

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

**“SEIS SIGMA COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL
ESTADÍSTICO DEL DESEMPEÑO DE LOS PROCESOS
DE PRODUCCIÓN EN UNA PANADERÍA”**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

NUBAR OBED PERDOMO GARCÍA

PREVIO A CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADOR DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 2013

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano:	Lic. José Rolando Secaida Morales
Secretario:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
Vocal 1°	Lic. Albaro Joel Girón Barahona
Vocal 2°	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
Vocal 3°	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
Vocal 4°	P.C. Oliver Augusto Carrera Leal
Vocal 5°	P:C. Walter Obdulio Chiguichón Boror

EXAMINADORES DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS

Matemática – Estadística	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras
Administración – Finanzas	Lic. Ariel Ubaldo De León Maldonado
Mercadotecnia – Operaciones	Lic. Vicente Freixas Pérez

JURADO QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

Presidente:	Lic. Axel Osberto Marroquín Reyes
Secretario:	Lic. Luis Manuel Vásquez Vides
Examinador:	Lic. Carlos Humberto Cifuentes Ramírez

Guatemala, febrero de 2013

Licenciado

JOSÉ ROLANDO SECAIDA MORALES

Decano de la Facultad de Ciencias Económicas

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ciudad

Respetable Lic. Secaida:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que en atención al nombramiento emanado de ese Decanato, procedí a asesorar al estudiante **NUBAR OBED PERDOMO GARCÍA**, con el número de carné **9719826**, en la elaboración de su trabajo de tesis: **“SEIS SIGMA COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DEL DESEMPEÑO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA PANDERÍA”**.

Al respecto me permito manifestarle que el citado trabajo de tesis, cumple con los aspectos reglamentarios establecidos por la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En tal sentido emito dictamen favorable a efecto que al estudiante Nubar Obed Perdomo García, pueda sustentar el examen privado de tesis, previo a optar al título de Administrador de Empresas en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

Lic. Héctor Rolando Ceballos Letona

Colegiado No. 14015

Administrador de Empresas

DEDICATORIA

A DIOS:

Por su infinito amor y misericordia; al darme la vida para poder alcanzar este sueño tan anhelado que hoy se hace realidad; por haberme dado sabiduría y fortaleza en todo momento; por ello, con toda la humildad que nace de mi corazón dedico primeramente a tí este triunfo.

“Cuando la sabiduría entrare en tu corazón, y la ciencia fuere grata a tu alma, la discreción te guardará; te preservará la inteligencia, para librarte del mal camino.”
Proverbios 2:7-12

A MI ESPOSA:

Ana Lorena Lemus Chavarría; por la bendición que Dios me dio al conocerte y haberte puesto en mi camino, por ser la persona más importante en mi vida, por estar siempre a mi lado y por motivarme a seguir adelante cada día, gracias por todo tu apoyo, amor y comprensión; y por permitirme compartir este triunfo contigo, que Dios te bendiga y proteja siempre, te amo.

A MIS PADRES:

José Gilberto Perdomo Ramírez y Miriam Argentina García Villatoro (†); por permitirme llegar al mundo, por sus infinitas oraciones, por cimentar en mí valores y principios que hoy me permiten llegar a esta etapa importante de mi vida, mil gracias, que Dios los bendiga y los guarde; los amaré por siempre.

A MIS SUEGROS: Alvaro Lemus con mucho cariño; especialmente a: Guadalupe Chavarría, gracias por recibirme en su hogar como a un hijo, por apoyarme incondicionalmente y por tener la fortuna de compartir mi vida con su hija.

A MIS HERMANOS: Rolman, Helder, Donald y Lucrecia; con todo mi amor, por la bendición de compartir el mismo calor de una madre que nos cobijó con toda su ternura y nos trazó el camino para ser personas de bien y sobre todo ser temerosos de Dios.

A MIS SOBRINOS: Con cariño, que sirva como motivación para que sigan adelante en sus estudios.

A MIS TIOS: Con mucho cariño, en especial a: Azucena Márquez, Nubar Enid (†), Gloria Estela (†) y Elba Marina Ramírez (†) a quienes llevare por siempre en mi corazón.

**A
LA FAMILIA
MARTÍNEZ RAMÍREZ** Especialmente a mi tía Elsa Victoria, por ser pilar fundamental en mi educación, por abrirme las puertas de su hogar, por permitirme continuar mis estudios, por su bondad, cariño y ayuda incondicional; que Dios la bendiga siempre por ese corazón tan bondadoso.

A MIS PRIMOS: Con cariño, especialmente a: Oscar Enid, Emi Violeta, Robin Ramírez, Estuardo, Carlos, Norma, Glenda, gracias por tenderme la mano en momentos importantes en mi vida, les estaré profundamente agradecido.

A MIS AMIGOS: Gracias por su amistad y por tantos momentos compartidos, especialmente a: Hugo Ramírez, Bryan Cáceres y Luis Dubón; que Dios los guarde siempre.

A MIS COMPAÑEROS: Integrantes del grupo élite Deyby, Ludim, Julio, Max, Lester, Eligio, Alex y Blanca; por los buenos momentos vividos, por las vicisitudes, por las experiencias que al final del camino nos hicieron más fuertes para permanecer juntos, salir adelante y cumplir este sueño, que Dios ilumine sus caminos.

A LOS LICENCIADOS: De la Facultad de Ciencias Económicas, especialmente a: Oscar Haroldo Quiñónez y Olga Edith Siekavizza, por dejar enseñanza de vida en las aulas de nuestra escuela, por su motivación constante que hoy me permiten ser un profesional.

A MI ASESOR: Lic. Héctor Rolando Ceballos Letona, por sus conocimientos, tiempo, paciencia y dedicación en la elaboración de este trabajo, mil gracias.

A: La Tricentenario Universidad de San Carlos de Guatemala y a la Facultad de Ciencias Económicas, porque en sus aulas forje mis sueños e ilusiones, que hoy se ven reflejados en este logro.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 La metodología seis sigma	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Definición	1
1.1.3 Importancia	2
1.1.4 Beneficios	3
1.1.5 Campos de aplicación	4
1.1.6 Ventajas seis sigma	4
1.1.7 La métrica seis sigma	5
1.1.7.1 Fórmulas de la métrica seis sigma	9
1.1.7.2 Aplicación de las fórmulas	10
1.1.8 Etapas del sistema seis sigma	11
1.1.8.1 Definir (D)	13
1.1.8.2 Medir (M)	13
1.1.8.3 Analizar (A)	13
1.1.8.4 Mejorar (M)	14
1.1.8.5 Controlar (C)	14
1.2 Definición de estadística	15
1.2.1 Utilidad e importancia	15
1.2.2 Muestreo	16
1.2.3 Determinación del tamaño adecuado de la muestra	16
1.2.4 Error de muestreo	16
1.2.5 La distribución normal	16
1.2.6 Función de densidad	18

Contenido	Pág.
1.2.7 Prueba de hipótesis	20
1.3 Control estadístico	22
1.3.1 Antecedentes	22
1.3.2 Herramientas de control	24
1.3.2.1 Histograma	24
1.3.2.2 Diagrama de flujo	25
1.3.2.3 Diagrama de Pareto	26
1.3.2.4 Diagrama de causa-efecto	26
1.3.2.5 Gráfica corrida	27
1.3.2.6 Gráfica de control	28
1.3.2.7 Diagrama de dispersión	28
1.4 Empresa panificadora	29
1.4.1 Antecedentes históricos de la industria panificadora	29

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE LA PANADERÍA DELY-BREAD

2.1 Antecedentes	32
2.1.1 Marco legal	32
2.2 Organización	33
2.2.1 Misión	35
2.2.2 Visión	35
2.2.3 Objetivos	35
2.3 Productos	36
2.4 Materias primas	36
2.4.1 Clasificación de masas	37

Contenido	Pág.
2.4.2 Descripción del proceso	39
2.4.3 Manejo	41
2.4.4 Distribución de la planta y capacidad de producción	41
2.5 Situación actual del departamento de producción	44
2.5.1 Fase definir	44
2.5.2 Fase medir	45
2.6 Resumen de la percepción actual del departamento de producción	46

CAPÍTULO III

PROGRAMA SEIS SIGMA COMO HERRAMIENTA DE CONTROL ESTADÍSTICO DEL DESEMPEÑO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA PANADERÍA

3.1 Objetivos	48
3.1.1 Generales	48
3.1.2 Específicos	48
3.2 Justificación	48
3.3 Estrategias seis sigma	49
3.3.1 Pre-lanzamiento	49
3.3.2 Lanzamiento	50
3.3.3 Post-lanzamiento	50
3.4 Fases para el establecimiento seis sigma	54
3.4.1 Fase 1- Concientización	54
3.4.1.1 Disposición de cambio	54
3.4.1.2 Despliegue de objetivos.	55
3.4.1.3 Desarrollo del proyecto.	55
3.4.1.4 Evaluación de beneficios	56
3.4.1.5 Metodología seis sigma	56
3.4.1.5.1 Puntos básicos para el éxito del programa	57

Contenido	Pág.
3.4.2 Fase 2- Preparación	58
3.4.2.1 Definición de la visión del programa	58
3.4.2.2 Definición de la misión del programa	58
3.4.2.3 Políticas seis sigma	58
3.4.2.4 Programa de capacitación	61
3.4.2.4.1 Campeón o líder (champion)	61
3.4.2.4.2 Maestros cintas negra (Master black belts)	62
3.4.2.4.3 Cinta negra (black belts)	64
3.4.2.4.4 Cintas verdes (green belts)	65
3.4.2.4.5 Equipos seis sigma (Team six sigma)	66
3.4.3 Fase 3- Aplicación de las etapas de seis sigma	67
3.4.3.1 Definir	67
3.4.3.2 Medir	73
3.4.3.2.1 Presentación de las mediciones	73
3.4.3.2.2 Nivel de sigma del proceso de producción de pan	75
3.4.3.2.3 Nivel de sigma para los procesos de producción	78
3.4.3.3 Analizar	80
3.4.3.3.1 Análisis del tamaño de las masas saladas	80
3.4.3.3.2 Análisis de los costos de la panadería	84
3.4.3.4 Mejorar	86
3.4.3.5 Controlar	88
3.4.3.5.1 Formatos de las Herramientas de la etapa de control.	88
3.4.4 Fase 4. Responsabilidades y entrenamiento	95
3.4.4.1 Implantación	96
3.4.4.2 Seguimiento	98
3.5 Recursos necesarios para la implementación del seis sigma	98
3.5.1 Humanos	98
3.5.2 Materiales y financieros	98

Contenido	Pág.
Conclusiones	101
Recomendaciones	103
Glosario de términos	104
Bibliografía	109
Anexos	111

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Pág.
1. Procesos de control tres y seis sigma	6
2. Calidad seis sigma, como filosofía que rige la actuación de una organización	7
3. Ejemplo de la métrica seis sigma	8
4. Clasificación de las masas	37
5. Clasificación de los productos por tipo de masa	37
6. Tiempos de horneado y grados de temperatura para cada producto	40
7. Descripción general del programa seis sigma	51
8. Requisitos de calidad para cada uno de los productos	69
9. Carta de proyecto de la panadería Dely-Bread	71
10. Capacidad de la línea de Producción	73
11. Ficha técnica de muestreo.	74
12. Hoja de cálculo Excel para obtener el nivel de sigma	77
13. Defectos y oportunidades para el proceso de masas saladas	78
14. Resumen del nivel de sigma por proceso	78
15. Defectos de producción de las masas saladas	79
16. Nivel de sigma real del tamaño de las masas saladas	80
17. Posición actual de la panadería de acuerdo a su nivel de sigma	84
18. Posibles soluciones de causas raíz de los problemas	86
19. Modelo de formación en la metodología seis sigma	97
20. Recursos humanos	99
21. Recursos materiales y financieros	100

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Contenido	Pág.
1. Distribución normal	17
2. Función de densidad	19
3. Movimiento natural de la curva normal	19
4. Requisitos de calidad para cada uno de los productos.	70
5. Áreas de probabilidad bajo la curva normal	76
6. Errores en que incurre el proceso de producción de las masas saladas	79
7. Representación de los índices de capacidad dentro de la curva normal en base a los defectos de las masas saladas	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Contenido	Pág.
1. Metodología DMAMC para el desarrollo de seis sigma	12
2. Proceso de Producción	38
3. Distribución de planta de la panadería Dely-Bread, en tres dimensiones (2D)	42
4. Distribución de planta de la panadería Dely-Bread en dos dimensiones (2D)	43
5. Estructura organizacional para la puesta en marcha del seis sigma en la panadería Dely-Bread	60
6. Cronograma de implementación del programa seis sigma	72
7. Capacidad del proceso en base al tamaño de las masas saladas	81
8. Índices de capacidad	82
9. Diagrama de causa y efecto proceso de masas saladas	85
10. Movimiento de la curva normal al reducir un 50% la variabilidad	87

INTRODUCCIÓN

La aplicación eficaz de las cinco etapas de la metodología seis sigma están fundamentadas en la estadística. El trabajo de tesis que se presenta, se basa en una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos para definir los proyectos; medir los requisitos de los clientes; analizar la información, realizar mejoras; controlar procesos, rediseñar procesos o productos existentes o hacer nuevos diseños, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, retornando nuevamente alguna de las otras fases, generando así un ciclo de mejora continuada.

