropecuaria El Carmen alcanza un nivel de tecnificación aceptable, controlando parámetros y variables de su proceso, anteriormente netamente artesanal, para obtener productos de alta calidad.
- Se pudo comprobar que el método DMAIC puede ser aplicado en una pequeña empresa artesanal dedicada a la producción de panela, para solucionar problemas existentes e identificar oportunidades de mejora. Adicionalmente permite que las personas desarrollen ideas creativas para afrontar dificultades.
- Se introducen nuevas técnicas y tecnologías al proceso, mediante la implementación de las 5S, la estandarización de procesos, la automatización de la etapa de termo-encogido y diseño de nuevos envases para la materia prima.
- El plan de mejoras para la empresa fue desarrollado en base a su situación económica y se pone énfasis en generar e implementar

soluciones de bajo costo pero de alto impacto, tales como elaborar nuevos procedimientos, cambiar el layout de la planta y rediseñar los puestos de trabajo.

- La información obtenida a lo largo de este estudio, sirve como guía para empresas artesanales de características similares, que busquen tecnificar y mejorar sus procesos, aunque no dispongan de los recursos necesarios para realizar un proyecto de mejora enfocado en sus necesidades.
- Gracias a la disminución del desperdicio de materia prima y al aumento de la productividad dentro del proceso, actualmente Agropecuaria El Carmen se encontrará en capacidad de cubrir una demanda de panela mucho mayor. Adicionalmente la buena calidad de sus productos le va a permitir tener mayor participación en el mercado y atraer más clientes.
- Aunque el tipo de tareas que se realizan dentro de la empacadora no representan un alto riesgo para los trabajadores, se introducen conceptos de seguridad industrial y salud ocupacional y se asegura que las personas involucradas tomen conciencia de su importancia. Una vez que el personal de la empresa asimila estos conceptos, se desenvolverán con mayor confianza dentro de sus actividades, su motivación aumenta y su nivel de concentración es más elevado. Esto resalta que cuando se cumple con las necesidades de los trabajadores, ellos responden positivamente.
- Mediante la participación activa de los trabajadores para realizar el proyecto de mejora, se consigue que se sientan más identificados con la

empresa y conozcan la importancia que tienen las actividades que realizan dentro de la organización. También es importante para que se familiaricen con conceptos de calidad y de mejora continua.

- La capacitación es fundamental para preparar a los trabajadores antes de implementar las mejoras. Tener mayor información sobre lo que estaba sucediendo, les permite tener una actitud abierta hacia los cambios e ideas propuestas.
- Si bien ahora Agropecuaria El Carmen tecnificó su proceso, todavía existe mucho potencial para alcanzar niveles muchos más altos e implementar nuevas tecnologías. Al observar el nivel de desarrollo de las industrias dentro de este mercado, los proyectos de mejoramiento toman mayor relevancia, ya que permiten identificar y aprovechar la gran cantidad de oportunidades para desarrollar nuevos productos derivados de la panela.

9.2 RECOMENDACIONES

- Para complementar la implementación del proyecto de mejora, la empresa puede elaborar una planeación estratégica que incluya Visión, Misión y objetivos.
- A largo plazo, la empresa puede implementar un Sistema de Gestión de la Calidad e implementar normas ISO-9001, ISO-14001 y OHSAS 18001.
- Cuando se implemente alguna de las mejoras propuestas, que incluyen la instalación del túnel de termo-encogido y el uso de un nuevo envase para almacenar y transportar la materia prima, se debe realizar nuevamente un estudio de capacidad para asegurarse que las mejoras no influyeron negativamente en el proceso.
- Dentro de la descripción de la propuesta para instalar un túnel de termo-encogido, se incluyó también el uso de una selladora automática que trabaja conjuntamente con el túnel. En el caso de que la empresa no esté en capacidad de adquirir las dos máquinas, se recomienda comprar sólo el túnel de termo-encogido ya que permite controlar las características CTX, identificadas en la fase Measure, que están relacionadas con la calidad del empaque.

- Antes de implementar el túnel de termo-encogido se debe capacitar al personal que lo va a utilizar y asegurarse que comprenda su funcionamiento para luego introducirlo al proceso.
- El plan de capacitación debe actualizarse cada año, para asegurarse que los trabajadores mantengan y amplíen su formación y conocimientos.
- Es fundamental que se cumpla y se mantenga la implementación de las 5S, antes y después de desarrollar el proyecto de mejora.
- Si la empresa decide realizar un nuevo proyecto de mejora, sus esfuerzos deberían enfocarse en el proceso de elaboración de los cubos de panela.
- Constantemente se debe buscar nuevas formas para el mejoramiento del proceso y es importante que los trabajadores estén involucrados para considerar sus planteamientos e ideas. Al estar en constante contacto con el proceso, pueden proporcionar información valiosa para encontrar o generar nuevas soluciones e identificar problemas potenciales.
- Con el fin de realizar un análisis de Ingeniería Económica se debe recabar toda la información necesaria para conocer la rentabilidad actual de la empresa y luego de implementadas las mejoras administrativas y técnicas poder calcular la rentabilidad final. De este modo, mediante la diferencia entre la rentabilidad con las mejoras y la rentabilidad anterior se podrá conocer con precisión el impacto económico logrado. Obviamente, para el cálculo de la rentabilidad con las mejoras debe

considerarse al menos el lapso de un año, efectuar las proyecciones correspondientes de beneficios y costos, presentados en un flujo de caja, con el fin de calcular la rentabilidad considerando la inversión en el equipamiento propuesto.

