



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA INDUSTRIAL**

TEMA:

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN EL ÁREA DE
CULTIVO DE LA FINCA FLORÍCOLA ROSE CONNECTION ROSECON
CIA. LTDA. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD**

Autora: Rosa Cristina Matute Chimbay

Director: Ing. Santiago Marcelo Vacas Palacios MSc.

IBARRA - ECUADOR

2017

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN EL ÁREA DE CULTIVO DE LA FINCA FLORÍCOLA ROSE CONNECTION ROSECON CIA. LTDA. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD”

Autora: Rosa Cristina Matute Chimbay

¹ Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de julio 5-21 y Gral. José María Córdova, (593 6) 2997800 ext. 7070 Ibarra, Imbabura

Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas – Ingeniería Industrial

rosa.matute@outlook.es

Resumen

El presente trabajo fue desarrollado en las instalaciones de la finca florícola Rose Connection que se encuentra ubicada en el Km. 3 1/2 vía a Cajas en el sector de Tabacundo, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha.

Inicialmente y de acuerdo a la primera fase, definir, se identificó la problemática de calidad del área en estudio y las variables críticas que no se estarían cumpliendo bajo los parámetros de calidad establecidos o las Y's del proceso. Posterior a ello, dentro de la fase medir, se evaluaron: la capacidad actual del proceso para cumplir especificaciones determinadas y los niveles sigma del mismo, para con estos datos, dentro de la fase analizar, identificar y establecer las causas raíz que generaron el problema o las X's del proceso.

Consecutivamente, dentro de la fase mejorar, se implementaron planes de acción que ayudaron a la reducción de la variabilidad detectada en el proceso y a eliminar factores que generaban “producto no conforme”. Y finalmente, dentro de la etapa controlar, se establecieron inspecciones de vigilancia de las X's identificadas mediante el uso de herramientas estadísticas.

Además, como parte fundamental y objetivo principal de la implementación de DMAMC, se evaluó la variación del índice de productividad, es decir, la relación porcentual obtenida entre la productividad inicial, antes de las soluciones planteadas, y la productividad final generada después del desarrollo de mejoras con el propósito de conocer el progreso de este indicador.

Palabras Claves

Calidad, Seis Sigma, Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.

1. Introducción

Reducir los porcentajes de “producto no conforme” que se generan dentro de una organización es considerada como una estrategia de mejora de la productividad, pues ésta obliga a optimizar al máximo la calidad de los productos y a reducir la variabilidad de los procesos utilizando metodologías basadas en la mejora continua.

El desarrollo del presente trabajo tiene como objetivo principal mejorar la productividad de la empresa y la calidad del producto resultante del área de cultivo a través de la aplicación de la metodología DMAMC.

DMAMC es un sistema de mejora de Seis Sigma encaminado a dar seguimiento y solución a problemas que afectan la satisfacción de los clientes y a mejorar la calidad de un bien o servicio. Esta metodología fundamentada en el uso de herramientas y técnicas basadas en el pensamiento estadístico ayudará a identificar las variables críticas de calidad que aquejan y afectan actualmente el proceso, así como también, a medir la capacidad actual del proceso para cumplir especificaciones y los niveles sigma del mismo. Su objetivo principal es analizar los datos reales del proceso y determinar y establecer soluciones que mejoren la variabilidad del proceso y la calidad del producto.

Al mejorar la calidad y la variabilidad del proceso, se logrará fundamentalmente reducir el porcentaje de producto no conforme o flor nacional a causa de presencia de daño mecánico o maltrato en el botón floral del tallo de rosa, y al mismo tiempo mejorar el rendimiento de los procesos del área de poscosecha, pues se reducirán tiempos destinados a reprocesos y a actividades direccionadas a mejorar el producto, logrando así, grandes beneficios económicos para la empresa.

2. Materiales y Métodos

2.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, es decir, está enfocada en la recolección y análisis de datos a

través de herramientas estadísticas o matemáticas que brinden resultados objetivos.

El tipo de investigación utilizada es de tipo exploratorio descriptivo, pues se obtuvo un indicador de productividad inicial del proceso y la capacidad actual del mismo para cumplir especificaciones, además de su nivel sigma. De igual manera se hizo uso de una estrategia tipo documental y de campo.

2.2. Población y muestra

El objeto de estudio o análisis de esta investigación fue el producto resultante del proceso productivo de cultivo: una malla de flor de 25 tallos.

Como población de estudio se consideró el promedio semanal de mallas cosechadas (25 tallos/malla), es decir, la producción promedio semanal. En base a datos históricos de producción proporcionados por poscosecha se obtuvo un valor promedio de 12 536 mallas de flor por semana.

Se trabajó con la fórmula pertinente para el cálculo y de acuerdo a los datos de estudio y a un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5% se obtuvo un tamaño de muestra $n = 372$ unidades.

3. Resultados

3.1. Diagnóstico de la Situación actual de Rose Connection

- **Descripción general de la empresa**

Rose Connection es una empresa florícola ecuatoriana que está ubicada a una hora al norte de la ciudad de Quito, a 2850 metros sobre el nivel del mar, cerca del volcán Cayambe. Desde el año 2001 está dedicada a la producción, comercialización y exportación de rosas frescas cortadas de calidad Súper Premium.

Esta empresa cuenta con una extensión total de 22 ha bajo invernadero dando trabajo a un total de 250 trabajadores entre personal operativo, técnicos y administrativos. Actualmente, produce un total de 57 variedades de una gama de colores: rojos, bicolors, blancos, fucsias, rosados, marfiles, amarillos, naranjas, jaspeados, corales y flores tinturadas que son destinadas a un promedio de 42 países del mundo.

- **Análisis producto no conforme – clientes externos**

Inicialmente se analizaron los valores económicos y porcentuales de quejas e inconformidades de los diferentes clientes externos receptados durante un año y los montos económicos que cada uno de éstos representó para la empresa.

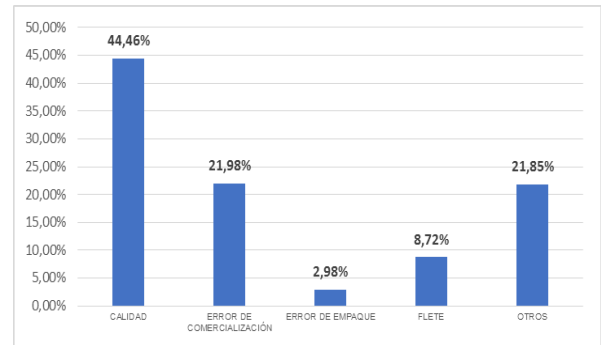


Figura 1. Diagrama de barras de tipos de créditos.

Del problema de calidad que representó el 44,46% (véase Figura 1), el 33,17% se debe a problemas de Botrytis o enfermedad fitosanitaria presente en la flor y el 26,30% por maltrato en el botón floral.

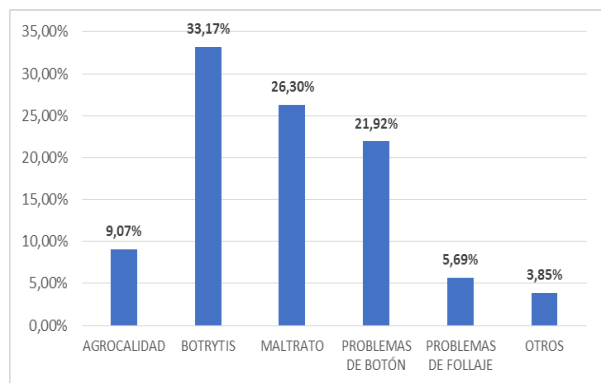


Figura 2. Diagrama de barras de causas por créditos de calidad.

Con estos datos iniciales se concluyó que dentro de los créditos que recibe a diario la empresa, las inconformidades por problemas de calidad son las más representativas tanto en valores monetarios como porcentuales, siendo los más significativos, Botrytis y Maltrato en la flor.

- **Análisis producto no conforme – clientes internos**

Para el correspondiente análisis interno de la empresa se recopiló información de los porcentajes obtenidos de flor nacional durante el mismo periodo.

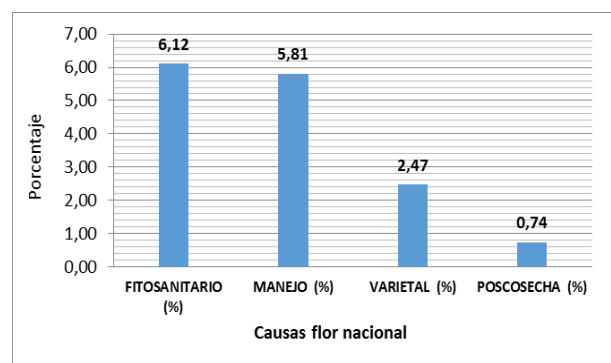


Figura 3. Diagrama de barras de causas de flor nacional.

De acuerdo a la Figura 3 los indicadores más altos fueron: el 6,12% a causa de problemas fitosanitarios y el 5,81% por motivos de manejo. Analizando las causas que generaron el 5,81% de flor nacional por motivos de manejo, se obtuvo:

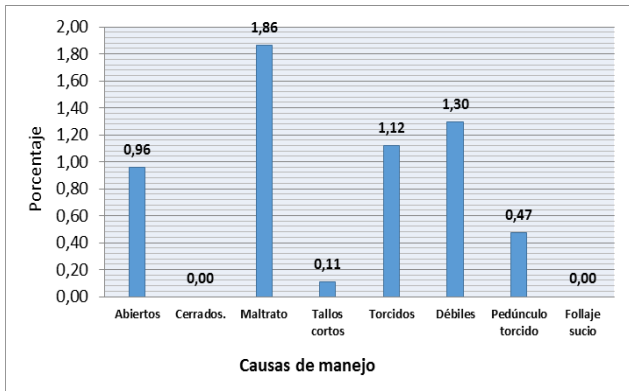


Figura 4. Diagrama de barras de causas de flor nacional por manejo.

El porcentaje más alto, 1,86% por problemas de no conformidad dentro de esta categoría corresponde a maltrato en el botón o daño mecánico lo que significa un promedio aproximado de 6 176 tallos desechados por semana.

Una vez analizados los datos obtenidos tanto en el análisis de inconformidades externas como internas se concluyó que la presencia de flor con daño mecánico o maltrato es una oportunidad de mejora.