Para la resolución de problemas a través de seis sigma es necesario promover la participación del personal, proporcionando todo lo necesario en cuanto a su capacitación, para que se involucren de manera activa en la participación de la toma de datos, resolución de conflictos y todas aquellas actividades inherentes a los procesos de producción como de los servicios en sí.

La metodología seis sigma es un sistema completo y flexible que procura alcanzar, mantener y maximizar el éxito de un negocio, utilizando como guía los requisitos de los clientes, a través del uso disciplinado de hechos, datos y análisis estadísticos, enfáticamente en la administración, mejora y reinvención de los procesos productivos. Utilizando como eje fundamental para su ejecución y desarrollo la disminución de los defectos por cada millón de oportunidades, los cuales no solo repercuten en obtener procesos de producción capaces, si no también, en la reducción de costos por defectos de calidad.

Para lograr lo anterior se desarrolla un programa denominado “seis sigma como herramienta de control estadístico del desempeño del proceso de producción en una panadería”, enfocado en buscar la disminución de desperdicios en la producción, en base a las disponibilidades, efectividades y rendimientos de la empresa.

Para brindar una mejor y fácil apreciación del estudio realizado en la empresa unidad de análisis, se presenta el informe en tres capítulos, los cuales están conformados de la siguiente manera:

El primer capítulo está constituido por el marco teórico, conteniendo información básica sobre los temas más relevantes de la metodología seis sigma, en cuanto a su definición, importancia, usos y beneficios; así como de las herramientas estadísticas en las cuales se basa todo el desarrollo de la metodología.

El segundo capítulo trata sobre el diagnóstico realizado sobre las condiciones actuales bajo las cuales desempeñan sus actividades el personal de la empresa, en especial el departamento de producción. Para tratar de comprender la problemática, es necesario conocer aspectos fundamentales del funcionamiento tales como: Organización, cantidad de personal, líneas de productos, proceso de producción y sistemas de medición con los cuales cuenta la empresa.

En el tercer capítulo se presenta la propuesta del programa de control en base a la metodología seis sigma. La cual se considera adecuada para la empresa panificadora; presentando de forma detallada y sencilla la descripción de las principales actividades a realizar, así como de la preparación que debe de recibir cada uno de los miembros del equipo que sea seleccionado para formar parte de la implementación del seis sigma. Se presenta una parte práctica de las cinco fases para la aplicación de la metodología con el fin de demostrar cómo se definen los problemas, como se miden, como se analizan, como se mejoran y como se controlan; el nivel de sigma con que opera la empresa, y las variables que más afectan el proceso.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 La metodología seis sigma

Los métodos y las técnicas relacionados con seis sigma, han recibido notoria atención recientemente en el mundo empresarial. Toda empresa, organización o persona puede obtener beneficios con la puesta en marcha de esta metodología. Sin embargo es necesario conocer sus potencialidades y condiciones, para que estas herramientas sean utilizadas en forma eficiente.

1.1.1 Antecedentes

Seis sigma fue implementada por primera vez en 1987, por Motorola, por un equipo de directivos encabezados por el presidente de la compañía Bob Galvin, con el propósito de reducir los defectos de productos electrónicos. Desde ese entonces, seis sigma ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías. Además de Motorola, dos organizaciones que se han comprometido de manera ejemplar con seis sigma, y que han logrado éxitos espectaculares son Allied Signal, que inicio su programa en 1994, y General Electric, que inicio seis sigma en 1995. Ambas empresas han logrado resultados impresionantes. En Latinoamérica, la empresa Mabe, es una de las organizaciones que ha logrado conformar un sistema seis sigma, exitoso. (10:297)

1.1.2 Definición

Seis sigma es una metodología que utiliza herramientas de control estadístico, buscando mejorar los procesos de producción en cadena, reduciendo el número de unidades defectuosas y el tiempo de ciclo. Es un concepto que puede ser entendido a través de la reducción de la variabilidad de los procesos que

gobiernan aquellos resultados que impactan al cliente y sobre todo a las empresas.

“Seis sigma es un sistema completo y flexible para conseguir, mantener y maximizar el éxito en los negocios. Seis sigma funciona especialmente gracias a una comprensión total de las necesidades del cliente, del uso disciplinado del análisis de los hechos, datos y de la atención constante a la gestión, mejora y reinención de los procesos de producción.” (17.24)

Se basa en la curva de la distribución normal, (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en la elaboración de una serie de pasos para el control estadístico y optimización de los procesos industriales.

1.1.3 Importancia

Seis sigma busca instaurar los conocimientos necesarios para que las empresas puedan ser más competitivas, mejorando el desempeño interno como el externo. Tanto la alta gerencia, como el personal que se va a involucrar en los proyectos seis sigma, deben ser adecuadamente capacitados para luego convertir el costo de la formación en crecimiento para la empresa.

Esencialmente seis sigma se fundamenta en la reducción de la variación y retraso de los procesos, elimina la causa de los errores y defectos. Es importante conocer el papel de las técnicas estadísticas principalmente el concepto sigma o desviación estándar, con la cual se mide la variación de los procesos. seis sigma descansa en una metodología altamente sistemática y cuantitativa, orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso. Tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

La meta de seis sigma, busca procesos con calidad, es decir, procesos que como máximo generen 3.4 defectos por cada millón de oportunidades. Esta meta se alcanza mediante un programa vigoroso de mejora, que es diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se desarrollan proyectos seis sigma a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras y remover defectos y retrasos de los productos, procesos y transacciones.

1.1.4 Beneficios

- Mejora de la productividad
- Reducción de costos
- Desarrollo de productos y servicios
- Cambio de cultura
- Reducción del tiempo de ciclo
- Aumento de la cuota de mercado
- Aumento de los ingresos
- Reducción de los defectos
- Fidelización de los clientes

1.1.5 Campos de aplicación

Seis sigma puede ser aplicada en una amplia gama de procesos de: manufactura, ensamble, armado, producción, embotellado, lavado, automotriz, comunicaciones, transporte, alimentos, química, farmacéutica, petroquímica, electrónica, mecánica, plásticos, troquelado, maquinaria y herramientas, realización de prácticas y revisión de casos y en toda actividad que pretenda alcanzar el éxito a través de implementar controles bien definidos y plenamente establecidos, los cuales puedan medirse con claridad.

1.1.6 Ventajas seis sigma

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo. Es una estrategia que va desde los niveles más altos de la dirección de la organización hacia todos los niveles inferiores
- Seis sigma es una iniciativa de tiempo completo. No es una actividad marginal y complementaria, es un liderazgo a nivel de negocio y de proyectos que requiere de liderazgo comprometido de principio a fin con la organización.
- Orientada al cliente y se enfoca en los procesos. Seis sigma busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en calidad, tiempo y servicio), y que los niveles de desempeño de la organización tiendan al nivel de calidad seis sigma.
- Seis sigma se administra con datos. Estos datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos necesarios para identificar las variables críticas y los procesos o áreas a ser mejoradas.
- Seis sigma se apoya en una metodología rigurosa. Los datos por si solos no resuelven los problemas de la empresa, por ello es necesaria una metodología

rigurosa, como la metodología de las cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. (DMAMC).

- Seis sigma se apoya en entrenamiento para todos. El programa seis sigma se apoya en entrenamiento para todos sobre la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas.

Un aspecto que ha caracterizado a los programas seis sigma exitosos, es que los proyectos DMAMC, realmente generan ahorros o incrementos en las ventas.

- El trabajo por seis sigma se reconoce. Seis sigma se mantiene a lo largo del tiempo reforzando y reconociendo a los líderes en los que se apoya el programa y, a los equipos que logran proyectos DMAMC exitosos.
- Seis sigma es una iniciativa con futuro, por lo que no desplaza a otras iniciativas estratégicas, por el contrario se integra y la refuerza. De acuerdo a las características de seis sigma, ésta es una iniciativa que debe perdurar y profundizarse a lo largo de varios años.
- Seis sigma se comunica. Los programas seis sigma están basados en un programa integral de comunicación que va generando comprensión, apoyo y compromiso tanto en el interior de la organización como en el exterior (proveedores, clientes clave).

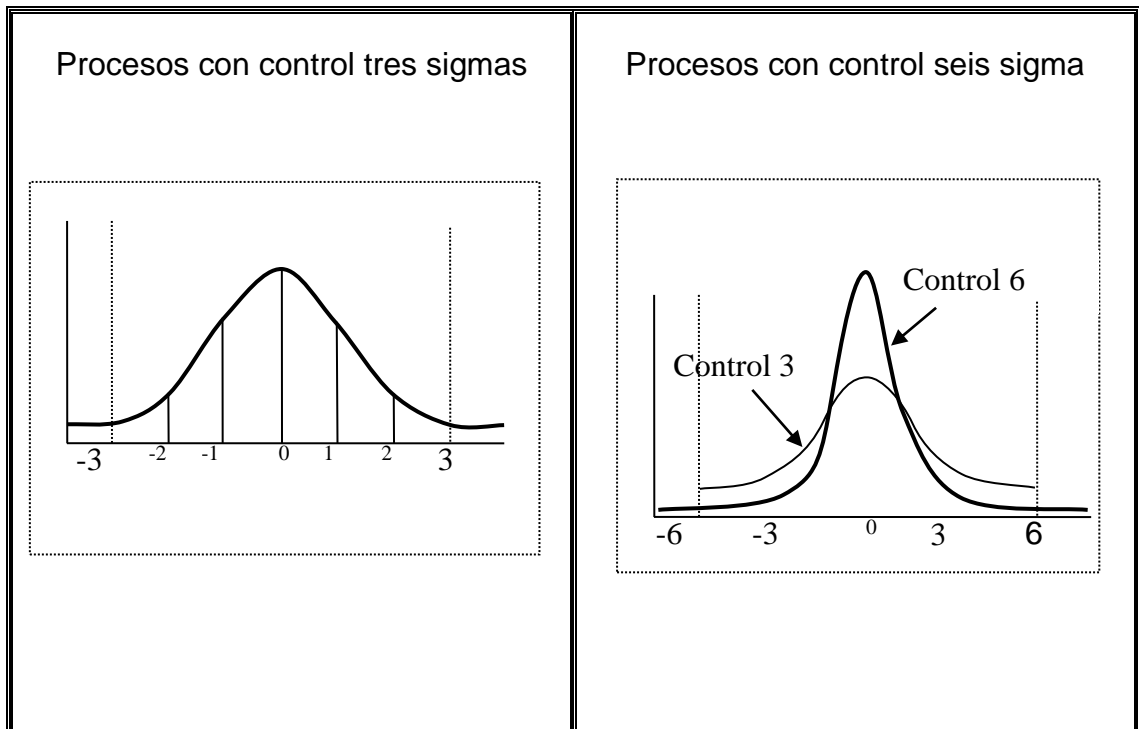
1.1.7 La métrica seis sigma

Seis sigma en el control de procesos, es un concepto que plantea una aspiración o meta común en la calidad de todos los procesos de una organización.

Tener esta calidad significa diseñar productos y procesos que logren que la variación de las características de calidad sea tan pequeña que la campana de la

distribución esté dos veces dentro de las especificaciones. En otras palabras, los límites dados por $\mu \pm 6\sigma$, estén dentro o coincidan con las especificaciones, como se ilustran en las gráficas siguientes:

Tabla 1
Procesos de control tres y seis sigma



Fuente: elaboración propia tomando como base el libro Calidad Total y Productividad. Humberto Gutiérrez Pulido.