10. BIBLIOGRAFÍA

10.1 LIBROS DE REFERENCIA

- **PANDE**, PETER S, **NEUMAN**, ROBERT P, **CAVANAGH**, ROLAND R. Las claves prácticas de Seis Sigma. McGraw Hill 2004.
- **LIND**, DOUGLAS A, **MARCHAL**, William G, **MASON**, ROBERT D. Estadística para Administración y Economía. Alfaomega 2004.
- **NIEBEL**, BENJAMIN W. Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. Alfaomega 2004.

10.2 PAGINAS DE INTERNET

- <http://fcial.uta.edu.ec/archivos/ProduMecanicaPanelaG.pdf>
- www.wikipedia.com
- <http://www.scribd.com/doc/16574079/Curso-Seis-Sigma>
- www.ecuarural.gov.ec/ecuago/paginas/tec_agroind/panela
- <http://www.cierpronti.com>
- <http://www.intertec.com.co>

10.3 MANUALES

- **DE MOURA**, EDUARDO C. Formación de Especialistas Six Sigma Green Belt. Qualiplus 2008.
- **LEFCOVICH**, MAURICIO. Seis Sigma - Hacia un nuevo paradigma en Gestión 2003.

11. ANEXOS

11.1 ANEXO 1: GLOSARIO DE PRINCIPALES TÉRMINOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN SIX SIGMA

CT Flowdown (*Critical-To-Flowdown*): Es para medir y cuantificar las necesidades de los clientes, e identificar características críticas para satisfacerlas. Estas características se clasifican en CTS, CTY y CTX.

Características CTS: Es el conjunto de requisitos y atributos que el cliente, busca en un determinado producto o servicio para estar satisfecho.

Características CTY: Es el conjunto de propiedades y elementos del producto o servicio que influyen y determinan las CTS.

Características CTX: Es el conjunto de variables y parámetros de los procesos necesarios para obtener las CTY correspondientes.

Matriz CTS: Permite priorizar y cuantificar los requisitos del cliente en base al índice de importancia del cliente y el grado de no conformidad.

Índice de importancia del cliente (IIC): Indica, desde la perspectiva del cliente, cuales son los requisitos más importantes que busca.

Grado de no conformidad (GNC): Indica el nivel de cumplimiento de los requisitos y necesidades del cliente.

Matriz CTY: Permite asociar y priorizar las CTY relacionadas directamente con las CTS.

Matriz CTX: Permite asociar y priorizar las CTX que influyen sobre las CTY.

SIPOC: Es el acrónimo por sus siglas en inglés de Proveedores (*Suppliers*), Entradas (*Inputs*), Procesos (*Process*), Productos (*Outputs*), Clientes (*Customers*).

Diagrama SIPOC Macro: Herramienta que permite identificar los componentes y las etapas básicas de un proceso.

Diagrama SIPOC Detallado: Herramienta permite describir y mapear el proceso con un nivel de detalle mucho mayor que el diagrama SIPOC Macro. Además de identificar las etapas básicas del proceso, permite observar cada uno de los pasos necesarios para realizarlas.

Matriz de Priorización: Herramienta para establecer prioridades entre varias alternativas y elegir una de ellas en base a criterios de selección previamente definidos.

Matriz de Síntesis: Permite establecer el grado de relación entre los criterios de selección y las alternativas planteadas.

Diagrama de Pareto: Herramienta para organizar gráficamente los datos en orden descendente de izquierda a derecha, mediante barras verticales. Este diagrama permite comprobar la presencia del principio de Pareto o la regla del 80-20 según el cual, el 80% de los problemas se originan por el 20% de las causas.

Isoplot: Herramienta para evaluar gráficamente un sistema de medición para determinar su precisión y exactitud.

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis): Procedimiento usado en desarrollo del producto o durante la implementación de mejoras, para el análisis de fallas potenciales en base al grado de ocurrencia y su severidad.

Índice de severidad: Permite clasificar las fallas potenciales por su nivel de impacto y peligro.

Project Charter: Documento que detalla el alcance, objetivos y responsables de un proyecto de mejora.

Árbol de causa y efecto: Diagrama para identificar y visualizar mediante un las relaciones que existen entre las causas principales, las causas raíz y el problema principal.

Gráficas de control: Herramienta usada para determinar si un proceso se encuentra o no, bajo control y determinar la presencia de causas de variación natural y especial.