De igual manera, a través de un proceso de discernimiento de criterios mediante una matriz de decisión se determinó el área de cultivo como foco de estudio, pues es necesario analizar e implementar mejoras en aquel que tiene el papel de proveedor.

• **Productividad Multifactorial Inicial**

Para obtener este indicador antes de las mejoras a proponer, se recopilaron los datos de producción y costos de un mes de trabajo, mismos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de costos y producción de un mes de trabajo antes de la implementación de mejoras.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Producción bruta	1 368 929
Tallos No conformes (flor nacional)	140 590
Tallos No conformes por maltrato	24 504
Tallos Exportables	1 344 425
Costos Materia Prima (\$)	89 607
Costos Mano Obra (\$)	155 567
Costos Indirectos de Fabricación (\$)	134 732
Precio promedio por tallo (\$)	0,35

Con estos valores y reemplazando en la fórmula correspondiente se obtuvo:

$$Productividad\ multifactorial = \frac{Unidades\ producidas}{MO + MP + CIF}$$

$$Productividad\ multifactorial = \frac{1\ 344\ 425 * 0,35}{155\ 567 + 89\ 607 + 134\ 732}$$

$$Productividad\ multifactorial = 1,24$$

Este resultado obtenido representa que el valor monetario de la producción es 1,24 veces el valor monetario de los recursos empleados para obtenerla.

3.2. Aplicación de la metodología de mejora de procesos de seis sigma, DMAMC

• **Definir**

Seleccionado el proyecto a abordar en base a un problema a solucionar, en esta etapa se inició revisando el problema y su objetivo, se identificó y definió cuáles son los requisitos de los clientes o cuáles son las características del producto que le son útiles y efectivos.

Identificación de las características críticas de calidad

Las características críticas de calidad o CTQ por sus siglas en inglés (Critical to Quality) son las características o atributos del bien o servicio que son capaces de satisfacer las necesidades del cliente.

A través de una declaración de requisitos del cliente, poscosecha, realizada previamente se definieron las CTQ's del producto. Posterior a ello, se utilizó el método de Critical to Flow Down para determinar el Índice de Prioridad IPQ que tienen las CTQ's en función de la importancia para el cliente IIC y del Grado de No-Conformidad GNC (véase Tabla 2.).

Tabla 2. Matriz de priorización para CTQ's.

Atributos del producto	IIC	GNC	IPQ	Orden
Flor sin daño mecánico	7	7	49	1
Uniformidad de puntos de corte	5	3	15	5
# tallos: 25 tallos/malla	7	1	7	8
Enmalle correcto de flor	5	5	25	3
Mezcla de longitudes correcta: 25 cm máx. diferencia	5	3	15	6
Correcto ajuste con forma cónica	5	5	25	4
Botones a una distancia de 10 cm mín. del borde de la malla	7	1	7	9
Flor nivelada o alineada	5	9	45	2
Identificación de cosechador	9	1	9	7
Mallas limpias, no rotas.	5	1	5	10

Con los resultados de la matriz se determinó las CTQ's:

- Flor sin daño mecánico
- Flor nivelada o alineada
- Enmalle correcto de flor

- Correcto ajuste con forma cónica

Diagrama SIPOC

Se utilizó esta herramienta de diagramación para definir los diferentes clientes del proceso, el inicio y final de éste.

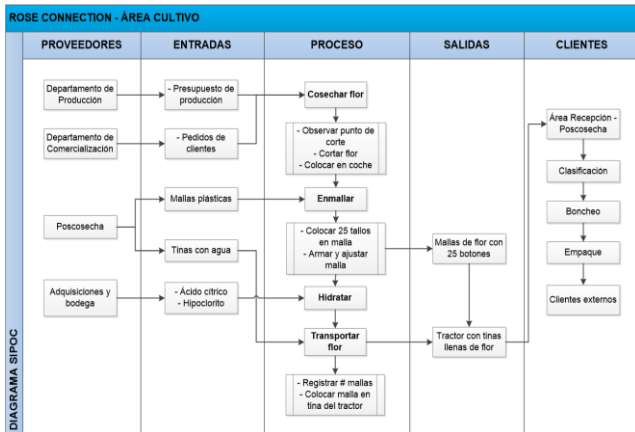


Figura 5. Diagrama SIPOC – nivel macro del proceso.

• **Medir**

Para la recopilación de información se realizaron mediciones en el área de recepción de poscosecha, con la finalidad de evaluar la situación actual del proceso a través de un análisis de su habilidad para el cumplimiento de requisitos y el cálculo inicial del nivel sigma del mismo.

Estabilidad, capacidad del proceso y nivel sigma del proceso respecto al atributo: flor sin daño mecánico

En base a un muestreo diseñado a los requerimientos de la información, se recopilaron datos del número de botones maltratados por malla, y a través del uso de una carta de control NP que se muestra en la Figura 6 se obtuvo:

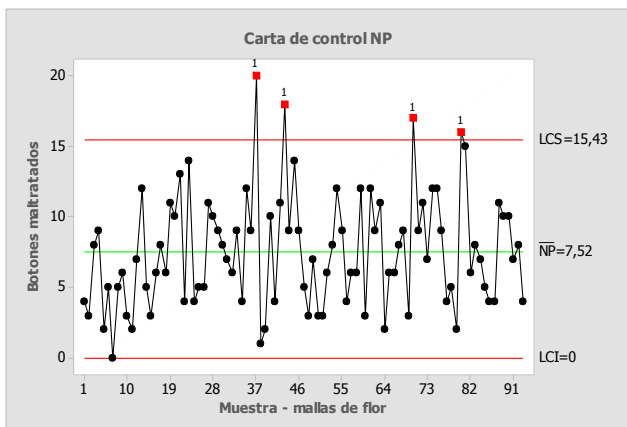


Figura 6. Carta de control NP – botones con daño mecánico por malla.

Como muestra la carta de control, se obtuvo un promedio de 7,52 botones maltratados por cada 100 botones

inspeccionados, un límite central superior de 15,43 y un límite central inferior igual a cero.

Con ayuda del programa Minitab y considerando una Distribución Binomial, se realizó el análisis de capacidad correspondiente, obteniendo la gráfica de la Figura 7.

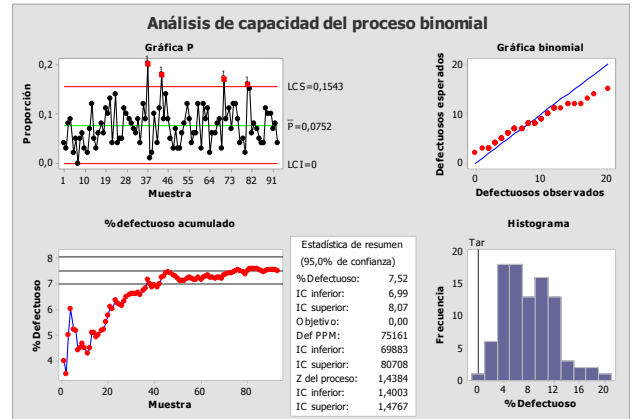


Figura 7. Análisis de capacidad de proceso bajo distribución binomial: botones con daño mecánico por malla de flor.

El nivel Z del proceso obtenido es igual a 1,43 y un total de partes por millón fuera de especificaciones, es decir PPM = 75 161. Esto significa que, de acuerdo a la tabla de calidad de corto y largo plazo se alcanzó un nivel sigma del proceso igual a 2,87 y un rendimiento del 91,54%.

Estabilidad, capacidad del proceso y nivel sigma del proceso respecto a los atributos: flor nivelada o alineada, emalle correcto de flor y correcto ajuste con forma cónica

En base al tamaño de muestra obtenido, en cada muestra tomada se evaluaron las Y's críticas del proceso y se generó la carta de control C de la Figura 8.

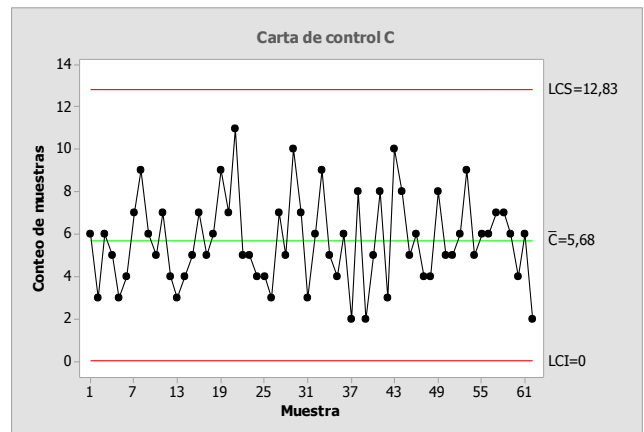


Figura 8. Carta de control C - número de defectos por malla.

Los límites de control obtenidos en esta carta reflejan el número de defectos por subgrupo, es decir, de cada 6 mallas evaluadas se espera obtener de 0 a 12,83 defectos con un promedio de 5,68.

Realizando el análisis de capacidad correspondiente y considerando una Distribución de Poisson, se obtuvo:

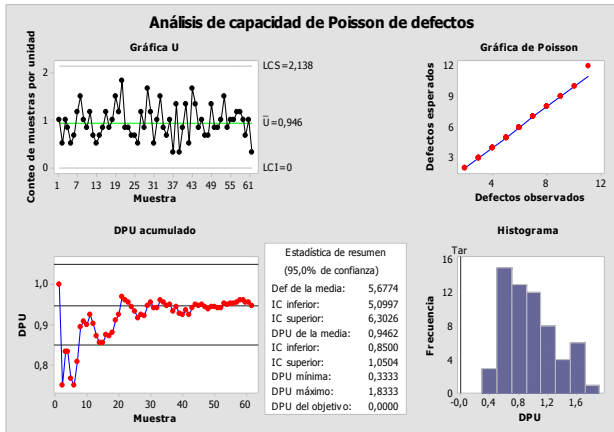


Figura 9. Análisis de capacidad bajo distribución de Poisson: número de defectos por malla.

La Figura 9 muestra que se obtuvo un DPU = 0,94, es decir, un promedio de 0,94 defectos por unidad o malla de flor. De igual manera, un nivel sigma de 1,23 que de acuerdo con éste, corresponde a un nivel de DPMO = 598 700 y a un rendimiento 40,13%.

• **Analizar**

Uno de los principales objetivos de esta etapa es determinar y analizar las causas del problema en estudio, es decir, las X's del proceso.