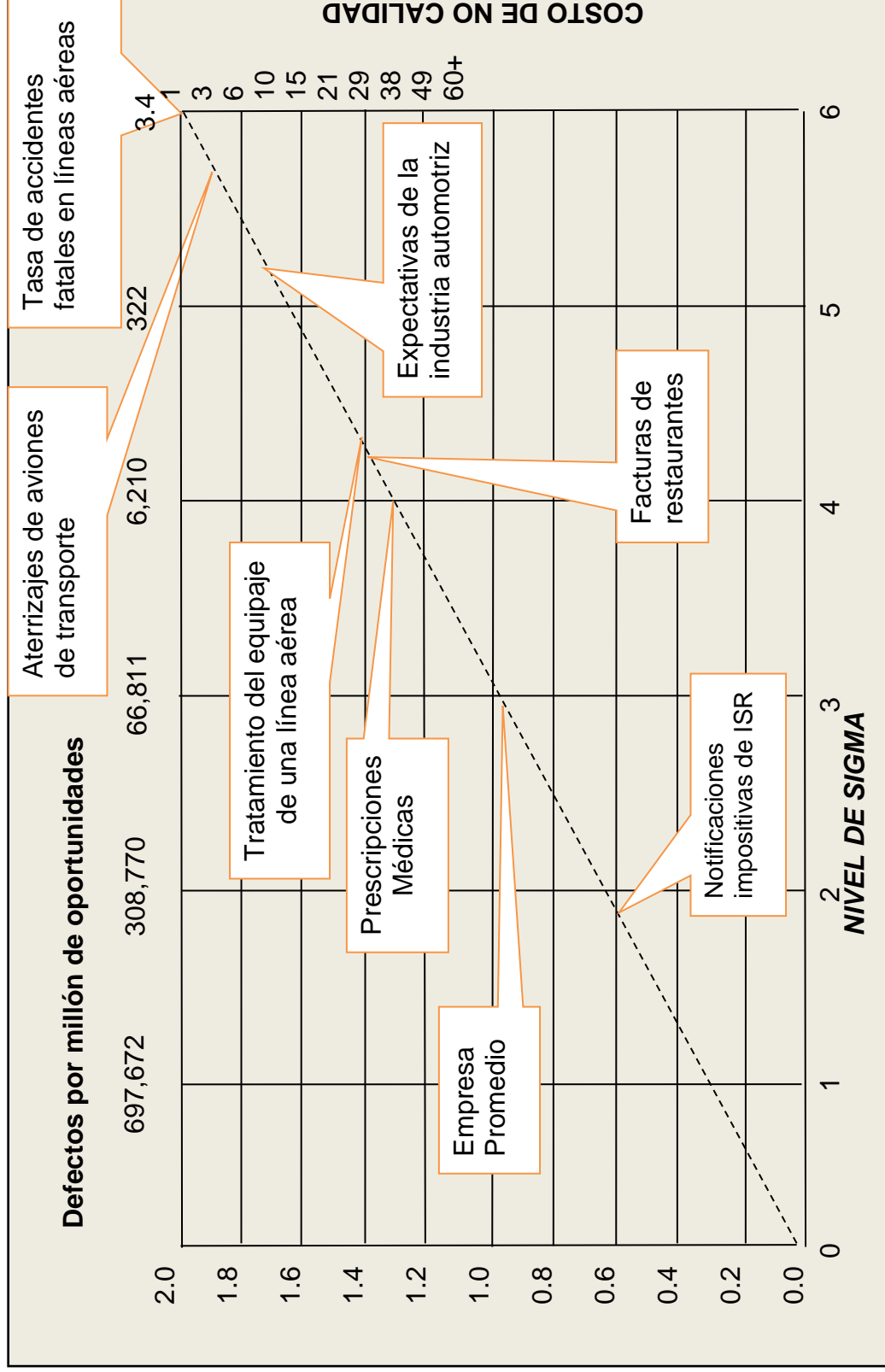
Como se observa, la gráfica de procesos de control seis sigma, está dos veces dentro de la curva de tres sigmas debido que, la cantidad de errores están más cerca de la media por lo tanto la curva seis sigma toma la figura leptokúrtica o sea más picuda, mientras que la curva tres sigmas, los datos están más dispersos con relación a la media por lo tanto la curva toma la figura más aplanada

Tabla 2
Calidad seis sigma, como filosofía que rige la actuación de una organización

La empresa tres sigma	La empresa seis sigma
<ul style="list-style-type: none"> • Gasta de 15 a 25% de sus ingresos por costos de fallas (costos de no calidad). • Produce 66,807 defectos por cada millón de oportunidades • Confía en sus métodos de inspección para localizar defectos • Considera que la mejor calidad (calidad de clase mundial) es muy cara • No tiene un sistema disciplinado para colectar y analizar datos; y para actuar en consecuencia. • Considera que 99% es suficientemente bueno. • Define internamente las variables críticas para la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasta sólo 5% de sus ingresos por ventas, en costos de fallas (costos de no calidad) • Produce 3.4 defectos por millón de oportunidades • Confía en procesos eficaces que no generan fallas • Reconoce que el productor de alta calidad sigue siendo el productor de costos bajos • Utiliza la metodología DMAMC para ejecutar los proyectos. • Establece su propia referencia (Benchmark) frente al mejor nivel mundial. • Considera que 99% no es aceptable • Define sus criterios para la calidad • Define las variables críticas para la calidad de manera externa escuchando la voz del cliente.

Fuente: elaboración propia, tomando como base el libro Calidad Total y Productividad. Humberto Gutiérrez Pulido

Tabla 3. Ejemplo de la métrica seis sigma



Fuente: elaboración propia, tomando como base el libro Calidad Total y Productividad. Humberto Gutiérrez Pulido.

1.1.7.1 Fórmulas de la métrica seis sigma

En esta sección se presentan algunas de las métricas más importantes utilizadas en el contexto de la presente investigación, para analizar el comportamiento de las variables estudiadas y poder determinar el nivel de sigmas con que operan los procesos de producción de la empresa constituida en unidad de análisis. Estas métricas de rendimiento son: DPU (defectos por unidad), DPO (defectos por oportunidad) y DPMO (defectos por millón de oportunidades).

- Unidad. Se entiende como partes, productos o ensambles que son producidos por un proceso y que, por lo tanto, es posible inspeccionar o evaluar su calidad
- Oportunidad. Dentro de la elaboración de un producto o unidad por lo general se tiene más de una oportunidad de error. Oportunidad es cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse que es adecuada o no.
- Defecto. Cualquier no conformidad o desviación de la calidad especificada en el proceso de elaboración de un producto.

DPU (Defectos por unidad) es una métrica que mide el nivel de no calidad de un proceso y se obtiene con el siguiente cociente:

$$DPU = d / U$$

Donde “d” es el número de defectos observados, y “u” es el número de unidades producidas; ambas referidas a un lapso de tiempo. Una desventaja del DPU es que no toma en cuenta el número de oportunidades de error en la unidad.

DPO (Defectos por oportunidad). Este índice valora la falta de calidad de un proceso y se obtiene como sigue:

$$DPO = d / U * O$$

Donde “O” es el número de oportunidades de error por unidad. Para calcular el DPO se divide el total de defectos encontrados “d”, entre el total de oportunidades de error, ya que este se obtiene multiplicando el total de unidades consideradas, “U”, por el número de oportunidades de error por unidad. Por lo tanto si el DPO se multiplica por 100, entonces el resultado se considera una medida porcentual real del nivel de no calidad con la que se esta desempeñando el proceso

DPMO (Defectos por millón de oportunidades). Este índice evalúa la cantidad defectos en que puede incurrir el proceso en un millón de oportunidades de error y se calcula como sigue:

$$DPMO= 1,000,000 * DPO$$

1.1.7.2 Aplicación de las fórmulas

Para convertir el porcentaje de error a su nivel de sigmas respectivo es necesario aplicar la siguiente fórmula del paquete Excel: = ABS(NORMSINV(C2))+1.5, el valor que aquí se coloca es el de los defectos por oportunidad (DPO); que se obtiene de dividir el número de defectos reales, dentro de las unidades producidas por el número de oportunidades; este valor es la base de los cálculos y se considera como el área que queda fuera de los límites de la curva de la distribución normal. A este valor le podemos sacar automáticamente su conversión a sigma con la función DISTR.NORM.ESTAND. INV, la cual representa el inverso del valor de las tablas de la distribución normal. A todo esto se le aplica la formula ABS que significa “valor absoluto”, esto con el fin de que si aparece algún valor negativo no altere el resultado. A todo esto se le suma 1.5 ya que las desviaciones estándar pueden variar, dándose un margen de 1.5, esto quiere decir que el nivel de sigmas en la práctica realmente es de 4.5, lo cual equivale a 3.4 defectos por millón.

1.1.8 Etapas del sistema seis sigma

Uno de los aspectos importantes en el éxito de un sistema seis sigma es la selección adecuada de proyectos y la formación del equipo que atenderá cada uno de estos. Debido a que en un proyecto seis sigma se aborda un problema o situación cuya solución se desconoce, y si va ser posible encontrarla, es importante seleccionar proyectos adecuados y asignar a la gente apropiada.

La característica más importante de la metodología seis sigma, es que se trata de una iniciativa en la que hay gente de tiempo completo y que seis sigma se apoya en el entrenamiento. En esta sección se detalla los nombres de que reciben estas personas sus características y el entrenamiento que deben recibir.

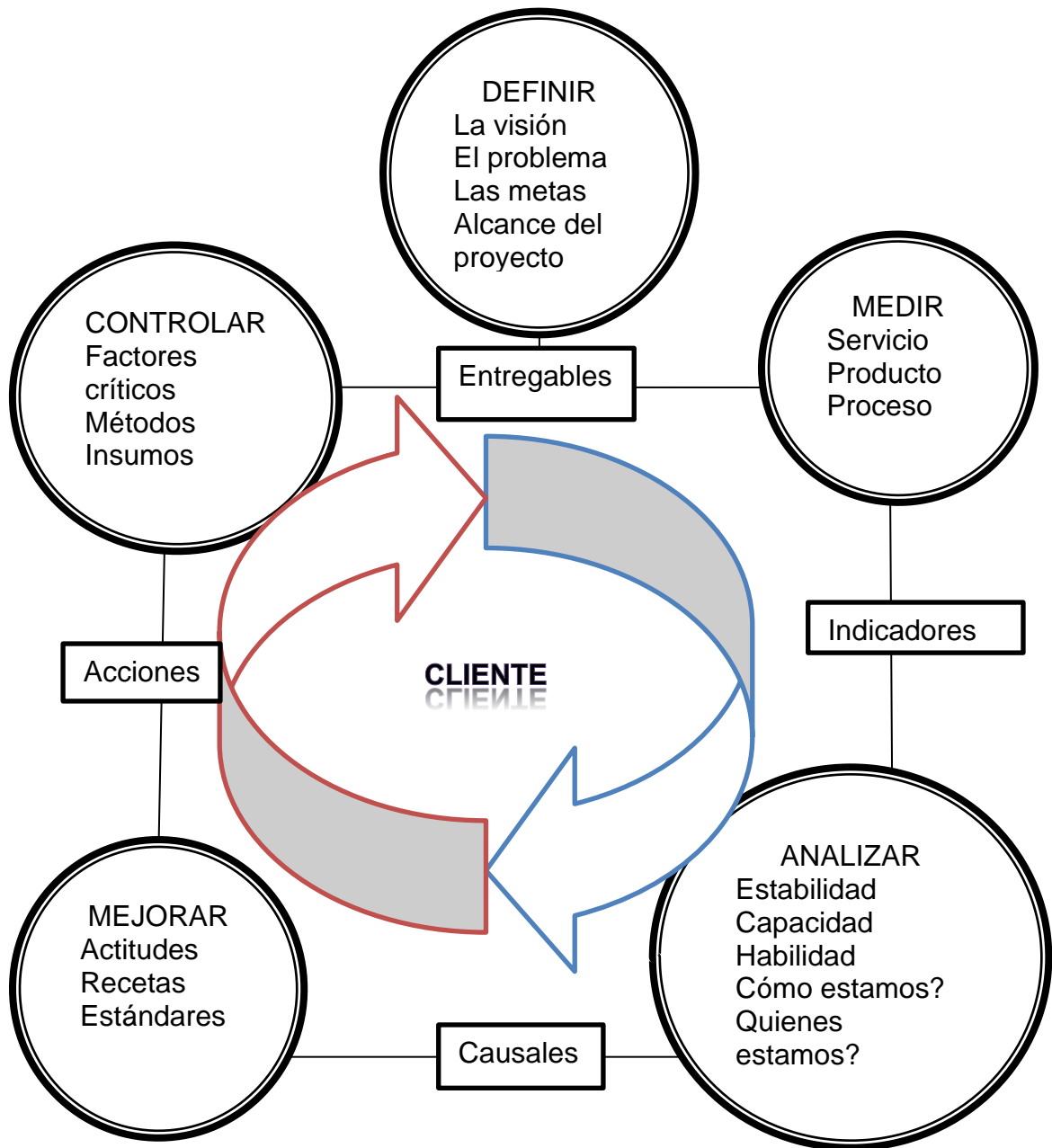
El éxito de la metodología descansa en integrar empleados capaces de liderar proyectos y negocios, convirtiéndose en facilitadores para el resto del personal.

Los roles que usualmente se reconocen dentro de los programas seis sigma son: líder o champion (campeones o patrocinadores), Master Black belt (maestro cinta negra o asesor), black belt (cinta negra), green belt (cinta verde).

Cada una de estas acreditaciones arriba descritas deben ser otorgadas en base méritos, cada empleado en base a su esfuerzo y compromiso con la empresa debe de conseguir ocupar cualquiera de los roles arriba mencionados.

Los pasos que a continuación se detallan, proveen la proyección bajo la cual se canalizan los esfuerzos e iniciativas de mejora de la organización.

Ilustración 1
Metodología DMAMC para el desarrollo de seis sigma



Fuente: elaboración propia tomando como base los libros Calidad Total y Productividad, Aterrizando Seis Sigma. Humberto Gutiérrez Pulido y Gustavo Gutiérrez Pulido.

1.1.8.1 Definir (D)

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos seis sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria. Se deben establecer las metas, definir el alcance del proyecto, establecer una visión clara del problema que se pretende resolver, precisar el impacto que tiene el problema sobre el cliente y los beneficios potenciales que se esperan del proyecto.

1.1.8.2 Medir (M)

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

1.1.8.3 Analizar (A)

En la fase de análisis, el equipo debe de identificar las causas de la raíz de los problemas (identificando las X vitales o variables), entender cómo se generan los problemas y confirmar las causas, evaluando los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma las determinantes del proceso, es decir, las variables clave de entrada o "focos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

1.1.8.4 Mejorar (M)

En la fase de mejora, el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese), para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

1.1.8.5 Controlar (C)

Consiste en diseñar y documentar los controles necesarios, para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto seis sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios (controlar las X vitales, o variables) y, cuando se ha logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada. En otras palabras, el objetivo de esta etapa es que el equipo seis sigma desarrolle un conjunto de actividades con el propósito de mantener el estado y desempeño del proceso a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente, y sirva de base para buscar la mejora continua.