Causas de variación natural: Conjunto de causas que están siempre presentes y determinan la variabilidad natural del proceso, afectando a todos los resultados. Es imposible aislar su efecto.

Causas de variación especial: Son causas que se presentan ocasionalmente y afectan solo a algunos resultados. Una vez identificadas son fácilmente aisladas y eliminadas.

Minitab: Programa de computadora desarrollado para realizar funciones estadísticas básicas y avanzadas, herramientas de calidad y herramientas gráficas frecuentemente utilizadas en la metodología Six Sigma.

11.2 ANEXO 2: DATOS RECOLECTADOS PARA EL ESTUDIO DE CAPACIDAD

Paquetes de 800 gramos	
Día	Número paquetes
1	74
2	73
3	74
4	75
5	76
6	73
7	73
8	75
9	74
10	74
11	75
12	73
13	75
14	76
15	73
16	75
17	75
18	73
19	74
20	74
21	72
22	75
23	72
24	73
25	73
26	73
27	74
28	74
29	74
30	73
31	72
32	74
33	73
34	73
35	73
36	75
37	75
38	74
39	74
40	75

41	74
42	75
43	74
44	75
45	74
46	75
47	74
48	75
49	74
50	73
51	74
52	72
53	75
54	75
55	74
56	74
57	75
58	75
59	74
60	74
61	73
62	75
63	76
64	73
65	74
66	75
67	74
68	75
69	75
70	74
71	75
72	75
73	75
74	73
75	74
76	75
77	74
78	73
79	75
80	74
81	75
82	75
83	76
84	74

85	75
86	74
87	74
88	73
89	75
90	75
91	76
92	74

93	74
94	74
95	74
96	75
97	74
98	75
99	77
100	73

Paquetes de 400 gramos	
Día	Número paquetes
1	149
2	148
3	147
4	150
5	149
6	148
7	147
8	150
9	150
10	145
11	147
12	149
13	149
14	148
15	150
16	148
17	147
18	131
19	152
20	150
21	149
22	150
23	150
24	149
25	149
26	150
27	148
28	149
29	149
30	150

31	148
32	151
33	146
34	147
35	150
36	152
37	150
38	150
39	149
40	149
41	149
42	148
43	150
44	148
45	150
46	150
47	149
48	148
49	150
50	149
51	150
52	147
53	145
54	151
55	149
56	150
57	150
58	149
59	148
60	150
61	151
62	149
63	149
64	150

65	150
66	148
67	146
68	147
69	149
70	150
71	148
72	142
73	150
74	149
75	148
76	150
77	149
78	149
79	148
80	148
81	150
82	150

83	149
84	150
85	148
86	148
87	147
88	151
89	150
90	149
91	150
92	149
93	148
94	145
95	147
96	145
97	145
98	146
99	144
100	148

11.3 ANEXO: TABLAS DE CÁLCULOS PARA EL CT FLOWDOWN

11.3.1 Matriz de priorización CTY

		CTS 1	CTS 2	CTS 3	CTS 4	CTS 5	CTS 6	CTS 7	CTS 8	CTS 9	CTS 10	CTS 11	Total	Prioridad
	CTY/ Calificación CTS	9	7	3	8	8	9	4	6	8	7	6		
1	Resistencia corte	9	9	3		9				1			233	9.0
2	Hérmético	9	1	1		3				9			187	7.2
3	Impermeable	9	1	1		1				9			171	6.6
4	Flexibilidad	3	1			9							106	4.1
5	Textura						1	9		9			117	4.6
6	Dureza						9	3					93	3.6
7	Dimensiones (P)						9	9					117	4.6
8	Grado acidez										9	9	117	4.6
9	Forma						9	9	9				171	6.6
10	Color									9			72	2.8
11	Dimensiones (E)				3								24	1.0
12	Tipo de datos				9								72	2.8
13	Diseño				3								24	1.0
14	Grado adherencia				3								24	1.0

Grado de relación de CTY sobre la CTS			
Fuerte	9		
Media	3		
Débil	1		

(P) Panela
(E) Etiqueta

11.3.2 Matriz de priorización CTX

	CTY 1	CTY 2	CTY 3	CTY 4	CTY 5	CTY 6	CTY 7	CTY 8	CTY 9	CTY 10	CTY 11	CTY 12	CTY 13	CTY 14	Total	Prioridad
Calificación CTY	9.0	7.2	6.6	4.1	4.6	3.6	4.6	4.6	6.6	2.8	1.0	2.8	1.0	1.0		
CTX																
1 Forma no cúbica							9		9						101	6.1
2 Impurezas					9					9					67	4.3
3 Presencia de agujeros							9		9						101	6.1
4 Temperatura horno					9					3					50	3.4
5 Tiempo secado					9					3					50	3.4
6 Temperatura secador	3	3	3	3											81	5.1
7 Distancia aplicación	9	3	1	1											113	6.7
8 Tiempo aplicación	9	9	1	1											157	9
9 Adherencia correcta														9	9	1.3
10 Posición centrada											3				3	1