Diagrama de Pareto: análisis de flor con daño mecánico

En base a datos históricos de flor nacional por flor maltratada de cada una de las variedades existentes en la finca se realizó un diagrama de Pareto (véase Figura 10).

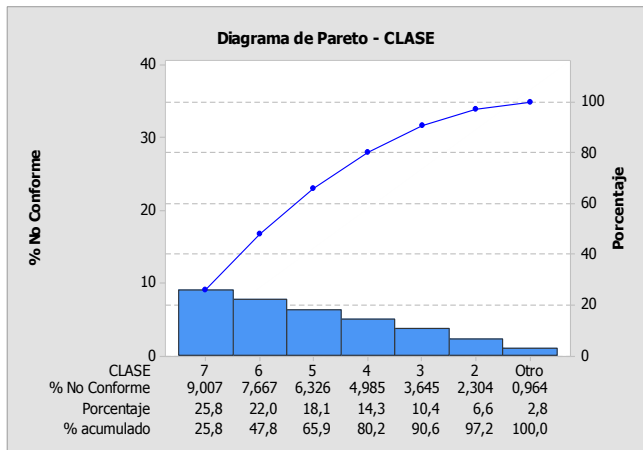


Figura 10. Diagrama de Pareto - % de flor con daño mecánico.

Con estos resultados claramente se evidencia que las pocas vitales a analizar y mejorar serán aquellas variedades que se encuentran dentro de los grupos 7, 6, 5 y 4, pues éstas representan un porcentaje promedio semanal de flor con daño mecánico o maltrato del 9% a 4,9%, siendo estas:

Tabla 3. Lista de variedades con mayor porcentaje de flor con daño mecánico.

VARIEDAD	% MALTRATO/SEMANA
HIGH & GORGEOUS	9,68%
PROUD	8,75%
HOT SHOT	6,95%
HIGH & CANDY	6,86%
POLAR STAR	5,95%
FLORIDA	5,21%
ZAFIRA	5,14%
ANGELS	4,85%
DOMENICA	4,52%
STAR DUST	4,46%
MOVIE STAR	4,45%
ALBA	3,73%
WILD TOPAZ	3,63%
PINK FLOYD	3,16%

Diagrama de Pareto: análisis de defectos

De acuerdo a las CTQ's de estudio y a la información levantada se elaboró un diagrama de Pareto de la Figura 11.

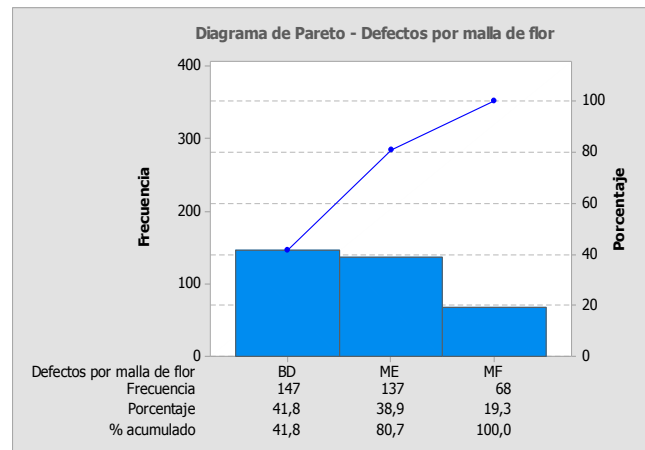


Figura 11. Diagrama de Pareto - % de defectos por malla de flor.

A través de la gráfica se concluyó que los defectos: botones desnivelados y flor mal enmallada representan un porcentaje acumulado del 80,7% de los problemas de calidad presentes en las mallas, mismos que serán las pocas vitales a mejorar.

Diagrama de Ishikawa o de causa-efecto

El diagrama de Ishikawa ayudó a identificar las causas raíz de los diferentes problemas de calidad detectados.

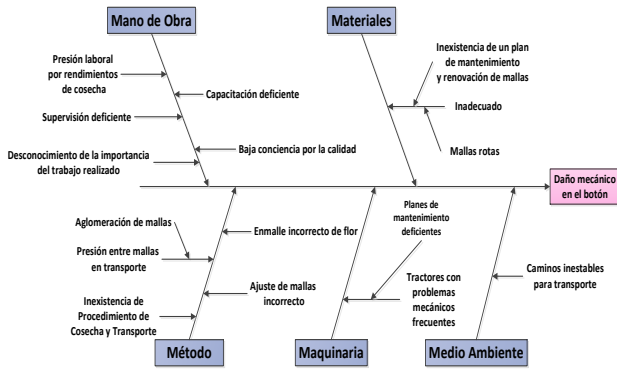


Figura 12. Diagrama de Ishikawa del atributo botón sin daño mecánico

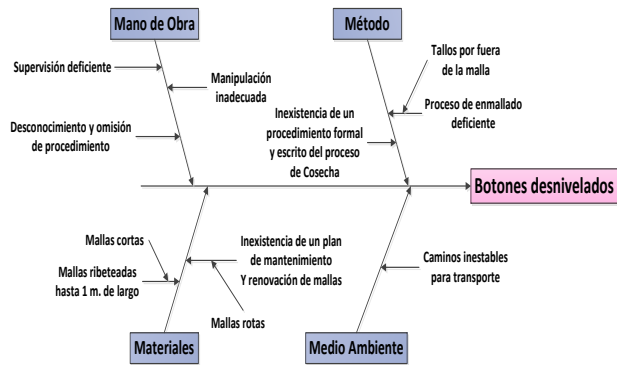


Figura 13. Diagrama de Ishikawa del defecto botones desnivelados.

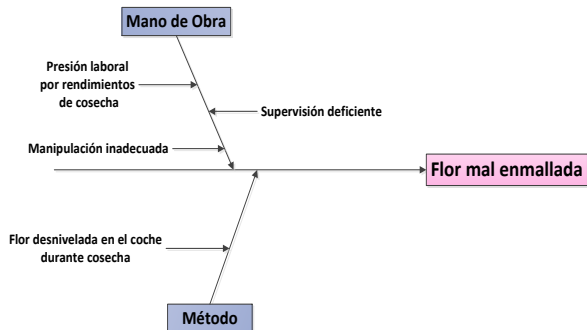


Figura 14. Diagrama de Ishikawa del defecto flor mal enmallada.

• **Mejorar**

Dentro de esta etapa se propusieron y evaluaron soluciones a través de lluvias de ideas y pláticas con el personal que permitieron llegar a conclusiones de mejora.

Selección de planes de mejora: matriz de criterios

Utilizando una matriz de decisión basada en criterios se analizaron estrategias de mejora mediante consenso y opinión directa de los dueños del proceso.

Tabla 4. Matriz de criterios para selección de mejoras.

Criterio	Votab.	Estrategia A		Estrategia B		Estrategia C		Estrategia D					
		Mejorar el proceso de transporte (automatizar proceso)	Puntuación	Reducir presión entre mallas del proceso de transporte	Puntuación	Mejorar la calidad de las mallas	Puntuación	Mejorar la calidad de enmallado	Puntuación				
Tiempo de Implementación	8	12 a 18 meses	3	24	3 a 4 semanas	10	80	1 a 2 semanas	10	80	3 a 4 semanas	10	80
Reducción de defectos estimada	10	Reducirá en casi un 100% de defectos	10	100	Significativa pero no total, se estima un 10%	4	40	Se estima un 10%	4	40	Se estima un 20%	5	50
Coste de Implementación	5	Implementación + formación: \$150.000	3	15	Costos por formación y seguimiento: \$300	9	45	Costos por tiempo destinado: \$200	10	50	Costos por formación y mallas nuevas: \$ 2000	8	40
Impacto en otros procesos	3	Menores tiempos por reprocesos en poscosecha, mayores rendimientos.	10	30	Menores tiempos en proceso en poscosecha.	4	12	Menores tiempos en cosecha, transporte y poscosecha	4	12	Menores tiempos en proceso de poscosecha	5	15
Total			169		Total	177		Total	182		Total	185	

- **Mejora de la calidad de las mallas**

Durante varios días personal de poscosecha fue destinado a escoger y separar mallas deterioradas, así como también, a cortar y separar aquellas mallas con daño que tenían la posibilidad de ser recicladas.

- **Mejora de la calidad de enmallado de la flor**

Al momento de enmallar la flor, para el caso de que tallos queden por fuera de la malla y éstos sobrepasen la medida de media tijera (referencia de medida de tijera felco utilizada para proceso de corte) o 10 cm por fuera de la malla, deberán ser enmallados con una segunda malla. Aquellos que no sobrepasen esta medida podrán ser enviados sin ningún problema a poscosecha.

- **Reducción de presión entre mallas en el proceso de transporte**

En base a la categorización del tipo de grosor de botón se clasificó a cada una de las variedades dentro de los grupos: grande, mediano y pequeño que se visualiza en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de variedades de acuerdo al tipo de grosor de botón.

GROSOR	VARIEDAD	GROSOR	VARIEDAD
GRANDE	3 D	PEQUEÑO	CHECK MATE
	CHERRY BRANDY		CHERRY OH
	EXPLORER		EARLY GRAY
	GARDEN SPIRIT		ENGAGEMENT
	IGUAZÚ		FLORIDA
WITHE CHOCOLATE	FREEDOM		
MEDIANO	ANGELS		HIGH&BONITA
	ESPAÑA		HIGH&MAGIC
	HERMOSA		HIGH&ORANGE MAGIC
	HIGH GORGEOUS		HIGH&YM FLAME
	HOT SHOT		HOT MERENGUE
	LA PERLA		IGUANA
	LIMONADE		KAHALA
	MONDIAL		MAGIC LIPS
	PAINT BALL		MALU
	PINK FLOYD		MARTINA
	POLAR STAR		MOVIE STAR
	PROUD		MYA
	SEÑORITA		NINA
	SHUKRANI		ORANGE CRUSH
	TITANIC		QUEEN BERRY
TURTLE	RASBERRY ICE		
ZAFIRA	STAR DUST		
PEQUEÑO	ALBA		SWEETNESS
	BLACK MAGIC		TOPAZ
	BLUEBERRY		TOUCH OF CLASS
	BLUSH		TUTTI FRUTTI
	BRIGHTON		VENDELA
	CARROUSEL		WILD TOPAZ

Esta categorización permitió definir el número de mallas a transportar por tina de hidratación, es decir:

Tabla 6. Número de mallas de flor por tina de hidratación de acuerdo al grosor de botón.