En virtud de lo anteriormente descrito, relacionado con la metodología seis sigma, cabe mencionar que cada uno los temas abordados son de suma importancia debido a que contienen de forma general aspectos específicos y relevantes que ayudarán a enriquecer el contenido de la presente investigación. Asimismo, es preciso señalar que las cinco etapas que conforman la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para el desarrollo de seis sigma, son el soporte en el cual se sustentará el tema de investigación, las hipótesis y los objetivos trazados con los cuales se busca dar respuesta a las dudas planteadas en el problema abordado.

1.2 Definición de estadística

“La estadística es la ciencia cuyo objetivo es reunir una información cualitativa y cuantitativa concerniente a individuos, grupos, series de hechos, etc. y deducir de ello gracias al análisis de estos datos, significados precisos o unas previsiones para el futuro; y realizar así, una toma de decisión más efectiva.” (14: s.p)

La estadística es la ciencia que tiene por objeto aplicar un estudio cuantitativo de los hechos sociales y de los colectivos para medir su intensidad, deducir las leyes que los rigen y hacer su predicción próxima.

Es oportuno mencionar que la palabra estadística tiene tres significados: en primer término se usa para referirse a la información estadística; también se utiliza para referirse al conjunto de técnicas y métodos que se utilizan para analizar la información estadística; y el término estadístico, en singular y en masculino, se refiere a una medida derivada de una muestra.

1.2.1 Utilidad e importancia

Los métodos estadísticos tradicionalmente se utilizan para propósitos descriptivos, para organizar y resumir datos numéricos. La estadística descriptiva, por ejemplo trata de la tabulación de datos, su presentación en forma gráfica o ilustrativa y el cálculo de medidas descriptivas.

Ahora bien, la importancia estriba a que está presente en todas las áreas del saber. La estadística se aplica de manera amplia en Mercadotecnia, contabilidad, control de procesos y en otras actividades; estudios de consumidores; análisis de resultados en deportes; administradores de instituciones; en la educación; organismos políticos; médicos; y por otras personas que intervienen en la toma de decisiones.

1.2.2 Muestreo

Las muestras son útiles debido a que con frecuencia las poblaciones son demasiado grandes para ser estudiadas en su totalidad. Es muy costoso y demanda mucho tiempo examinar la población total, por tanto, debe seleccionarse una muestra de la población, calcular el estadístico de la muestra, y utilizarlo para estimar el parámetro correspondiente de la población.

1.2.3 Determinación del tamaño adecuado de la muestra

El tamaño de la muestra juega un papel importante al determinar la probabilidad de error así como en la precisión de la estimación. Una vez que se ha seleccionado el nivel de confianza, dos factores importantes influyen en el tamaño muestral: (1) la varianza de la muestra y (2) el tamaño del error que el investigador está dispuesto a aceptar. Mientras que el primer factor está más allá del control del investigador (no hay nada que se pueda hacer sobre la varianza de la población), sí es posible definir el tamaño del error.

1.2.4 Error de muestreo

“El tamaño del error que un investigador puede tolerar depende de qué tan crítico es el trabajo. Algunas tareas enormemente delicadas requieren de resultados exactos: Los procedimientos médicos vitales de los cuales dependen vidas humanas, o la producción de piezas de una máquina que deba cumplir medidas precisas, pueden tolerar sólo un pequeño error. En otros casos, los errores más grandes pueden tener consecuencias menos graves.” (19:183)

1.2.5 La distribución normal

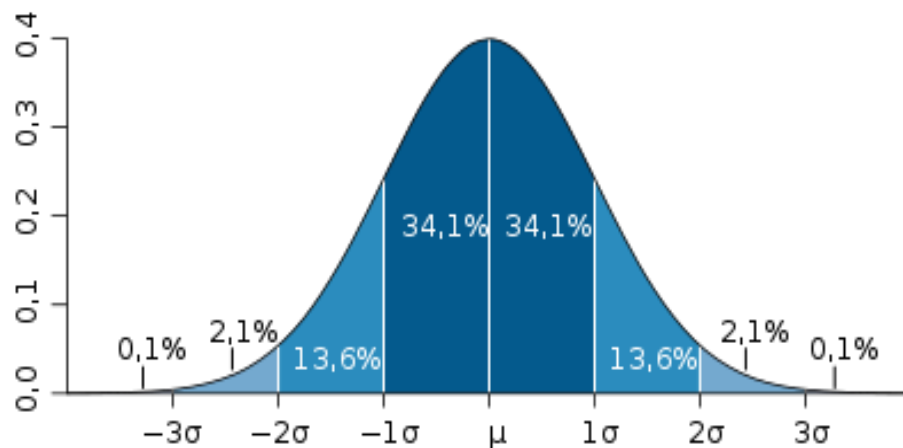
“De todas las distribuciones de probabilidad, la distribución normal es la más importante. Su característica simétrica en forma de campana y la forma como se relaciona con la regla empírica. Debe de recordarse que la distribución normal es

una distribución continua (no discreta). Se utiliza para reflejar la distribución de variables tales como estaturas, pesos, distancias y otras medidas que son divisibles infinitamente. Tales variables continuas generalmente son el resultado de la medida.” (19:123)

En estadística y probabilidad se llama distribución normal, distribución de Gauss o distribución gaussiana, a una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece en fenómenos reales.

La gráfica de su función de densidad tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro. Esta curva se conoce como campana de Gauss.

Gráfica 1
Distribución normal



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Distribucion_normal.

La importancia de esta distribución radica en que permite modelar numerosos fenómenos naturales, sociales y psicológicos. Mientras que los mecanismos que subyacen a gran parte de este tipo de fenómenos son desconocidos, por la

enorme cantidad de variables incontrolables que en ellos intervienen, el uso del modelo normal puede justificarse asumiendo que cada observación se obtiene como la suma de unas pocas causas independientes.

La distribución normal también es importante por su relación con la estimación por mínimos cuadrados, uno de los métodos de estimación más simples y antiguos.

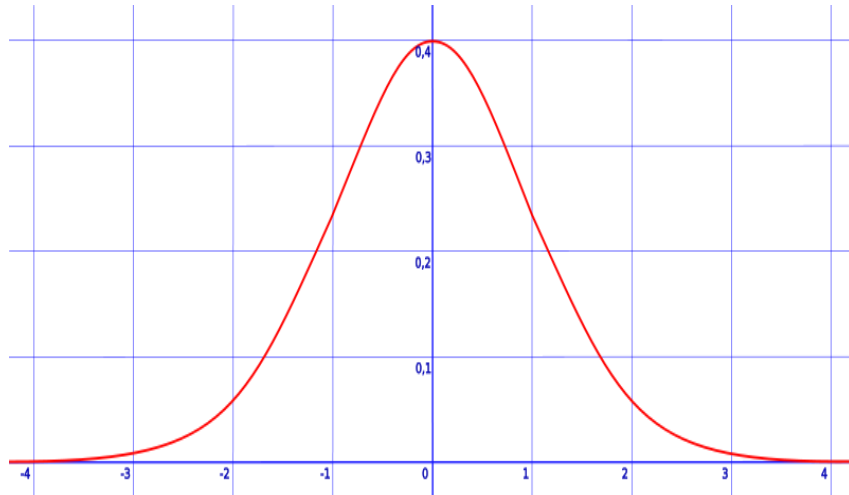
La distribución normal aparece en muchas áreas de la propia estadística. Por ejemplo, la distribución muestral de las medias muestrales es aproximadamente normal, cuando la distribución de la población de la cual se extrae la muestra no es normal. Además, la distribución normal maximiza la entropía entre todas las distribuciones con media y varianza conocidas, lo cual la convierte en la elección natural de la distribución subyacente a una lista de datos resumidos en términos de media muestral y varianza. La distribución normal es la más extendida en estadística y muchas pruebas estadísticas están basadas en una supuesta "normalidad"

“Existen diversos modos de definir formalmente una distribución de probabilidad. La forma más visual es mediante su función de densidad, como una regla de correspondencia entre los valores de la variable y los valores de probabilidad asociados con ellos.” (10: s.p)

1.2.6 Función de densidad

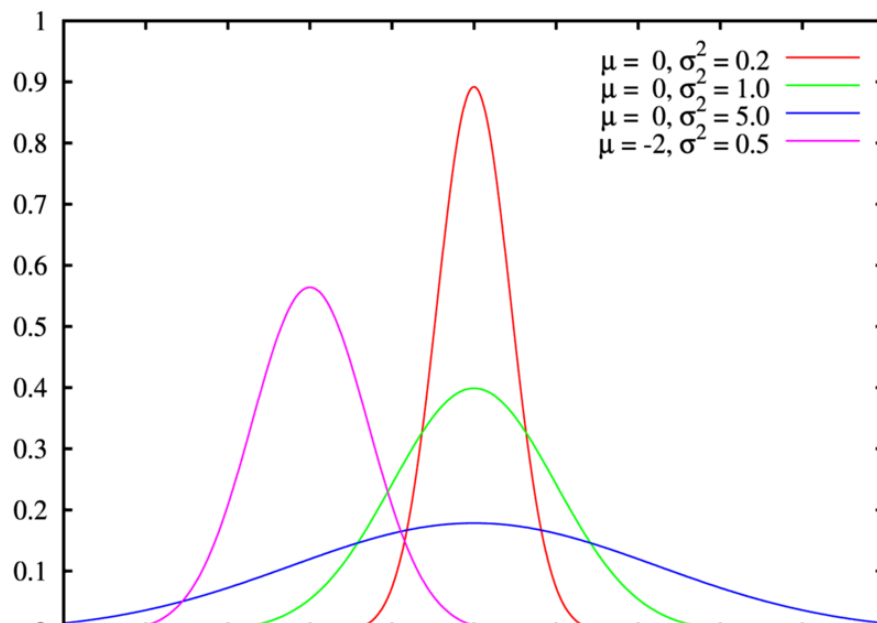
En teoría de la probabilidad, la función de densidad, es conocida, simplemente, como densidad de una variable aleatoria continua es una función, usualmente denominada $f(x)$ que describe la densidad de la probabilidad en cada punto del espacio de tal manera que la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor dentro de un determinado conjunto, sea la integral de la función de densidad sobre dicho conjunto.

Gráfica 2
Función de densidad



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Distribucion_normal.

Gráfica 3
Movimiento natural de la curva normal



La línea verde corresponde a la distribución normal estándar.
La línea roja corresponde a la curva seis sigma

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Distribucion_normal.

1.2.7 Prueba de hipótesis

“Una hipótesis estadística es una proposición o supuesto sobre los parámetros de una o más poblaciones.” (16:89)

“Prueba de hipótesis es un procedimiento basado en una evidencia muestral y la teoría de la probabilidad, usado para determinar si la hipótesis es un afirmación razonable que mantiene su validez, o es una afirmación poco razonable y debe ser rechazada.” (16:89)

El objetivo de la prueba de hipótesis es decidir, basado en una muestra de una población, cuál de las dos hipótesis correspondientes es cierta. Las dos hipótesis se denominan hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_a).

Es importante tener presente que las hipótesis siempre son proposiciones sobre la población o distribución en estudio, no proposiciones sobre la muestra. Por lo general el valor del parámetro de la población especificado en la hipótesis nula se determina en una de tres maneras:

- Puede ser resultado de la experiencia pasada o del conocimiento del proceso, entonces el objetivo de la prueba de hipótesis usualmente es determinar si ha cambiado el valor del parámetro.
- Puede obtenerse a partir de alguna teoría o modelo que se relaciona con el proceso en estudio. En este caso el objetivo de la prueba de hipótesis es verificar la teoría o modelo.
- Cuando el valor del parámetro proviene de consideraciones externas, tales como las especificaciones de diseño o ingeniería, o de obligaciones contractuales. En esta situación, el objetivo usual de la prueba de hipótesis es probar el cumplimiento de las especificaciones.

El proceso de significación o prueba de hipótesis se integra por las fases o pasos siguientes:

1. Planteamiento de la hipótesis nula “ H_0 ”
2. Planteamiento de la hipótesis alterna “ H_a ”
3. Definición de los criterios de prueba
 - 3.1 Delimitación del área de aceptación y el área de rechazo
 - 3.2 Determinación del valor crítico de prueba
4. Cálculo matemático del estadístico de prueba o experimental.
5. Ubicación del estadístico experimental, en los criterios de prueba
6. Toma de decisión
7. Conclusión.

1.3 Control estadístico

“Es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos,”(2:s.p) es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios siempre y cuando cumplan con dos condiciones: que sea observable y que sea repetitivo. El propósito fundamental del control estadístico, es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variación) para llevar a los procesos nuevamente bajo control.

1.3.1 Antecedentes

Previo a la revolución industrial, la producción era efectuada especialmente por artesanos especializados. Ellos sentían tanto orgullo por su trabajo que con frecuencia firmaban cada pieza. Con la llegada de la revolución industrial y el crecimiento del sistema de fábricas, la producción se fragmentó, sin que la responsabilidad del producto recayera en alguien en particular. Con mucha frecuencia estos cambios en los métodos de producción minimizaron la identificación del trabajador con el producto, y afectaron el cuidado que antes se tenía para realizar un trabajo. Como resultado, la calidad de producción y el cuidado de las necesidades del consumidor disminuyeron.

Durante el periodo de 1920 a 1930, Walter Shewhart, fue el primero en utilizar el control estadístico de procesos, haciendo un descubrimiento significativo en el área de mejoramiento de la producción. Demostrando que aunque la variación en los productos manufacturados era inevitable, esta variación podría vigilarse y controlarse utilizando ciertos procesos estadísticos. Creó la base para la herramienta gráfica simple, denominada carta de control, para determinar cuándo su variación excedía los límites aceptables, mediante experimentos diseñados cuidadosamente.

El Dr. W. Shewhart se inspiraba en teorías matemáticas y estadísticas puras, descubrió que datos derivados de procesos físicos raramente producen una "curva de distribución normal" (una distribución gaussiana, también llamada "curva de campana"). Descubrió que las variaciones en los datos de producción no se comportan siempre de la misma manera que en la naturaleza. Concluyendo que mientras cada proceso muestra una variación, algunos procesos muestran variaciones controladas naturales dentro del proceso (causas comunes de variación), mientras otros muestran variaciones descontroladas que no están siempre presentes en el proceso causal (causas especiales de variación).

William Edwards Deming estudió con Shewhart, quien actualmente es reconocido a nivel mundial como uno de los pioneros en el campo del control de calidad. Deming por su parte desarrolló toda una filosofía de gerencia calidad con base en sus catorce puntos, los cuales establecen, que con un clima organizacional adecuado, los métodos estadísticos de mejoramiento de procesos pueden reducir la variación a la que se refería Shewhart. Deming argumentaba que el desarrollo de la calidad era un proceso interminable y que requería una vigilancia continua del proceso de producción.

Joseph Juran fue reconocido por difundir los beneficios del control estadístico de la calidad. Al igual que Deming, Juran argumentó que un compromiso de la alta gerencia con el control estadístico de la calidad, era esencial. Estableció que la calidad es responsabilidad de los gerentes y que se debía atender como cualquier otra área funcional así como finanzas o marketing.

El control estadístico demanda vencer una serie de dificultades en el trabajo que se realiza día a día. Se requiere resolver las variaciones que van surgiendo en los diferentes procesos de producción, reducir los defectos y además, mejorar los niveles y los estándares de actuación.

Para solucionar estos problemas o variaciones, es necesario basarse en hechos concretos y no dejarse guiar solamente por el sentido común, la experiencia o la audacia. Basarse en estos tres elementos puede ocasionar, que en caso de fracasar nadie quiera asumir la responsabilidad.

El control debe fundamentarse en objetivos medibles y hechos reales. Además, es necesario aplicar un conjunto de herramientas estadísticas siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado de solución de problemas.

Existen siete herramientas básicas que han sido adoptadas en la aplicación de la etapa del control de la metodología seis sigma. Éstas son utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los más distintos contextos de una organización.

Las herramientas estadísticas en las cuales descansa la etapa del control dentro de la metodología seis sigma, son las siguientes:

1.3.2 Herramientas de control

Están conformadas por una amplia gama de instrumentos para el control estadístico, debido a su aplicabilidad tanto en procesos de fabricación como a los orientados al servicio. Algunas de estas herramientas son muy simples en cuanto a su uso, porque proporcionan datos de valor incalculable para toma de decisiones relacionadas con la metodología seis sigma; por lo que constituyen una base para la mejora de procesos de producción.

1.3.2.1 Histograma

“Es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados.”(13:s.p) En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el

eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos.

El histograma permite, que de un vistazo se pueda tener una idea general sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora.

Puede ser definida como un mapeo que acumula las observaciones que pertenecen a cada sub intervalo de una partición. El histograma, como es tradicionalmente entendido, no es más que la representación gráfica de dicha función.

1.3.2.2 Diagrama de flujo

“Es una representación gráfica de los pasos que seguimos para realizar un proceso; partiendo de una entrada, y después de realizar una serie de acciones, llegamos a una salida.” (5:s.p) Los diagramas de flujo son herramientas que mejoran la explicación de los procesos. Son útiles en el desarrollo de documentación de sistemas de gestión. Describen los procesos de forma más amigable que los instructivos.

- Características de un Diagrama de Flujo; presenta información clara, ordenada y concisa de un proceso. Está formado por una serie de símbolos unidos por flechas, cada símbolo representa una acción específica, las flechas entre los símbolos representan el orden de realización de las acciones.
- Ventajas de los Diagramas de Flujo; ayudan a la comprensión del proceso a través de mostrarlo como un dibujo, permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso, muestran las interfaces cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de los mismos. Son una excelente herramienta para

capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso.

- Tipos de diagramas de flujo; formato Vertical Formato Horizontal Formato Panorámico Formato Arquitectónico.

1.3.2.3 Diagrama de Pareto

Es también llamado curva 80-20 o distribución A-B-C, es una gráfica que permite organizar datos, de tal forma que éstos queden agrupados, dentro de las tres grandes categorías. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

“El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), el cual reconoce que unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto de los elementos generan muy poco del efecto total;” (11:146) es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

La idea central del diagrama de Pareto es localizar los pocos defectos, problemas o fallas vitales para concentrar los esfuerzos de solución o mejora en éstos. Una vez que sean corregidos, entonces se vuelve a aplicar el principio de Pareto para localizar de entre los que quedan a los más importantes, volviéndose este ciclo una filosofía.

1.3.2.4 Diagrama de causa-efecto

Llamado también diagrama de Ishikawa. “Es el método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces un área problemática) y los factores que posiblemente contribuyan a que exista.”(3:s.p) En otras palabras es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales.

Por su estructura es conocido como; diagrama de espina de pescado, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha el problema, y al lado izquierdo se especifica por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas y sub ramas.

Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943.

Los problemas analizados pueden provenir de diversos ámbitos como la salud, calidad de productos y servicios, fenómenos sociales, organización, etc. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas -como las espinas de un pez- que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y las causas secundarias que se le relacionan forman un grupo de causas con naturaleza común. Este tipo de herramienta permite un análisis participativo mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser la posible solución del mismo.

1.3.2.5 Gráfica corrida

Evalúan el comportamiento del proceso a través del tiempo, medir la amplitud de su dispersión y observar su dirección y los cambios que experimenta. Se

elaboran utilizando un sistema de coordenadas, cuyo eje horizontal indica el tiempo en que quedan enmarcados los datos, mientras que el eje vertical sirve como escala para transcribir la medición efectuada. Los puntos de la medición se unen mediante líneas rectas. Se puede medir la amplitud de la dispersión de los datos transcritos en una corrida, si se proyecta, al final de la misma, un histograma y se dibuja la curva que nace de dicho histograma.

1.3.2.6 Gráfica de control

La gráfica de control es una herramienta estadística más compleja que permite obtener un conocimiento superior del comportamiento de un proceso a través del tiempo, ya que en ellas se transcriben tanto la tendencia central del proceso como la amplitud de su variación. Están formadas por líneas en paralelo; una de ellas, la que se coloca en la parte central, se destina a graficar una medida de tendencia central, que puede ser la medida aritmética o la mediana; y las otras, colocada en la parte superior e inferior, se destina a graficar estadísticos que miden el rango de dispersión con respecto a dicha medida central. Estos estadísticos pueden ser el rango muestral o la desviación estándar de la muestra.

1.3.2.7 Diagrama de dispersión

Con éste se pueden relacionar dos variables y obtener un estimado usual del coeficiente de correlación. Para poder controlar mejor un proceso y por ende poder mejorarlo, es necesario conocer la interrelación entre las variables involucradas. Estos diagramas muestran la existencia o no de relación entre dichas variables. La correlación entre dos variables puede ser positiva, si las variables se comportan en forma similar (crece una y crece la otra) o negativa, si las variables se comportan en forma opuesta (aumenta una, disminuye la otra).

La estadística en sí, como las siete herramientas de control son indispensables para el desarrollo del tema de investigación, debido a que en ellas se fundamenta y delimita la metodología seis sigma.

1.4 Empresa panificadora

Es la empresa que se dedica a la elaboración de un producto alimenticio básico, de consumo diario y cuyo principal ingrediente es la harina de trigo.

1.4.1 Antecedentes históricos de la industria panificadora

La industria panificadora se inició en la edad media, cuando empezaron a producirse diversos tipos de pan. El tipo de pan producido tenía implicaciones sociales: el pan blanco era privilegio de los ricos y el negro estaba reservado para los pobres. La historia del pan es casi tan antigua como la del mismo hombre. Desde que cambia sus hábitos nómadas para asentarse en un territorio y cultivar la tierra, probablemente los cereales entran ya a formar parte de su dieta.

Pan es una palabra que se aplica a las generalidades de aquellos alimentos que se derivan de la mezcla de harina obtenidas mediante la machacada, molienda, pulverización, rallado así como también del ablandamiento o cocido de cualquier cereal, grano o tubérculo, con agua u otros líquidos, además de los ingredientes, hasta lograr el perfecto aglutamiento que se convierte en masa, para luego cocinarla, tostarla u hornearla para elaborar así un exquisito filón o tortilla; llamado pan. De ésta manera, al moler o cocinar, amasar y tostar el maíz, se obtendrá un pan de maíz, al amasar y tostar la yuca, se tendrá un pan de yuca; al moler o pulverizar el trigo, se producirá un pan de trigo. En todos los casos, el origen de la palabra pan es comida de mesa. Desde milenios, el hombre ha caminado paralelamente al pan por lo que este alimento ya forma parte de su cultura alimenticia.

Los panes preparados y derivados de panes cocidos, se han utilizado como alimento desde la prehistoria. Es posible que el primer pan llevara bellotas trituradas mezcladas con agua y sometidas a calor natural o artificial, para consolidar la masa. Se han desenterrado fragmentos de pan sin levadura en las ruinas de los poblados situados junto a los lagos suizos, que constituyen las comunidades civilizadas más antiguas de Europa. Entre los egipcios, la elaboración del pan era conocida antes del siglo XX antes de Cristo y se cree que descubrieron la fermentación de forma accidental. En Roma se establecieron hornos de uso público durante la República.

El origen del pan de molde se remonta en el siglo XVII en los Estados Unidos, su nombre se debe a que los colonos americanos utilizaban unas cajas metálicas como moldes para hornear el pan. Se elaboraba a mano en el propio hogar o en el pequeño horno local; fue hasta finales del siglo XIX cuando el trabajo manual fue remplazado por máquinas. En la actualidad las panificadoras utilizan amasadoras, cintas transportadoras, hornos automáticos y máquinas para enfriar, cortar y envolver el pan.

El pan es un producto básico por sus propiedades nutricionales y energéticas. Dentro de los ingredientes más importantes para la elaboración del pan se encuentran la mezcla de harina o grano molido, agua o leche y varios ingredientes más. La harina puede ser de trigo (el grano más utilizado) centeno, cebada, maíz, arroz, papas y soya. Dependiendo de los ingredientes utilizados el pan puede ser con levadura o ácimo. El primero se hace combinando un agente que produce la fermentación y subida del pan, como la levadura y con el resto de los ingredientes, normalmente azúcar, sal y grasa, además de la harina y el líquido. La levadura actúa en el proceso de fermentación, generando diminutas burbujas de un gas dióxido de carbono, en la mezcla o masa. Incrementando su volumen y haciéndola ligera y porosa. Las levaduras químicas, en especial la levadura de cocina, logra la distensión de la masa por la interacción entre

carbonatos y ácidos, reduciendo en gran medida el tiempo que requiere la acción de la levadura natural. El pan ácimo se compone en esencia de harina y líquido y no lleva levadura.

En Guatemala, el concepto de la panificación industrial fue introducido por europeos a principios del siglo XX, quienes popularizaron el pan sándwich debido a que era conveniente para el consumidor por su duración. Sin embargo, en Guatemala no solamente se da la panificación a nivel macro, como son las grandes industrias, si no también se da en pequeñas empresas, las cuales son muy abundantes, debido a que en cada sector del país se encuentra localizada una panadería.

Esta industria en Guatemala ha mostrado un crecimiento acelerado en los últimos años, debido a la incorporación de empresas con capital extranjero ha obligado a crecer y tener una estrategia competitiva muy agresiva a las empresas existentes. Además el gusto guatemalteco está orientado al consumo del pan en el desayuno y en la cena y al consumo de tortillas en el almuerzo, lo cual hace que sea un negocio bastante atractivo.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA PANIFICADORA

2.1 Antecedentes

Alimentos Dely-Bread, es una empresa panificadora que inicia labores en octubre del año 2009, por iniciativa de tres administradores de empresas. El nombre de la empresa proviene de Delicias de Pan, su principal objetivo proveer a sus clientes de un producto de excelente calidad y su mercado meta son las empresas que brindan alimentación a nivel institucional, clientes que se dedican al expendio de alimentos (cafeterías) y consumidores de gustos exigentes.

Entre los principales clientes con que cuenta se encuentran: Empresas telefónicas, cafeterías, de transactel, manufacturas, y entre otros colegios e institutos.

Dicha empresa se encuentra ubicada en la 19 avenida 8-02 zona 12, del departamento de Guatemala, municipio de Guatemala.