Varietades con grosor de botón	Número de mallas por tina
Grande	4
Mediano	5
Pequeño	6

Análisis de Mejoras

Estabilidad, capacidad del proceso y nivel sigma del proceso después de mejoras, respecto al atributo: flor sin daño mecánico

Para el análisis de estos indicadores se tomó nuevamente una muestra de tamaño $n = 372$ y se obtuvo la gráfica de control de la Figura 15.

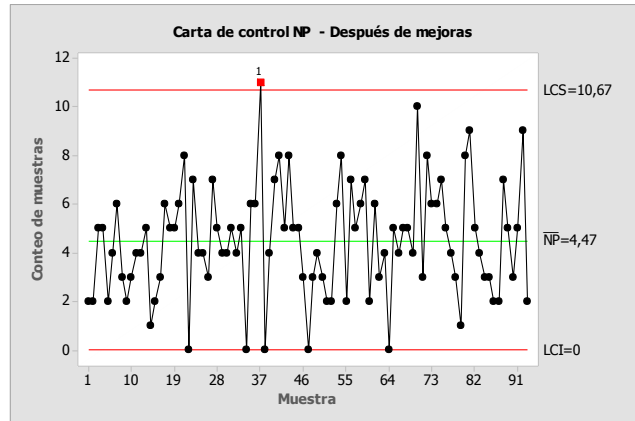


Figura 15. Carta de control NP: flor con daño mecánico por malla después de mejoras.

Los resultados muestran que en este análisis se obtuvo un promedio de 4,47 botones maltratados de cada 100 inspeccionados y que sus límites central superior y central inferior corresponden a 10,67 y 0 respectivamente. Se realizó el análisis de capacidad correspondiente (véase Figura 16.).

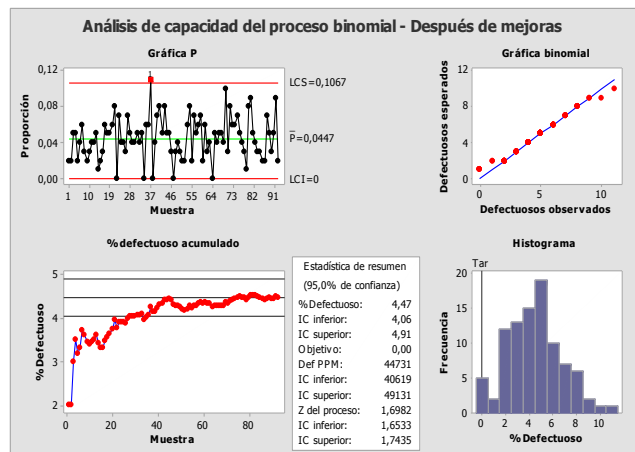


Figura 16. Análisis de capacidad bajo distribución binomial: flor con daño mecánico por malla después de mejoras.

El nivel Z del proceso obtenido es igual a 1,69 y un total de partes por millón fuera de especificaciones igual a 44 731. Esto significa que, de acuerdo a la tabla de calidad de corto y largo plazo, se obtuvo un nivel sigma del proceso igual a 3,12 y un rendimiento mejorado del 94,79%

Estabilidad, capacidad del proceso y nivel sigma del proceso después de mejoras, respecto a los atributos: flor nivelada o alineada, enmalle correcto de flor y correcto ajuste con forma cónica

En cuanto a la evaluación de defectos, se evaluaron mallas de flor después de las mejoras implementadas obteniendo la siguiente gráfica:

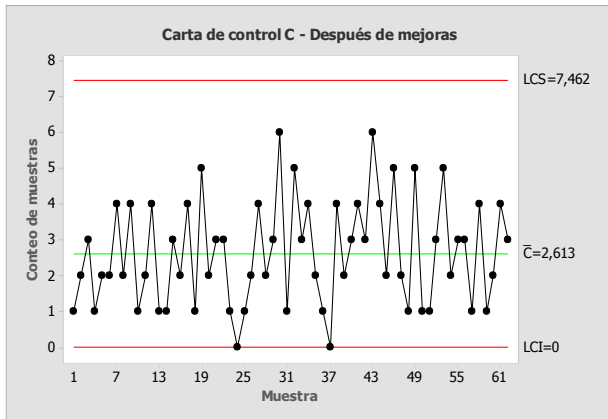


Figura 17. Carta de control C: número de defectos por malla después de mejoras.

Los límites de control resultantes muestran que se obtuvo un promedio de 2,61 defectos por cada 6 mallas evaluadas, y que se espera obtener de 0 a 7,46 defectos por subgrupo. Realizando el análisis de capacidad correspondiente se obtuvo:

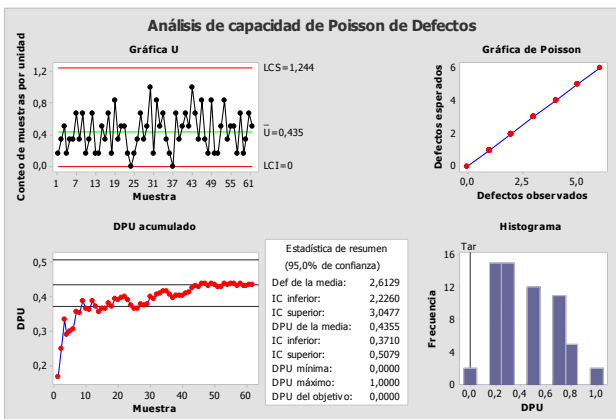


Figura 18. Análisis de capacidad bajo distribución de Poisson: número de defectos por malla después de mejoras.

La Figura 18 muestra que se obtuvo un DPU = 0,43, es decir, un promedio de 0,43 defectos por unidad o malla de flor.

Productividad multifactorial después de mejoras

Una vez que se implementaron las mejoras, se evaluaron los datos de producción de un mes después de que éstas se efectuaron y desarrollaron.

Tabla 7. Datos de producción y costos después de la implementación de mejoras.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Producción bruta	1 440 475
Tallos No conformes (flor nacional)	174 550
Tallos No conformes por maltrato	19 205
Tallos Exportables	1 421 270
Costos Materia Prima (\$)	86 910
Costos Mano Obra (\$)	157 573
Costos Indirectos de Fabricación (\$)	144 258
Precio promedio por tallo (\$)	0,36

Con estos valores y reemplazando en la fórmula correspondiente se obtuvo:

$$Productividad\ multifactorial = \frac{1\ 421\ 270 * 0,36}{157\ 573 + 86\ 910 + 144\ 258}$$

$$Productividad\ multifactorial = 1,32$$

Para este caso, después de las implementaciones generadas, el valor monetario de la producción es 1,32 veces el valor monetario de los recursos empleados para obtenerla.

- **Controlar**

Dentro de la etapa final de DMAMC, el objetivo fue mantener las mejoras generadas en el capítulo anterior.

Estandarización y documentación del proceso

Se elaboraron los procedimientos de los procesos de cosecha y de transporte y mediante una socialización a jefes de cultivo y aprobación del jefe de producción se establecieron cada uno de éstos.

Monitoreo del proceso

Para dar seguimiento formal a las mejoras implementadas, se sugirió un plan de control que consistió en mejorar los controles disponibles del proceso. Se implementaron instructivos de trabajo y hojas de verificación que permitan una mejor interpretación de la información, además de perfeccionar la manera de levantar los datos. Este último basado en un control estadístico mediante la utilización de gráficas de control.

3.3. Análisis de resultados

Una vez implementada la metodología DMAMC con sus correspondientes mejoras en los procesos de cosecha y transporte, se obtuvieron los resultados detallados a continuación.

- **Indicadores antes y después de la implementación de mejoras con respecto al atributo: flor sin daño mecánico**

A través de la aplicación de DMAMC se logró resultados satisfactorios para el proceso: el nivel sigma del proceso se incrementó de 2,87 a 3,12 lo que generó que la probabilidad de obtener flor libre de defectos cambie de 91,54% a una probabilidad de 94,79%. Esta mejora representa para el proceso una disminución de 75161 PPM defectuosas a un total de 44731 aproximadamente (véase Tabla 8).

Tabla 8. Cuadro comparativo de indicadores del proceso con respecto al atributo flor sin daño mecánico, antes y después de la implementación de mejoras.

ANÁLISIS INICIAL		ANÁLISIS FINAL	
INDICADOR	VALOR	INDICADOR	VALOR
\bar{p}	0,075	\bar{p}	0,044
LCS	15,43	LCS	10,67
LC	7,52	LC	4,47
LCI	0	LCI	0
Cp	0,5 a 0,6	Cp	0,6 a 0,7
Z	1,43	Z	1,69
Nivel σ	2,87	Nivel σ	3,12
PPM	75 161	PPM	44 731
Rendimiento	91,54%	Rendimiento	94,79%
S_t	4,30%	S_t	1,07%

• **Indicadores antes y después de la implementación de mejoras con respecto al análisis de defectos en las mallas de flor**

En cuanto al análisis de defectos presentes en las mallas de flor: el nivel sigma del proceso se incrementó de 1,23 a 1,88 lo que generó que la probabilidad de obtener flor libre de defectos pase del 39,06% a una probabilidad del 65,05%. Esta mejora representa para el proceso una disminución del DPMO de 598 700 a 354 350 unidades.

Tabla 9. Cuadro comparativo de indicadores del proceso con respecto a defectos presentes en las mallas de flor, antes y después de la implementación de mejoras.

ANÁLISIS INICIAL		ANÁLISIS FINAL	
INDICADOR	VALOR	INDICADOR	VALOR
\bar{c}	5,68	\bar{c}	2,61
LCS	12,83	LCS	7,46
LC	5,68	LC	2,61
LCI	0	LCI	0
Cp	0,41	Cp	0,62
Z_L	-0,27	Z_L	0,38
Nivel σ	1,23	Nivel σ	1,88
DPMO	598 700	DPMO	354 350
Y (Yield)	39,06%	Y (Yield)	65,05%
S_t	0,00%	S_t	0,00%

• **Indicador de productividad multifactorial antes y después de la implementación de mejoras**

Finalmente, para analizar los índices de productividad obtenidos antes y después de las mejoras desarrolladas se elaboró la Tabla 10.