2.1.1 Marco legal

La empresa se encuentra legalmente constituida e inscrita en la Superintendencia de Administración Tributaria y se dedica a la elaboración de pan especial y posee todos los requisitos legales para su funcionamiento, como lo son: la patente de comercio, número de identificación tributaria (NIT) y facturas contables. Además cuentan con un logotipo propio con el cual identifican la empresa.

2.2 Organización

Al realizar la investigación de campo, se observó en los archivos de la empresa que no cuentan con un organigrama general definido, los puestos y las funciones han sido establecidas verbalmente y no por escrito.

La empresa panificadora cuenta con 15 trabajadores, de los cuales 9 son responsables directos del proceso de producción de pan, los 6 restantes realizan trabajo administrativo y de ventas, que al momento de implementar la metodología seis sigma, todos deben de participar activamente para que el programa tenga éxito. Especialmente el encargado de ventas por su relación directa con los clientes y su conocimiento de los productos y servicios. A continuación se detallan cada uno de los puestos de trabajo y sus actividades.

- 1 gerente general
- 1 encargado de producción
- 4 panaderos
- 3 ayudantes de panadero

Las actividades principales de la empresa se llevan de la siguiente forma:

La gerencia general: es la encargada de la planificación de todas las actividades a desarrollarse en la empresa a corto, a mediano o a largo plazo, teniendo como función principal también la coordinación de todas las gerencias existentes en la empresa.

El encargado de producción: tiene a su cargo el control y supervisión de los pedidos diarios, el cálculo y compra de la materia prima a utilizar, atención a proveedores, registro de las materias primas, el control de inventarios y de los suministros al departamento de producción,

Encargado de ventas: es el encargado de la promoción, la publicidad y la venta de los productos, teniendo entre sus principales funciones el contactar a clientes nuevos o potenciales y el posicionamiento de los productos en el mercado.

El contador: tiene a su cargo la contabilidad en el cual se llevan todas las operaciones contables de la empresa entre ellas: pagos a proveedores, pago de salarios, cobros a clientes y registros contables para la Superintendencia de Administración Tributaria.

Secretaria General: es la encargada de la recepción de llamadas, atención a clientes, apoyo a gerencia general, al encargado de ventas y al contador.

Los panaderos y ayudantes: tienen a su cargo el mezclado, la elaboración y horneado del producto final. Los ayudantes son los encargados de la limpieza del área de producción.

Los Empacadores: tienen a su cargo el empaque de los productos y el almacenamiento del producto final, así como otras actividades, como apoyo a panaderos cuando hay demasiada demanda, entre otros.

Bodeguero y repartidor: tiene a su cargo el ingreso de la materia prima a la bodega y del reparto del pan.

2.2.1 Misión

Somos una empresa cuyo fin primordial es proveer productos de panadería de excelente calidad a nuestros clientes. Brindando satisfacción en sabor, calidad y servicio.

2.2.2 Visión

Ser una empresa líder a nivel nacional, el punto de referencia del buen servicio y la excelencia de los productos de panadería, proponiendo en innovando constantemente para conquistar a los gustos mas delicados.

2.2.3 Objetivos

El principal objetivo es satisfacer plenamente todas las exigencias de los clientes.

La empresa ha establecido los siguientes objetivos:

- Establecer directrices y planes de trabajo para el alcance de las metas y de los demás procesos.
- Buscar rentabilidad constante, aumentado las ventas y disminuyendo los costos.
- Proveer y mantener las características de sabor, aroma y textura de los productos, efectuando los controles necesarios durante la elaboración y de los mismos.
- Garantizar la elaboración de los productos solicitados diariamente en cada uno de los pedidos.
- Desarrollar productos que se ajusten a los requerimientos y expectativas de los clientes.

2.3 Productos

Pan: producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo y agua, con o sin adición de sal comestible, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación del pan.

Pan Común: pan de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua y al que sólo se le pueden añadir los coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados para este tipo de pan. Se incluyen distintas denominaciones.

Pan Especial: es el pan no incluido en la definición de pan común, que reúna alguna de las condiciones siguientes: que se haya incorporado cualquier aditivo y/o coadyuvante tecnológico de panificación autorizado para pan especial. La harina que se utiliza como materia prima, es enriquecida con ingredientes que eleven suficientemente su valor nutritivo; no se le añaden microorganismos propios de la fermentación. En esta categoría se incluyen distintas variedades, tales como: pan integral, pan francés, pan pirujo, pan baguette, pan tostado, pan tostado integral, pan de queso, encanelado, pan dulce, pan integral, fingers, croissant, strudells, bocado de reina, cubilete, pan de frutas, bastones, y otros.

Pan pre-cocido: masa de pan, de pan común y/o de pan especial, cuya cocción ha sido interrumpida antes de llegar a su finalización, siendo sometida posteriormente a un proceso de congelación o cualquier otro proceso de conservación controlado.

2.4 Materias primas

Harina, manteca, margarina, azúcar, leche en polvo, sal, levadura, huevos, agua, preservantes y colorantes.

2.4.1 Clasificación de masas

En la panadería Dely-Bread, las masas se clasifican de dos maneras: en dulces y saladas, las cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4
Clasificación de las masas

Productos		Clasificación de las masas	
		Dulces	Saladas
1	Batidas crecidas	X	
2	Quebradas o crujientes	X	
3	Fermentadas	X	X
4	Hojaldradas	X	X
5	Hojaldradas fermentadas		X

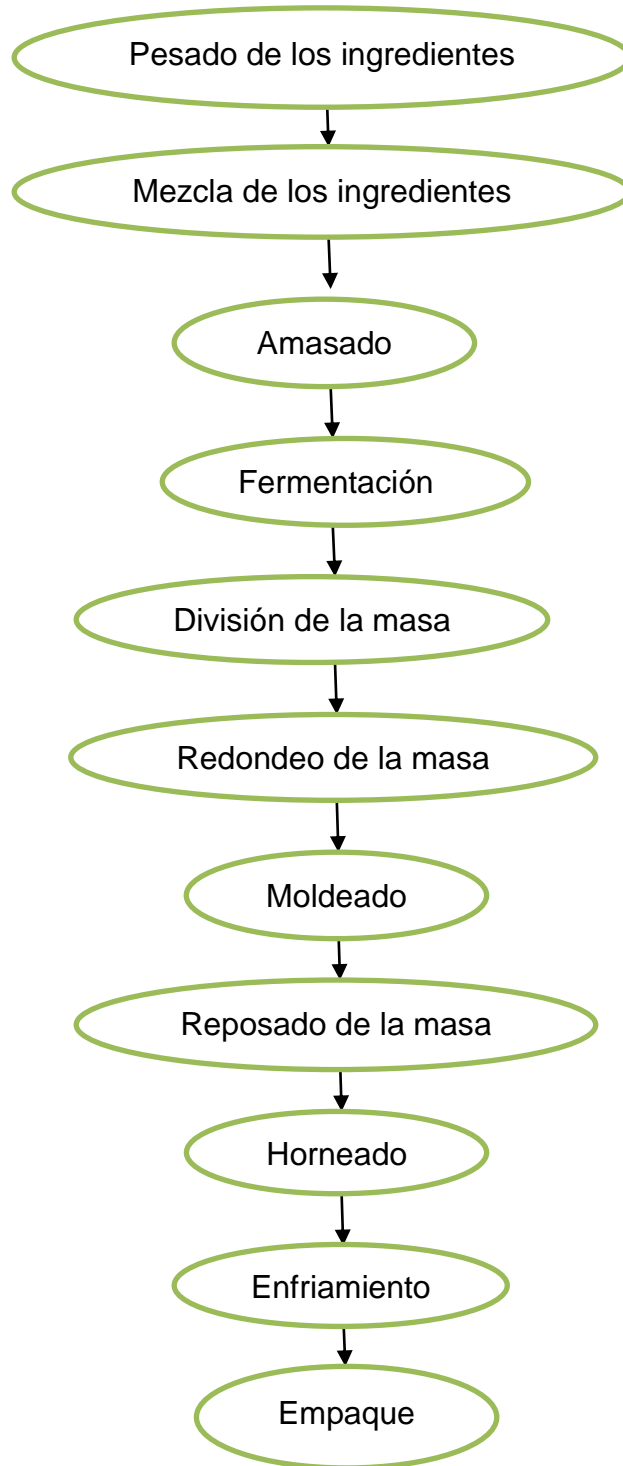
Fuente: elaboración propia, en base en la investigación de campo.

Tabla 5
Clasificación de los productos por tipo de masa

Pan de masas dulces		Pan de masas saladas
Concha	Champurrada	Pirujo
Mollete	Hojaldra	Baguette
Batido	Roscas	Francés
Gallina	Tostado	Desabrido
Especial	Hojas	Chapata

Fuente: elaboración propia, en base en la investigación de campo.

Ilustración 2
Proceso de producción



Fuente: investigación de campo, diciembre, 2011

2.4.2 Descripción del proceso

El proceso de elaboración de pan inicia pesando las materias primas y colocándolas para ser mezcladas de forma manual. Harina, levadura y agua son añadidos para producir la masa. Luego, esta masa es colocada en bolsas plásticas para acelerar la fermentación en un tiempo prudencial para permitir la activación de la levadura y el crecimiento de la masa. Este periodo de fermentación es conocido como “tiempo de reposo o descanso”.

La masa es retornada a la mesa donde el resto de harina y agua son añadidos, junto con la manteca, margarina, azúcar, leche, sal y/o huevos.

Luego la masa es dividida y redondeada, y es inmediatamente probada. Las piezas de masa son hechas manualmente. Cada una de las piezas de masa son formadas en base al cálculo y a la experiencia del panadero, posteriormente son colocadas en las bandejas.

Las unidades de masa son puestas en bandejas las cuales se colocan en una cabina o clavijero con temperatura y humedad controlada, para que las unidades de masa reposen durante un periodo de tiempo hasta que alcancen el volumen deseado.

Se inicia con un proceso de calentamiento de 15 minutos, posteriormente las bandejas son llevadas al horno para que la masa sea horneada. Esta es la parte más importante del proceso de producción.

Después de figurar se procede al horneado de los productos, cada producto tiene un tiempo de horneado y ciertos grados de temperaturas, las cuales se detallan a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 6
Tiempos de horneado y grados de temperatura para cada producto

Tipo de producto	Tiempo de horneado	Temperatura
Pan tipo francés	20 minutos	200°
Pan tostado	20 minutos	175°
Pan dulce	20 minutos	150°
Baguette	30 minutos	200°
Pan tostado integral	20 minutos	200°
Pan de queso	20 minutos	150°
Encanelado	25 minutos	200°
Pañuelos	25 minutos	200°
Strudells	25 minutos	200°
Croissant	25 minutos	200°
Fingers	20 minutos	200°
Integral	20 minutos	200°
Bocado de Reina	20 minutos	200°
Cubilete	15 minutos	200°

Fuente: información obtenida en investigación de campo, diciembre 2011.

Cuando el pan es retirado del horno, debe ser enfriado durante un tiempo prudencial, antes que sean cortados y empaquetados. Para el empaque de los productos se utiliza la maquina selladora, la maquinas etiquetadora y la colocadora de fecha de vencimiento, luego se almacenan en estantes para responder inmediatamente a las demandas de sus clientes.

2.4.3 Manejo

El manejo del producto final del área de empaque a la bodega lo realizan en cajas plásticas y de cartón y para el reparto en cajas plásticas.