Tabla 10. Cuadro comparativo antes y después de la implementación de mejoras del índice de productividad multifactorial y margen de pérdidas económicas.

ANÁLISIS INICIAL		ANÁLISIS FINAL	
INDICADOR	VALOR	INDICADOR	VALOR
Productividad Multifactorial	1,24	Productividad Multifactorial	1,32
Pérdidas económicas (promedio mensual) (\$)	7 740,48	Pérdidas económicas (\$)	5 185,35

Para conocer la evolución de la productividad después de las mejoras, calculamos su tasa de variación, es decir:

$$\Delta P = \frac{1,32}{1,24} - 1 * 100$$

$$\Delta P = 6,45 \%$$

Este resultado representa, que la relación entre el valor monetario de la producción y el valor monetario de los recursos empleados para obtenerla ha aumentado después de las mejoras implementadas en un 6,45%.

Con esto se concluyó que el nivel de productividad inicial de Rose Connection incrementó una vez que se implementó la metodología de mejora de Seis Sigma, DMAMC y que el objetivo planteado de manera inicial fue cumplido.

4. Conclusiones

Se logró incrementar el nivel de productividad de la empresa mediante la aplicación de la metodología DMAMC, pues se alcanzó un incremento total del 6,45%.

Se establecieron como parte inicial y elemental para el proyecto las correspondientes bases teóricas y científicas que fundamentan y conceptualizan la metodología DMAMC y cada una de sus herramientas de apoyo.

Se describió de manera general la actividad económica de Rose Connection, el desarrollo y composición de su cadena productiva y de sus diferentes procesos relacionados al área de cultivo.

Se aplicó la metodología de mejora DMAMC a través del uso de las diferentes herramientas basadas en el pensamiento estadístico en cada una de sus fases, es decir, en Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Se analizaron los resultados generados una vez implementada la metodología DMAMC en el área de cultivo y se concluyó que las soluciones desarrolladas para mejorar el problema de calidad, flor con daño mecánico, lograron efectos satisfactorios para el proceso.

Referencias Bibliográficas

- Besterfield, D. (2009). *Control de Calidad*. México: Pearson Educación.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
- Guilló, J. J. (2000). Calidad Total: fuente de ventaja competitiva. En J. J. Guilló, *Calidad Total: fuente de ventaja competitiva* (pág. 26). Murcia: Publicaciones Universidad de Alicante.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México, D. F.: McGraw-Hill.
- Lind, D., Marchal, W., & Wathen, S. (2008). *Estadística aplicada a los negocios y a la economía*. México: McGraw-Hill.
- Montgomery, D. (2013). *Control estadístico de la calidad*. México: Limusa Wiley.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2004). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGRAW-HILL.
- Summers, D. (2006). *Administración de la calidad*. México: PEARSON EDUCACIÓN.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DEGREE WORK PRIOR THE OBTAINING THE TITLE OF INDUSTRIAL
ENGINEER**

SUBJECT:

**“DMAIC METHODOLOGY IMPLEMENTATION ON THE FARMING
AREA OF ROSE CONNECTION GREENHOUSE, ROSECON INC FOR
THE COMPANY YIELDS IMPROVEMENT”**

Author: Rosa Cristina Matute Chimbay

Director: Ing. Santiago Marcelo Vacas Palacios MSc.

IBARRA - ECUADOR

2017

“DMAIC METHODOLOGY IMPLEMENTATION ON THE FARMING AREA OF ROSE CONNECTION GREENHOUSE, ROSECON INC FOR THE COMPANY YIELDS IMPROVEMENT”

Author: Rosa Cristina Matute Chimbay

¹ Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de julio 5-21 y Gral. José María Córdova, (593 6) 2997800 ext. 7070 Ibarra, Imbabura

Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas – Ingeniería Industrial

rosa.matute@outlook.es

Abstract

The present work was developed in the installations of Rose Connection Flower Greenhouse, located in the 3½ km, Cajas track, Tabacundo, Pedro Moncayo, of the province of Pichincha.

Initially and in agreement to the first phase, define, the problem of quality was identified in the study area and the critical variables, the ones that would not be fulfilled under the quality parameters established or the Y's of the process. Subsequent to it, within the phase, measure, the actual capacity of the process to accomplish certain specifications and its sigma levels were evaluated to with these information, within the phase, analyze, identify and stablish the main causes that generate the problem, or the X's of the process.

Consecutively, within the phase, improve, plans of action were implemented and helped to reduce the detected variability in the process and to eliminate factors that generated a “nonconforming product”. And finally, within the phase, control, surveillance inspections of the identified X's were stablished through the use of statistics tolos.

Besides, as a fundamental part and main goal of the DMAIC implementation, the variation of the productivity index was evaluated, ergo, the percentage relation obtained between the initial productivity, before the solutions raised, and the final productivity generated after the development of the improvements with the purpose of knowing the progress of this indicator.

Keywords

Quality, Six Sigma, Define, Measure, Analyze, Improve, Control.

4. Introduction

Reducing the percentages of a “nonconforming product” generated inside an organization is considered a strategy to increase productivity, because this obligates the optimization of the top quality of products and to reduce the variability of the processes using methodologies based on the continuous improvement.

The main objective for the development of the present work is to improve the productivity of the Company and the quality of the resultant product of the farming area through the application of the DMAIC methodology.

DMAIC it's a Six Sigma improvement system aimed at monitoring and solving problems that affect the customer satisfaction and to improve the quality of goods and services. This methodology base on the use of tools ant techniques base on the statistical thinking will help to identify the critical variabilities of quality that affect the actual process, so as well to measure the actual capacity of the process to fulfill the specifications and its sigma levels. Its main objective it's to analyze the real data of the process and to determine and stablish solutions to improve the variability of the process and the quality of the product.

By improving the quality and variability of the process, it will fundamentally reduce the percentage of “non-conforming product” or national consumption flower due to the presence of mechanical damages or mistreatment on the floral rose steam button, and at the same time improve the efficiency of the process in the post-harvest area, since it will reduce the time intended for processes and activities directed to improve the product, accomplish big economic benefits for the industry.

5. Methods and Materials

2.3. Type and research design

This research has a quantitative approach, that is to say, its focus on the recollection and data analysis through the use of statistics or mathematical tools that provide objective results.

The kind of research used is descriptive explorative, as it was obtained an indicator of the initial productivity of the process and its actual capacity to accomplish specifications, in addition to its sigma levels. At the same time a documental and field strategy was used.

2.4. Population and sample

The object of study or analysis of this research was the resultant product of the productive process of farming: a flower mesh of 25 stems.

As a population of study the average number of mesh harvested weekly was considered (25 stem/mesh), by meaning the weekly average number. Base on production historical data provided by postharvest an average number of 12536 flower mesh per week was obtained.

The relevant formula was used to calculate and according to the study data, with a confidence level of 95% and a sample error of 5% was obtain in a sample of n=372 units.

6. Results

3.4. Diagnosis of the current situation of Rose Connection

• General description of the company

Rose Connection is an Ecuadorian rose greenhouse located to an hour from Quito, to 2850 meters' level sea, close to the Cayambe volcano. Working since 2001 on production, merchandizing and exportation of fresh cut roses super premium quality.

This company has a total expanse of 22 hectares under a greenhouse giving work to a 250 people like operative personal and administrative technicians. Currently the company produces 57 variety of roses from a color range like: reds, bicolor, whites, pinks, yellows, oranges, mottled and painted flowers that are exported to at least 42 countries around the world.

• External customers-nonconforming product analysis

Initially, the economic and percentage values of complains and nonconformities from different external customers, were analyzed in a period of a year and the economic amounts that each and one of this represented to the company.

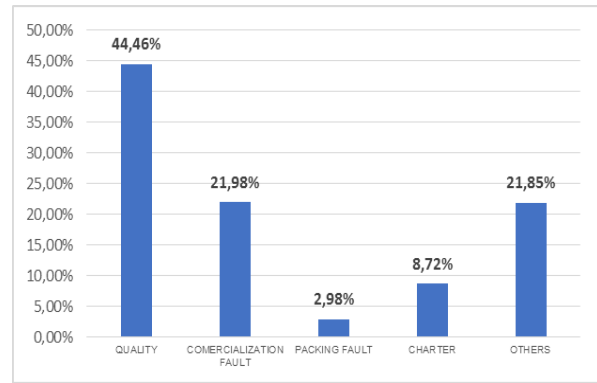


Figure 19. Credit Type Bar Chart.

From the quality problem that represented the 44,46% (see figure 1) the 33,17% was due to a Botrytis of phytosanitary disease in the flower and the 26,30% due to mistreatment on the flower stem button.

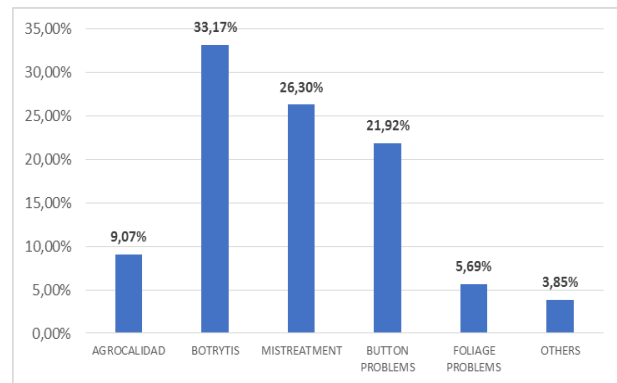


Figure 20. Causes for quality credit bar chart.

Whit this initial data it was concluded that among the daily credits that the company receive, the complains for quality are the most representative both in monetary and percentage values being the most significant the Botrytis and the mistreat on the flower.

• Internal customers nonconforming product analysis

For the corresponding internal analysis of the company, information of the national flower percentage during the same time were collected.

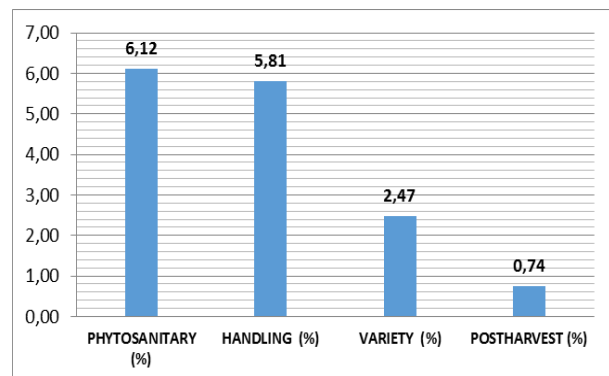


Figure 21. National flower causes bar chart.