2.4.4 Distribución de la planta y capacidad de producción

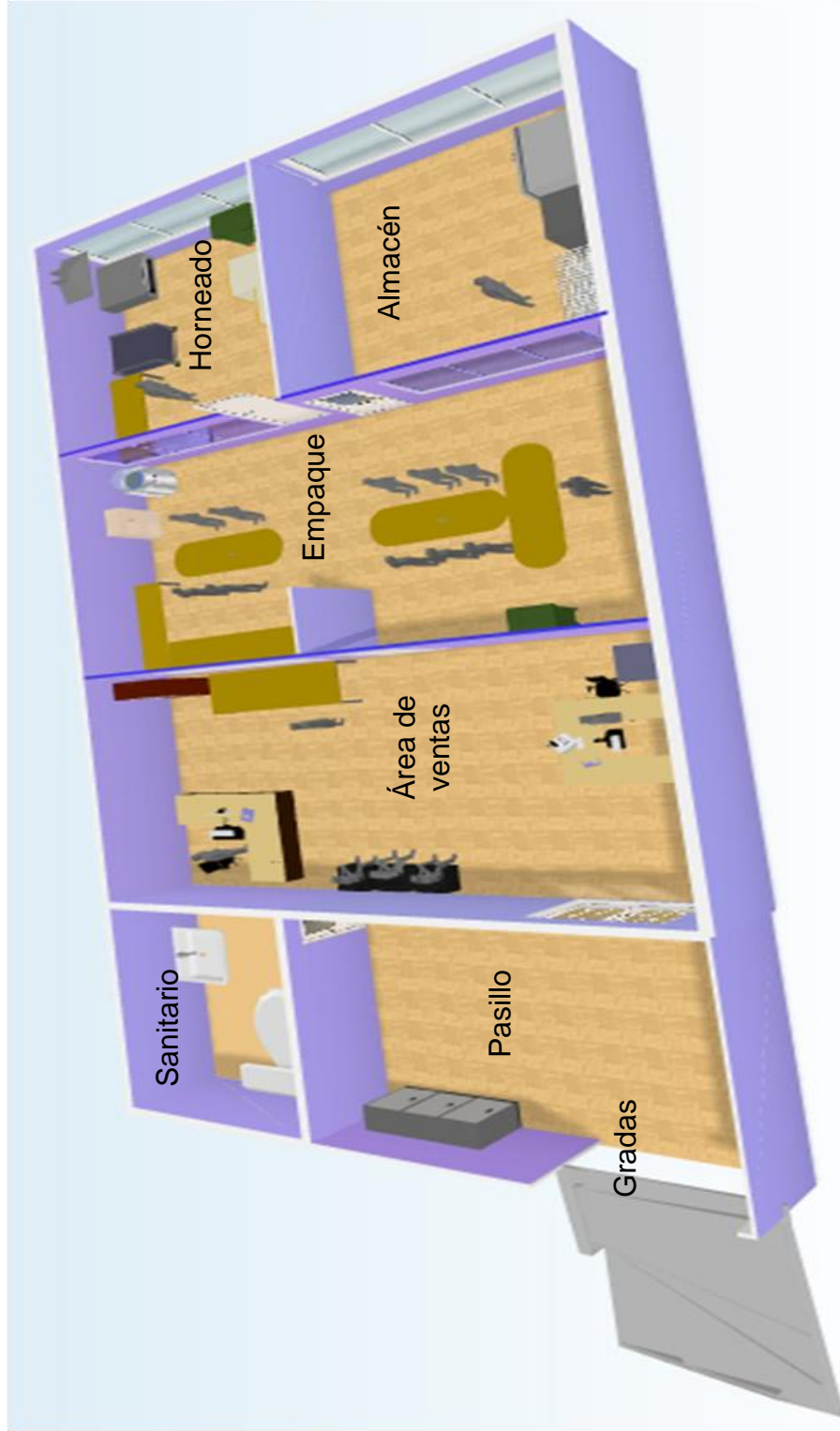
La planta está equipada con un horno, una pesa y una máquina empacadora, este equipo, trabaja de la siguiente manera: un turno de ocho horas por día, veinticinco días al mes. Este equipo trabajando un promedio de 2 horas con 8 minutos actualmente produce seiscientas (600) unidades de pan pirujo o baguette, lo cual genera quince mil unidades al mes ($15,000=600 \text{ unidades} \times 25 \text{ días}$), haciendo un total de 180,000 unidades al año ($15,000 \text{ unidades} \times 12 \text{ meses}$), esto es únicamente para la línea de las masas saladas.

La capacidad del horno es de 6 bandejas por horneada, cada bandeja contiene 12 unidades, los lotes de producción son de 72 panes. Para cubrir las 600 unidades se utilizan 50 bandejas que se hornean en 8.33 lotes; la capacidad real del horno durante las 8 horas de trabajo es de 24 horneadas lo cual produciría 1,728 unidades; lo cual nos da una utilización real del 34%.

Actualmente el departamento de producción opera con 8 personas, las cuales se encargan de la preparación de la materia prima, amasado; división y redondeo de la masa, montaje, horneado y empacado.

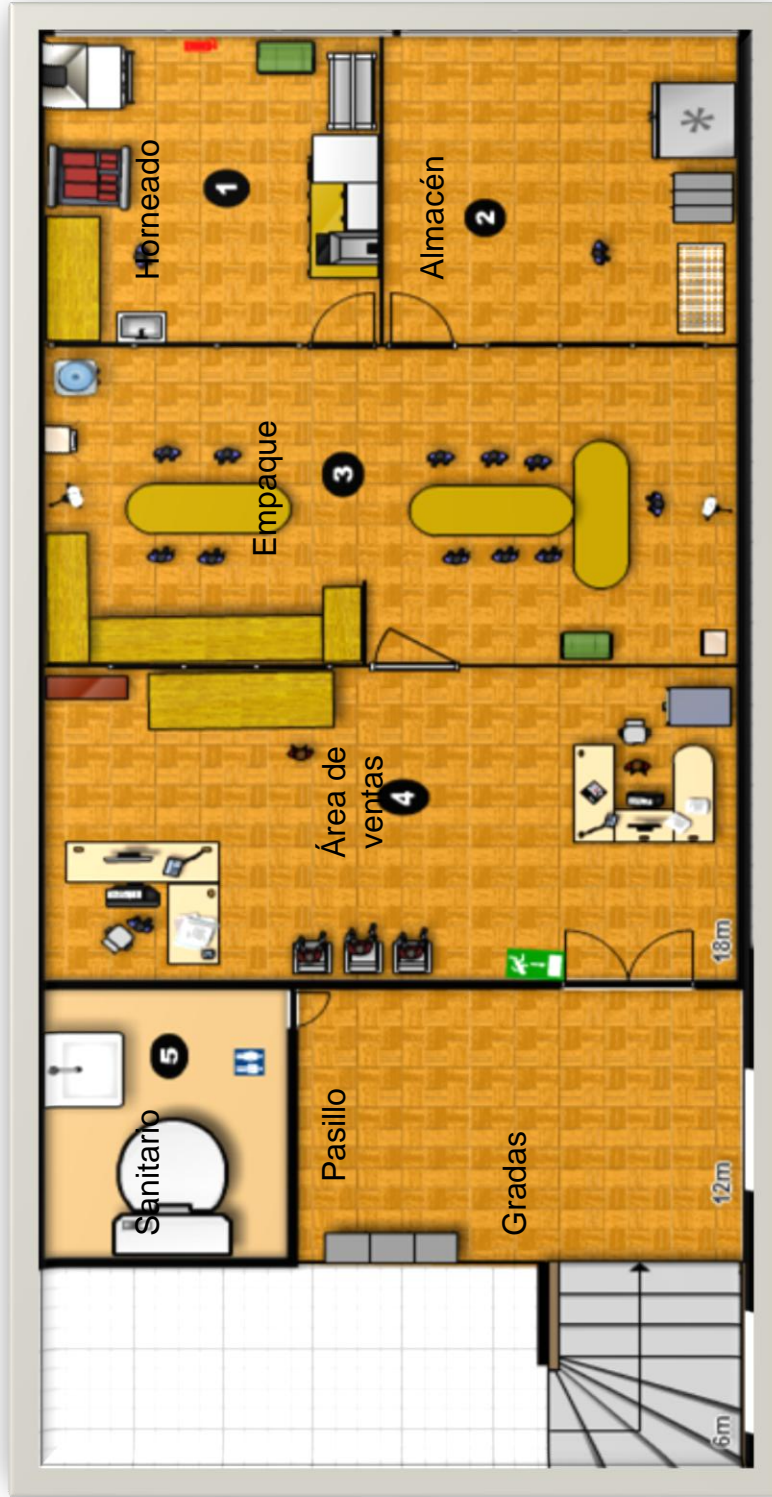
A continuación se presenta la distribución de planta de la empresa unidad de análisis:

Ilustración 3
Distribución de planta de la panadería Dely-Bread, en tres dimensiones (3D)



Fuente: elaboración propia, datos recopilados en la investigación de campo, diciembre 2011

Ilustración 4
Distribución de planta de la panadería Dely-Bread en dos dimensiones (2D)



Fuente: elaboración propia, datos recopilados en la investigación de campo, diciembre 2011

2.5 Situación actual del departamento de producción

A continuación se presenta un análisis realizado a las condiciones relacionadas con el tema DMAMC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Se estableció que los empleados desconocen trabajar bajo un sistema o método de medición bien establecido por los altos mandos, sobre estos aspectos. Las condiciones bajo las cuales se realiza la producción diaria en la empresa panificadora, es: por medio del tamaño, peso y la cantidad de cada producto que se debe de producir, lo cual se debe de hacer al cálculo y experiencia del panadero y sus ayudantes.

Este conocimiento básico permitirá establecer la ruta de acción a seguir, con el objeto de mejorar dicho proceso, determinado a través de las variables de control inherente al mismo. Cualquier proceso cuenta con tres partes básicas, las entradas, el procedimiento de transformación y las salidas. En la producción de pan las estradas están representadas por las materias primas que son transformadas por una serie de operaciones que dan como resultado el producto final o las salidas.

En estas tres etapas básicas del proceso, se puede decir que el departamento de producción únicamente hace énfasis en aplicar dos de las cinco fases de la metodología seis sigma, siendo estas definir y medir;

2.5.1 Fase definir

A continuación se presentan las respuestas a las interrogantes planteadas al inicio de la investigación sobre el tema. Se encontró que el encargado de la producción, únicamente tiene establecidos los pesos, tamaños y cantidades a producir para cada uno de los productos. Es importante señalar que la panadería trabaja contra pedido y cada unidad debe cumplir con ciertas medidas, las cuales son la base para determinar los límites de control para realizar en el presente estudio.

Los límites con que actualmente opera la panadería en cada línea de producción, tienen una variación del 5% aproximadamente sobre y por debajo de su media aritmética; medida establecida por la gerencia general de la panadería. Esta media de 20 y 3 centímetros para el peso y tamaño respectivamente al multiplicarla por 5% de variación se obtienen los valores mínimos y máximos, según lo manifestado por la gerencia de operaciones.

Ejemplo: Para las masas saladas se tiene establecido un peso medio de 3 onzas, el cual se realiza a mano o al cálculo del panadero. Entonces se tiene que: 3 onzas por el 5% de variación es igual a 0.15 onzas; mientras que para el tamaño se tiene una media de 20 centímetros por el 5% es igual a 1.00 centímetro. Entonces los límites de la panadería para los productos están dados por:

- Para el peso:

Límite de especificación superior (LES) = $3 + 0.15 = 3.15$ onzas

Límite de especificación inferior (LEI) = $3 - 0.15 = 2.85$ onzas

- Para el tamaño:

Límite de especificación superior (LES) = $20 + 1 = 21$ centímetros

Límite de especificación inferior (LEI) = $20 - 1 = 19$ centímetros

Estos límites servirán de base en la toma de datos para la aplicación de la metodología seis sigma. Estos datos serán comparados con los resultados reales del proceso que arrojen las mediciones.

2.5.2 Fase medir

En esta fase el producto terminado se mide en base a una muestra que se saca a la raíz cuadrada de la producción de cada línea de producto. Ejemplo: (600 unidades por su raíz cuadrada es igual a 24.50, tomando 25 unidades).

Estos datos que se recogen únicamente sirven para saber que no se está trabajando dentro de los límites establecidos, considerando que no se realiza un muestreo periódico y sistemático, por lo tanto son datos intrascendentes ya que no se toman decisiones importantes para mejorar y reducir los errores cometidos o detectados.

Los datos encontrados se encuadran únicamente en dos de cinco fases, la definición de los límites de acuerdo a la metodología seis sigma es un elemento de la fase definir, mientras que el muestreo pertenece a la fase medir. Para las tres etapas restantes no se encontraron elementos suficientes que hagan suponer que se aplican de manera empírica.

Es importante aclarar que las etapas anteriores no se aplican como metodología en sí, únicamente son aplicables como simples herramientas que permiten conocer valores numéricos, como indicio de que lo prometido a los clientes no se cumple.

2.6 Resumen de la percepción actual del departamento de producción

Actualmente el departamento de producción carece de un sistema de medición que le permita obtener información confiable sobre el desempeño de sus procesos de producción de pan, lo cual no admite ver más allá de sus limitaciones. En este sentido es sumamente necesario instaurar un sistema que ayude a mejorar las condiciones en las cuales opera el proceso de producción.

En el proceso de producción de pan intervienen variables que al no ser controladas adecuadamente, generan errores en el proceso, obteniendo un producto sin las características de calidad requeridas. Dentro de estas variables importantes están:

- El peso: tanto de las materias primas, del producto en proceso, como del producto final.

- Condiciones del ambiente: la temperatura y humedad son dos variables a considerar por el tipo de producto que se está realizando.
- El tamaño: de las unidades en proceso, como del producto final.
- Variables propias de la materia prima, producto en proceso y producto final: de acuerdo al tipo de producto que se está produciendo. Estas variables afectan el comportamiento de los procesos de manera significativa, estas pueden ser: % de humedad, % de azúcar, % levadura, etc.

Para ello se propone utilizar la metodología seis sigma. Esta metodología se basa en herramientas estadísticas, las cuales permitirán obtener un análisis de los procesos, visualizando el comportamiento de las variables y comparándolas con las tolerancias permisibles para garantizar tanto la calidad de los productos como el desempeño adecuado del proceso. Con esta metodología se podrán recolectar datos confiables para un análisis adecuado y soluciones viables.

CAPÍTULO III

PROGRAMA SEIS SIGMA COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DEL DESEMPEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA UNA PANADERÍA

3.1 Objetivos

3.1.1 Generales

Identificar las diferentes variables que afectan el proceso de la calidad de los productos en la unidad de análisis.

3.1.2 Específicos

1. Implementar la metodología seis sigma para gestionar los procesos de producción que mejoren la calidad de los productos
2. Crear en el personal la cultura de la aplicación de la metodología seis sigma, mejorando los conocimientos, habilidades y actitudes para la mejora continua.
3. Reducir los errores en los procesos productivos para mejorar la calidad de los productos que impacten positivamente en la satisfacción del cliente.
4. Promover el empleo de las herramientas estadísticas a través de la metodología seis sigma para identificar las desviaciones de los estándares fijados por la empresa.