According to the figure 3, the highest indicators were: 6,12% due to phytosanitary problems and the 5,81% of national flower due to handling problems:

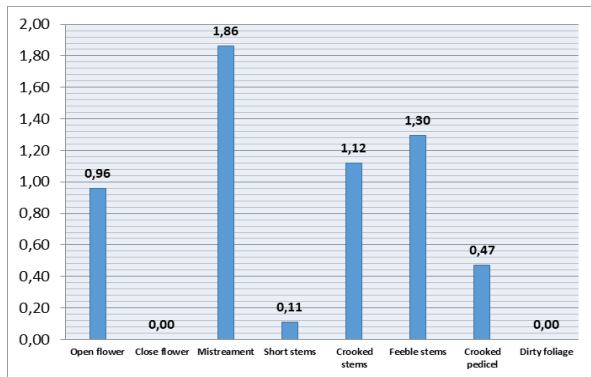


Figure 22. Handling causes of national flower bar chart.

The highest percentage of 1,18% are due to nonconforming problems like mistreat on the button or mechanical damage which means that an average number of 6176 stems are discarded every week.

Once the data obtained was analyzed, from the external and internal unconformities analysis, it was concluded that the presence of the flower whit mechanical damages or mistreatment is an opportunity to improve.

In the same way, through a process of criteria discernment with a decision matrix, the farming area was determined as a study focus, because is necessary to analyze and implement improvements from the supplier.

• **Initial multifactor productivity**

To obtain this indicator before proposing the improvements, the production and costs of a month of work were collected. See Chart 1

Chart 11. Costs and production data, from a working month before improvement implementation.

DESCRIPTION	AMOUNT
Gross production	1 368 929
Nonconforming stems (National flower)	140 590
Nonconforming stems by mistreatment	24 504
Stems for export	1 344 425
Raw material costs (\$)	89 607
Workforce costs (\$)	155567
Indirect manufacturing costs (\$)	134 732
Average Price per stem (\$)	0,35

With this values and using the corresponding formula the next results were obtained:

$$\text{Multifactorial productivity} = \frac{1\ 344\ 425 * 0,35}{155\ 567 + 89\ 607 + 134\ 732}$$

$$\text{Multifactorial productivity} = 1,24$$

This result means that the monetary value of the production is 1,24 times the monetary value of the employed resources.

3.5. Application of the Six Sigma process improvement methodology, DMAIC

• **Define**

Selected de project to approach, base on a problem to solve, this phase start by inspect the problem and the objective, the requirements of the clients were identified and defined or which characteristics of the product are effective and useful.

Critical to quality identification

The Critical to quality CTQ are the characteristics or attributes from the goods or services that are capable to satisfy the costumer's needs.

Through a costumer requirements declaration, postharvest, previously performed, the CTQ's of the product were defined. After that the Critical Flow Down was used to determine the Priority rating that CTQ's has in function of the importance to the client, IIC and the degree of non-conformity GNC. See Chart 2.

Chart 12. CTQ's Priorization matrix.

Products attributes	IIC	GNC	IPQ	Order
Flower without mechanical damage	7	7	49	1
Uniformity of cutting points	5	3	15	5
Stem amount: 25 stem/mesh	7	1	7	8
Correct flower emmeshed	5	5	25	3
Correct length mixture: 25 cm maximum difference	5	3	15	6
Correct adjustment of the conic shape	5	5	25	4
Buttons from a 10-cm minimum of the mesh edge	7	1	7	9
aligned flower	5	9	45	2
Harvester ID	9	1	9	7
Clean unbroken mesh	5	1	5	10

With the matrix results the following CTQ's were determined:

- Flower without mechanical damage
- lined or leveled flower
- Correct meshing of the flower
- Correct fit with conical shape

SIPOC Diagram

This diagram tool was use to define the different clients of the process and the beginning and end of it.

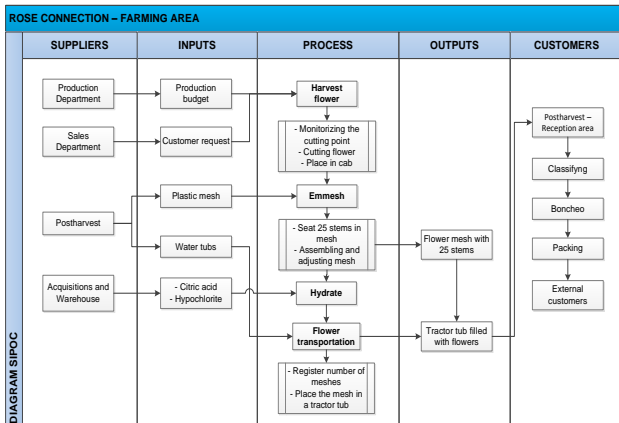


Figure 23. SIPOC Diagram- macro level of the process.

• Measure

For the collecting of information, measurements in the postharvest reception area were performed to evaluate the actual situation of the process through an analysis of its ability to fulfil the requirements and initial calculation of the sigma level of itself.

Stability, capacity of the process and sigma level of the process due to the attribute: Flower without mechanical damage

Base on a designed sample of the requirements of the information, data of the number of mistreatment buttons by mesh were collected and through the use of a control chart NP (see Figure 6) the results obtained were:

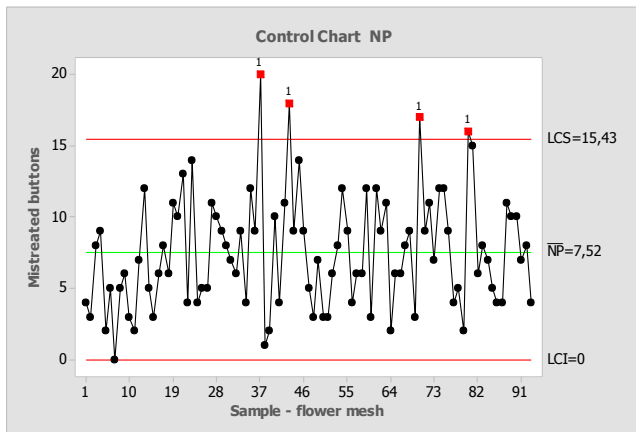


Figure 24. Control chart NP buttons by mesh with mechanical damage.

As the control chart shows, an average number of 7,52 mistreated buttons out of 100 buttons inspected was obtained, with an upper central limit of 15,43 and a lower central limit equal to zero.

With the help of the program Minitab and considering a Binomial distribution, the correspondent capacity analysis was performed, obtaining the following graph. See Figure 7

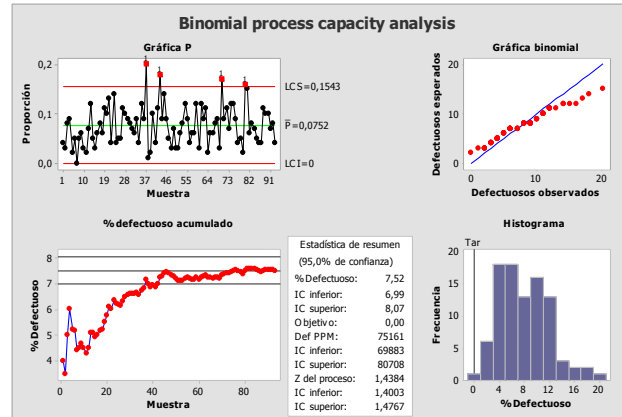


Figure 25. Analysis of the capacity process under binomial distribution: buttons by mesh with mechanical damage.

The Z level of the process obtained is equal to 1.43 and a total of parts per million out of specifications, PPM= 75161. This means that according to the chart of the long and short time process chart a sigma level of the process of 2.87 and an efficiency of 91.54% were accomplish.

Stability, capacity of the process and process sigma level due to attributes: lined flower, correct meshed of the flower and conic figure correct adjust

Base on the sample size obtained, in each sample taken the Ys critical of the process were evaluated and the C control chart of the Figure 8 was generated.

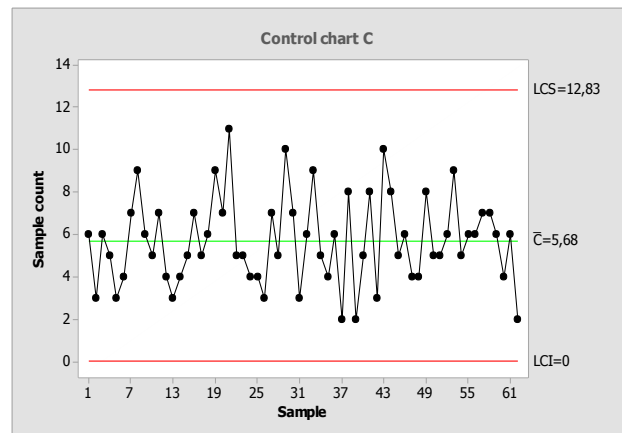


Figure 26. Control chart C, number of defects by mesh.

The control limits obtained in this chart, reflect the number of defects by a subgroup, which means that for every 6-mesh evaluated, 0 to 12,83 defects can be obtained with an average number of 5,68.

Performing the analysis of the correspondent capacity and considering a Poisson distribution, we concluded:

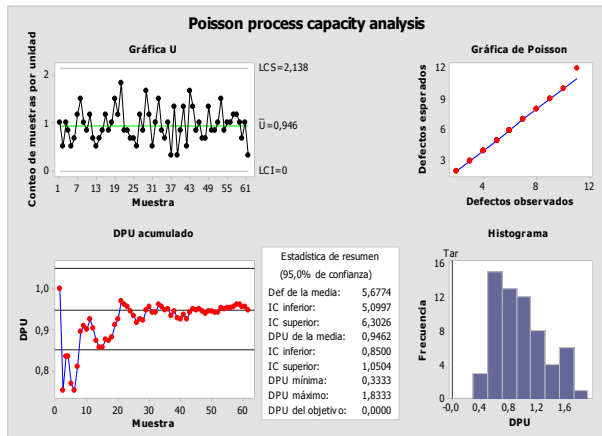


Figure 27. Analysis of the capacity under Poisson distribution: number of defects by mesh.

The Figure 9 shows that a DPU= 0,94 was obtained, meaning an average number of 0,94 defects by unit or flower mesh. A sigma level of 1,23 that according to this it corresponds to a DPMO level = 598700 and a 40,13 % of efficiency as well.

• **Analyze**

One of the main goals of this phase is to establish and to analyze the causes of the studying problem, or the X's of the process.

Pareto Diagram: flower with a mechanical damage analysis

Base on a historical data of the national flower, for each mistreated ones of every existent variety on the land a Pareto diagram was performed. (See Figure 10)

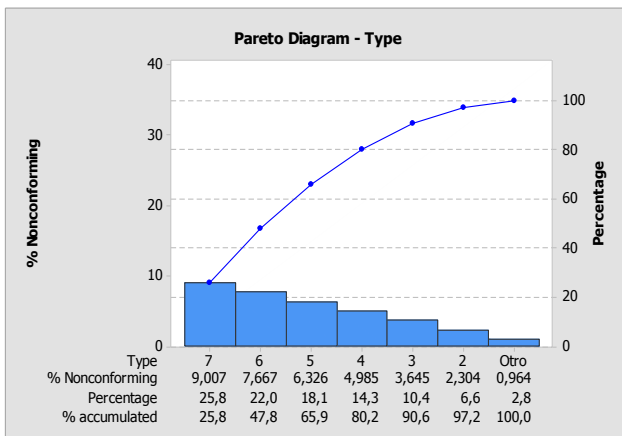


Figure 28. Pareto Diagram % of flowers with mechanical damages.

With this results, we can see clearly that the few vital causes to analyze and to improve will be those varieties that are among the groups 7, 6, 5, and 4 because this represent an average number of a week percentage of the damage or mistreated flower on a 9% to 4,9% being this:

Chart 13. List of the variety of flowers with most mechanical damage.

VARIETY	% MISTREAT/WEEK
HIGH & GORGEOUS	9,68%
PROUD	8,75%
HOT SHOT	6,95%
HIGH & CANDY	6,86%
POLAR STAR	5,95%
FLORIDA	5,21%
ZAFIRA	5,14%
ANGELS	4,85%
DOMENICA	4,52%
STAR DUST	4,46%
MOVIE STAR	4,45%
ALBA	3,73%
WILD TOPAZ	3,63%
PINK FLOYD	3,16%

Pareto Diagram: defects analysis

According to the CTQs in study, and due to the collected information, a Pareto Diagram was elaborated, see Figure 11.

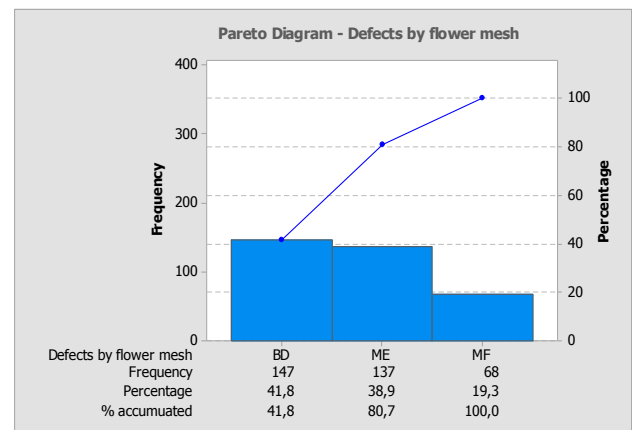


Figure 29. Pareto Diagram: % of defects by flower mesh.

With this diagram, we can conclude that defects as misaligned buttons or bad unmeshed flower represent an accumulate 80,7% of the quality problems present on the mesh, the same that will be few vital causes to improve.

Ishikawa Diagram or cause and effect

The Ishikawa diagram helped to identify the main causes of the different quality problems detected.

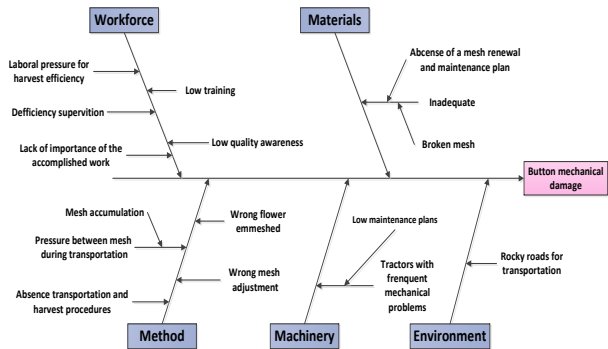


Figure 30. Ishikawa Diagram of the button without mechanical damage.

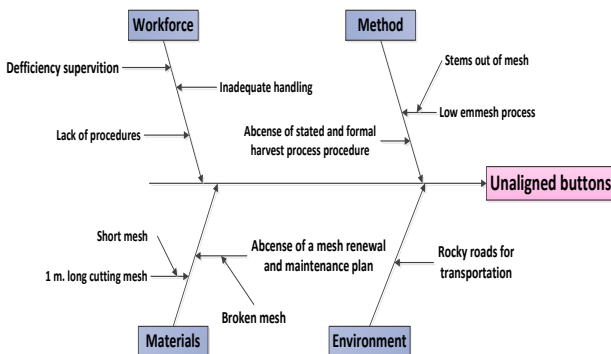


Figure 31. Ishikawa Diagram of the misaligned buttons defect.

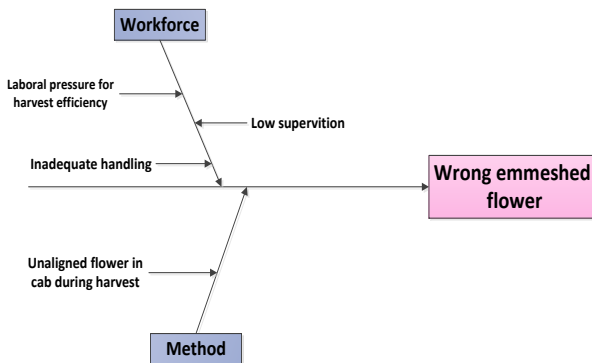


Figure 32. Ishikawa Diagram of ban emmeshed flower.

• **Improve**

Within this phase solutions were purposed and evaluated through a brainstorm and talking with the staff that aloud to get improvement conclusions.

Improvement plans selection: criteria matrix.

Using a decision matrix based on criteria strategies of improvement were analyzed through a consensus and directed opinions of the owners of the process.

Chart 14. Criteria matrix to improvement selection.

Standard	Amount	A Strategy		B Strategy		C Strategy		D Strategy					
		Transportation process improvement (automate the process)	Score	Pressure reduction between meshes during transportation	Score	Improve the quality of meshes	Score	Improve the emmeshed quality	Score				
Implementation time	8	12 to 18 months	3	24	3 to 4 weeks	10	80	1 to 2 weeks	10	80	3 to 4 weeks	10	80
Estimated defect reduction	10	It will reduce defects in almost 100%	10	100	Significant but not total. An estimated 10%	4	40	An estimated 10%	4	40	An estimated 20%	5	50
Implementation costs	5	Implementation plus training: \$150 000	3	15	Training and training costs: \$300	9	45	Costs per time: \$200	10	50	Costs for training and new meshes: \$ 2000	8	40
Other processes impact	3	Less time by processes in postharvest. Higher yields.	10	30	Less time in postharvest processes	4	12	Less time in harvest, transportation and postharvest	4	12	Less time in postharvest processes	5	15
		Total		169	Total		177	Total		182	Total		185

- **Improvement of the quality of the mesh**

During several days, postharvest staff selected and separate deteriorated mesh and cut and separate the ones with a damage that allow them to be reused.

- **Quality improvement of the emmesh of the flower**

At the moment of emmeshing the flower, if the stem is taller than the mesh and those exceed the measure of half a scissor (reference of measure used for cut) or 10 centimeters out of the mesh, a second mesh have to be used. For those stems that are equal to the measure, they will be sent to postharvest without any problem.

- **Pressure reduction between meshes during transportation**

Based on the categorization of the type of thickness of the button every one of the varieties were classified among the groups: large, medium, small, as you can see on Chart 5.

Chart 15. Classification of the variety according to the thickness of the button.

THICKNESS	VARIETY	THICKNESS	VARIETY
LARGE	3 D	SMALL	CHECK MATE
	CHERRY BRANDY		CHERRY OH
	EXPLORER		EARLY GRAY
	GARDEN SPIRIT		ENGAGEMENT
	IGUAZÚ		FLORIDA
	WITHE CHOCOLATE		FREEDOM
MEDIUM	ANGELS		HIGH&BONITA
	ESPAÑA		HIGH&MAGIC
	HERMOSA		HIGH&ORANGE MAGIC
	HIGH GORGEOUS		HIGH&YM FLAME
	HOT SHOT		HOT MERENGUE
	LA PERLA		IGUANA
	LIMONADE		KAHALA
	MONDIAL		MAGIC LIPS
	PAINT BALL		MALU
	PINK FLOYD		MARTINA
	POLAR STAR		MOVIE STAR
	PROUD		MYA
	SEÑORITA		NINA
	SHUKRANI		ORANGE CRUSH
TITANIC	QUEEN BERRY		
TURTLE	RASBERRY ICE		
ZAFIRA	STAR DUST		
SMALL	ALBA		SWEETNESS
	BLACK MAGIC		TOPAZ
	BLUEBERRY		TOUCH OF CLASS
	BLUSH		TUTTI FRUTTI
	BRIGHTON		VENDELA
	CARROUSEL		WILD TOPAZ

This categorization allows to define the number of meshes to transport by hydration tub.

Chart 16. Number of flower mesh by hydration tub according to the thickness of the button.

Button thickness variety	Number of mesh per tub
Large	4
Medium	5
Small	6

Improvement Analysis

Stability, capacity and sigma level of the process, after the improvements due to: Flower without mechanical damage

To the analysis of this indicators, a sample of $n= 372$ was taken, and the control chart of Figure 15 was obtained.

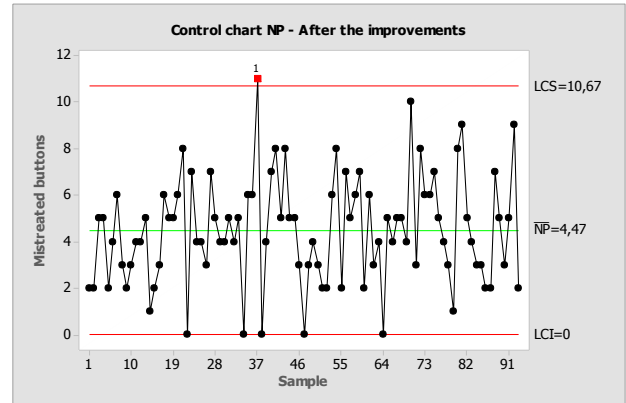


Figure 33. Control chart NP flower with mechanical damage by mesh after the improvements.

The results show that an average number of 4,47 out of 100 mistreated buttons inspected with its upper and lower central limits correspond to a 10,67 and 0 respectively. The correspondent capacity analysis was performed. See Figure 16.

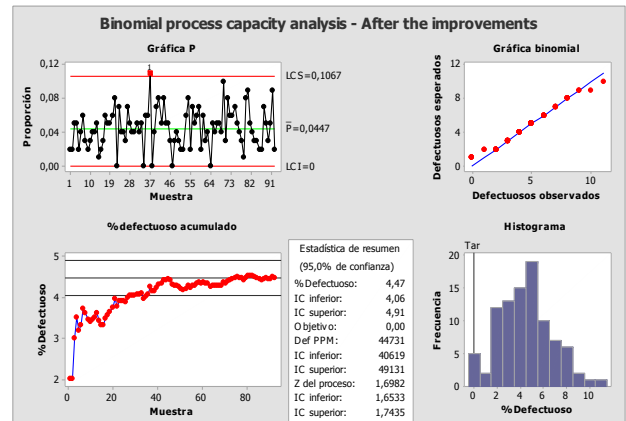


Figure 34. Analysis of the capacity under binomial distribution: flower with mechanical damage due to mesh after the improvements.

The Z level of the process obtained is equal to 1,69 and a total of parts per million out of specifications is equal to 44731. Meaning that according to the quality chart of short and long term, a sigma level of the process of 3,12 and improved performance of the 94,79% were obtained.

Stability, capacity and sigma level of the process after the improvements due to: aligned flower, correct enmesh, and correct adjust with conical shape

Regarding to the defects evaluation, meshes of flowers were evaluated after the implemented improvements, see the next chart:

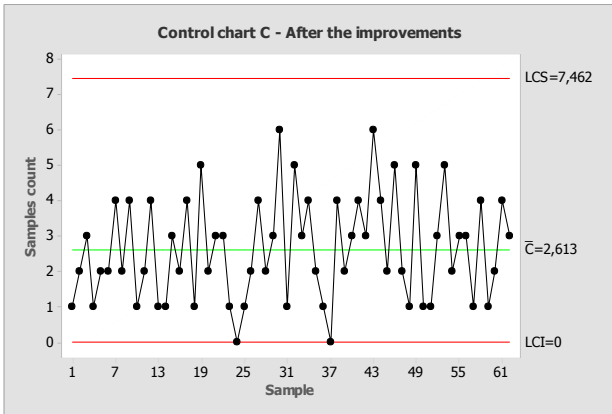


Figure 35. Control Chart C: numbers of defects by mesh after the improvements.

The resulting control limits shows that an average number of 2,61 defects out of 6 evaluated meshes were obtained, and are expected to obtain from 0 to 7,46 defects by a subgroup. By doing the corresponding capacity analysis, the following data was obtained:

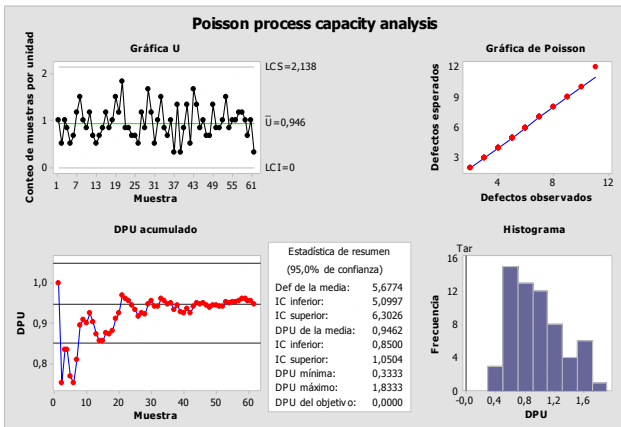


Figure 36. Capacity analysis under Poisson distribution: number of defects by mesh after improvements.

Figure 18 shows that a DPU= 0,43 was obtained. Which means an average number of 0,43 defects per unit or flower mesh.

Multifactorial productivity after the improvements

Once the improvements were implemented, the production data for over a moth after they were developed was evaluated.

Chart 17. Production data and coasts after the improvement implementation.

DESCRIPTION	AMOUNT
Gross production	1 440 475
Nonconforming stems (National flower)	174 550
Nonconforming stems by mistreatment	19 205
Stems for export	1 421 270
Raw material costs (\$)	86910
Workforce costs (\$)	157 573
Indirect manufacturing costs (\$)	144 258
Average Price per stem (\$)	0,36

With this amounts and using the correspondent formula, we have:

$$\text{Multifactorial productivity} = \frac{1\ 421\ 270 * 0,36}{157\ 573 + 86\ 910 + 144\ 258}$$

$$\text{Multifactorial productivity} = 1,32$$

In this case, after the generated implementations, the monetary value of the production is 1,32 times the monetary value of the resources employed to obtain it.

• **Control**

Within the final phase of DMAIC, the objective was to maintain the generated improvements from the previous chapter.

Standardization and process documentation

The methods of the harvest and transport processes were elaborated by socialize crop chiefs and were established after the manager approval.

Monitoring process

To give a formal tracing of the improvements a control plan emerge, it consists on improve the available controls of the process. Work instructions and checking sheets that allowed a best interpretation of the information were implemented and also the way of collecting data was improved. This one base in a statistic control trough the used of control diagrams.

3.6. Results analysis

Once the DMAIC methodology was implemented whit its corresponding improvements in the harvest and transporting process the results detailed below were obtained.

- *Before and after indicators after the improvements implementation due to: flower without mechanical damage*

Through the DMAIC application very satisfactory results for the process were achieved, the sigma level of the process was increased from a 2,87 to a 3,12 which generates that the probability to obtain a flowless flower change from a 91,54% to a 94,79%. This improvement represents to the process a decrease of the 75 161 PPM deficiency to a total of 44 731. See Chart 8.

Chart 18. Comparative table of indicators of the process due to: Flower without a mechanical damage before and after the improvement implementation.

INITIAL ANALYSIS		FINAL ANALYSIS	
INDICATOR	AMOUNT	INDICATOR	AMOUNT
\bar{p}	0,075	\bar{p}	0,044
LCS	15,43	LCS	10,67
LC	7,52	LC	4,47
LCI	0	LCI	0
Cp	0,5 a 0,6	Cp	0,6 a 0,7
Z	1,43	Z	1,69
σ Level	2,87	σ Level	3,12
PPM	75 161	PPM	44 731
Performance	91,54%	Performance	94,79%
S_t	4,30%	S_t	1,07%

• **Before and after indicators after de implementation of the improvements due to: analysis of defects in flower mesh**

In regard to the defects presented in a flower mesh analysis, the sigma level of the process was increased from a 1,23 to a 1,88 doing that the probability to obtain a flowless flower goes from 39,06% to a 65,05% This improvement represents a decrease of a DPMO from 598 700 to 354 350 units.

Chart 19. Comparative table of process indicators due to a present defect in flower mesh before and after the improvement implementation.

INITIAL ANALYSIS		FINAL ANALYSIS	
INDICATOR	AMOUNT	INDICATOR	AMOUNT
\bar{c}	5,68	\bar{c}	2,61
LCS	12,83	LCS	7,46
LC	5,68	LC	2,61
LCI	0	LCI	0
Cp	0,41	Cp	0,62
Z_L	-0,27	Z_L	0,38
σ Level	1,23	σ Level	1,88
DPMO	598 700	DPMO	354 350
Y (Yield)	39,06%	Y (Yield)	65,05%
S_t	0,00%	S_t	0,00%

• **Multifactorial productivity indicator before and after the improvement implementation**

Finally, to analyse the productivity rates obtained before and after the improvements developed the Chart 10 was elaborated.

Chart 20. Comparative table before and after the improvements implementation of the multifactorial productivity rate and margin economic losses.

INITIAL ANALYSIS		FINAL ANALYSIS	
INDICATOR	AMOUNT	INDICATOR	AMOUNT
Multifactorial productivity	1,24	Multifactorial productivity	1,32
Economic losses (monthly average) (\$)	7 740,48	Economic losses (\$)	5 185,35

To know the evolution of the productivity after the improvements, calculated its rate of change:

$$\Delta P = \frac{1,32}{1,24} - 1 * 100$$

$$\Delta P = 6,45 \%$$

This result means that the connection between the monetary value of the production and the monetary value of the employed resources has increased after the improvements in a 6,45%

So, we can conclude that the initial productivity level of Rose Connection increased once the six sigma DMAIC improvement methodology was implemented and that the planned objective was accomplished.

4. Conclusions

The productivity of the company through the application of the DMAIC methodology increased in a 6,45%.

The corresponding theoretical and scientific funds that base and conceptualize the DMAIC methodology and its support tools were established as an initial and elementary part of the project.

The economic activity of Rose Connection was generally described, its productive chain composition and development and its different processes related to the harvest area.

The DMAIC improvement methodology was applied through the use of different tools based on the statistical thought in each one of its phases like: Define, Measure, Analyze, Improve, Control.

Once the DMAIC methodology was implemented the obtained results were analyzed in the harvest area and the conclusion was that the solutions developed to improve the quality problem, flower with a mechanical damage, have satisfactory effects to the process.

Bibliographic References

- Besterfield, D. (2009). *Control de Calidad*. México: Pearson Educación.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
- Guilló, J. J. (2000). Calidad Total: fuente de ventaja competitiva. En J. J. Guilló, *Calidad Total: fuente de ventaja competitiva* (pág. 26). Murcia: Publicaciones Universidad de Alicante.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México, D. F.: McGraw-Hill.
- Lind, D., Marchal, W., & Wathen, S. (2008). *Estadística aplicada a los negocios y a la economía*. México: McGraw-Hill.
- Montgomery, D. (2013). *Control estadístico de la calidad*. México: Limusa Wiley.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2004). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGRAW-HILL.
- Summers, D. (2006). *Administración de la calidad*. México: PEARSON EDUCACIÓ