3.2 Justificación

Tomando como base las mediciones expuestas en el capítulo anterior, se considera oportuno implementar un programa estadístico de control, con el cual se pretende mejorar sustancialmente las deficiencias por las que actualmente atraviesa la panadería. El programa que se pretende desarrollar, será la base para la implementación de un sistema de mejoramiento basado en seis sigma,

con el cual se busca mejorar significativamente el proceso productivo y la calidad de los productos, para integrarse a un mercado cada día más competitivo y exigente, y por ende ser considerada una organización modelo en la aplicación de la metodología seis sigma.

3.3 Estrategias seis sigma

Para desarrollar con éxito de un programa seis sigma se requiere conjuntar una serie de factores que permitan consolidar la capacidad del capital humano, generar un sólido impacto financiero y adoptar el sistema como parte integral en la organización

Las estrategias a considerar antes, durante y después de su lanzamiento corporativo son:

3.3.1 Pre-lanzamiento

Comunicar apropiadamente la problemática existente y la manera de resolverla mediante la utilización de la metodología seis sigma, a través de la participación de todo el personal de la empresa.

- Seleccionar proyectos piloto y posteriormente proceder a la escogencia de candidatos para el primer entrenamiento (cinta negra o cinta verde), con un perfil de alto desempeño, con la consideración que dedicarán por lo menos el 50% de su tiempo al mejoramiento de los procesos críticos.
- Identificación y definición de los procesos clave así como de los proyectos piloto e indicadores de la empresa que permitan medir estos procesos desde el punto de vista del cliente, así se podrá visualizar el negocio en función de las necesidades y expectativas de estos y por lo tanto, definir los proyectos piloto en función de lo que es importante para ellos.

- Entrenar a los líderes de tal forma que se conviertan en los principales patrocinadores del programa y miembros del consejo que delinearán, evaluarán y publicarán el logro de resultados.
- Entrenar al resto del personal de la empresa con una introducción a la metodología y definir esquemas de promoción dentro del sistema.

3.3.2 Lanzamiento

- Entrenar al grupo piloto de expertos (cinta negra o verde), facilitando su desarrollo mediante el seguimiento y la asesoría y evaluación frecuente de un experto (maestro cinta negra o asesor).
- Desarrollo del sistema para monitorear los resultados de cada iniciativa para identificar el impacto real que el programa está generando en la organización; se definen los lineamientos de capacitación para cinta negra o cinta verde y se fijan los objetivos de mejora en cada proyecto. Se comunican los avances y resultados del programa a toda la organización.

3.3.3 Post-lanzamiento

- Potencializar las capacidades internas del programa y proyectarlas a largo plazo, con el fin de crear un programa sustentable que no dependa de las personas o líderes de la organización.
- Diseñar un procedimiento que permita escuchar la voz del cliente (VOC) para medir el nivel de satisfacción del cliente. (Ver anexo 2)

Tabla 7
Descripción general del programa seis sigma

Fase	Actividad	Comentario
Previa	Selección del proyecto.	Reducción de defectos, mejoras para el cliente (calidad, tiempo, costo), beneficios económicos.
	Formar el equipo.	Selección de los líderes primordialmente
	Establecer el marco del proyecto.	¿Qué espera la dirección de la empresa del proyecto?
Definir el proyecto	Dar una descripción general del problema	¿En qué consiste?
	Hacer un diagrama de flujo del proceso completo y una narración general o un mapeo del proceso.	Panorama completo del problema, ¿qué tanto conoce del proceso el equipo?
	Seleccionar las variables críticas de calidad y asegurarse que a través de ellas se está escuchando al cliente	¿Dónde se refleja la magnitud del problema? ¿Dónde se reflejaría la mejora?
	Delimitar el problema	¿En qué parte del proceso se abordará el problema? ¿Qué tantos aspectos se contemplarán?
	Proponer una buena primera definición del problema	Expresar el problema en términos cuantitativos, ligarlo a los resultados de la empresa. Hacer referencia a las variables críticas de calidad y a los beneficios esperados.

Continúa

Continuación

Fase	Actividad	Comentario
Medir la situación actual	Hacer estudio de capacidad y estabilidad para las variables críticas de calidad.	De preferencia utilizar datos que reflejen el desempeño del proceso en el lapso de un tiempo amplio.
	Verificar que las variables críticas de calidad puedan medirse consistentemente.	Realizar estudios periódicos para cada una de las variables críticas de calidad.
	Establecer metas para cada una de las variables críticas de calidad	¿Cuál sería un buen logro del proyecto que se refleje en un año o menos?
	Relacionar las variables de entrada con las de salida y las variables críticas de calidad	Relacionar probables causas con efectos
	Seleccionar las principales causas (las X vitales) y confirmarlas	¿Cuál es la razón de cada causa? Confirmar con datos que efectivamente ocurre.
Analizar las causas raíz	Crear una lista de las posibles causas del problema y de las variables de entrada de los subprocesos.	Ahondar en las causas con la técnica de los “cinco por qué”, (ver ilustración 6)
	Relacionar las variables de entrada con las variables de salida y las variables de calidad	Relacionar probables causas con efectos.
	Seleccionar las causas principales y confirmarlas	Determinar cual es la razón de cada causa. Confirmar con datos que efectivamente ocurre.

Continúa

Continuación.

Fase	Actividad	Observación
Mejorar las variables críticas de calidad	Generar distintas soluciones a cada causa raíz.	Generar soluciones en la fuente del problema , no en el efecto
	Con base en una matriz de prioridades elegir la mejor solución	Tomar en cuenta criterios como facilidad, rapidez, tecnología, impacto, perspectiva del cliente, costo etcétera.
	Implementar la solución	¿En qué consiste, cómo, dónde, cuándo, qué se necesita, quiénes?
	Evaluar el impacto de la mejora sobre las variables críticas de calidad	Comparar el antes con el después. Estudio de capacidad
	Estandarizar el proceso	Cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso en sí, tratando de no depender de controles manuales y de supervisión frecuente del desempeño
Controlar para mantener la mejora	Documentar el plan de control	Mejorar o desarrollar nuevos documentos que faciliten el apearse a los procedimientos estándar de operación del proceso
	Monitorear el proceso	Mejorar el monitoreo del proceso, para que mediante éste se tenga la evidencia de que el nivel de mejoras se mantiene.
	Cerrar y difundir el proyecto	El proyecto como evidencia de logros, de aprendizaje y como herramienta de difusión de seis sigma.

Fuente: elaboración propia, basado en el libro de Calidad Total y Productividad. Humberto Gutiérrez Pulido.

3.4 Fases para el establecimiento seis sigma

Para poder establecer un programa de mejora del proceso, basado en la metodología seis sigma, es necesario desarrollar cuatro fases y las características de calidad que deben de contener medidas de calidad, las cuales se describen a continuación:

1. Concientización
2. Preparación
3. Aplicación
4. Responsabilidades y entrenamiento

Las medidas de calidad deben de contener las siguientes características

1. Los procesos de producción pueden usar el error de tolerancia
2. Detectar los defectos por unidad (DPU)
3. Determinar las variables críticas de calidad (VCC)

3.4.1 Fase 1- Concientización

Para la implementación de la metodología seis sigma es necesario concientizar al personal de la panadería en cuatro fases fundamentales, cada una de las cuales están compuestas a su vez por varias etapas. Estas etapas en su orden son: disposición de cambio, despliegue de objetivos, desarrollo del proyecto y evaluación de beneficios.

3.4.1.1 Disposición de cambio

En primer lugar es necesario que los directivos de la organización se comprometan con el cambio. Este compromiso se logra si se exhibe el desarrollo del proceso productivo. En segundo lugar debe exponerse en forma clara lo que sucede con la organización, detallando su evolución con respecto a su competencia. En tercer lugar es demostrar las características y condiciones del

método seis sigma, mostrando además las discrepancias de este, en relación a otros sistemas de gestión de la calidad y de mejoramiento continuo.

Como cuarto paso se planifica estratégicamente cuáles son los valores, misión y visión de la organización, puntualizando en los objetivos a alcanzar, sin perder de vista los objetivos de más largo plazo. Se debe lograr posteriormente una visión compartida, con la cual se alcance un compromiso en equipo que permita obtener óptimos resultados en la implantación de la metodología seis sigma.

En quinto lugar se seleccionan los líderes en función de sus conocimientos y se procede a capacitar los diversos niveles de cinturones, así como también todos los miembros que constituyen un equipo de mejoramiento. Esta capacitación incluirá aspectos vinculados con el funcionamiento de la metodología seis sigma, control estadístico de Procesos, diseño de experimentos, herramientas de gestión de la calidad.

3.4.1.2 Despliegue de objetivos

Se establecen los sistemas de información, capacitación y control adecuados al sistema de mejora que incluye en los sistemas de información indicadores que permitan obtener qué nivel de seis sigma posee el proceso. A su vez se integran los primeros grupos de trabajo enlazados con los proyectos seleccionados.

3.4.1.3 Desarrollo del proyecto

Básicamente el primer paso para el desarrollo de un proyecto seis sigma es la definición de las características de calidad o los requerimientos de los clientes externos e internos, y establecer la manera en que se medirán estos requerimientos en función de las especificaciones o necesidades de los clientes.

Los equipos de mejoramiento de seis sigma a continuación proceden a aplicar la metodología DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar).

Informando a los directivos de la organización los avances, de manera detallada, de los diferentes proyectos que los grupos de trabajo desarrollan.

3.4.1.4 Evaluación de beneficios

Una vez implantado cada una de las etapas del seis sigma se evalúa las mejoras producidas con el proyecto desplegado en la organización, lo que implica que cada grupo de trabajo debe calcular los defectos por millón de oportunidades (DPMO), tomando este valor como termómetro o indicador de las diferentes alternativas de solución.

La prioridad principal con la metodología seis sigma es el cliente. Es decir el producto o servicio está sujeto a las necesidades del cliente.

La toma de datos e información es fundamental en la gestión de la calidad, pero no se exige que la organización maneje técnicas estadísticas complejas. La dirección de la organización debe basarse en las mediciones que se realizan en las diferentes actividades del proceso, tomando como herramienta principal las técnicas estadísticas básicas.

3.4.1.5 Metodología seis sigma

Para la correcta aplicación de la metodología seis sigma, es necesario tomar en cuenta seis puntos básicos para el éxito del programa, así como la creación de equipos para el desarrollo de proyectos de mejora como pilar fundamental de la misma. El desarrollo de estos proyectos requiere tanto el análisis y la utilización de herramientas técnicas como la implementación de la creatividad de todos los miembros del grupo. Los objetivos que se persiguen al desarrollar los grupos de trabajo son:

- Visualizar y solucionar problemas, desarrollando mejoras en los procesos de producción.

- Fomentar el liderazgo y motivación dentro de los grupos.
- Establecer un ambiente de trabajo en equipo.
- Permitir el desarrollo profesional y administrativo de los integrantes del grupo.

Elegir a las personas adecuadas para integrarse al equipo, la capacitación, entrenamiento, desarrollo de habilidades y reconocimientos, es sumamente necesario para la correcta aplicación del programa.

3.4.1.5.1 Puntos básicos para el éxito del programa

- Uso de un lenguaje común: Unificar los criterios entorno al estándar de seis sigma.
- Establecimiento de altas metas: Dicho estándar se convierte, impulsado por un liderazgo ejemplar, en una elevada expectativa de desempeño.
- Inmersión total de la gerencia. Requiere del compromiso de todos los mandos de la organización y no sentirse desplazado e innecesario por la acción y resultados de los equipos de trabajo.
- Enfoque en los resultados y en la satisfacción del cliente: Este programa debe ser rentable y dirigido a resultados concretos y bien enfocados de manera que desde el principio se aclaren las expectativas, inversión y el apoyo que este recibirá.
- Estructura organizacional bien definida: Esto servirá para el soporte de los recursos técnicos y humanos para la buena marcha del programa, proporcionando una base firme y bien dirigida.
- Aplicación de métodos estadísticos avanzados: Esto tiene como objetivo que en cada proyecto se pongan en práctica herramientas estadísticas y software especializado de más alto nivel de lo que normalmente se acostumbra.

Cada uno de los seis puntos anteriores engloban una filosofía de acción y lleva consigo arduo trabajo para hacerlo realidad. Sin embargo la sinergia que se logra cuando dichos elementos son puestos a trabajar juntos, es muy grande. Si alguno de estos no es tomado en cuenta, se generarán debilidades en el programa y será más difícil encausarlo hacia el éxito. (Ver anexo 1)

3.4.2 Fase 2- Preparación

3.4.2.1 Definición de la visión del programa

“Ser un programa enfocado en la transformación de las personas y la cultura de la empresa de tal forma que pueda mejorar día con día, y lograr así la reducción de la variación, defectos, errores y fallas para brindar productos acorde con las necesidades de los clientes”.

3.4.2.2 Definición de la misión del programa

“Proporcionar información adecuada para ayudar a la implementación de la máxima calidad del producto o servicio en cualquier actividad, así como crear confianza y comunicación entre todos los participantes”

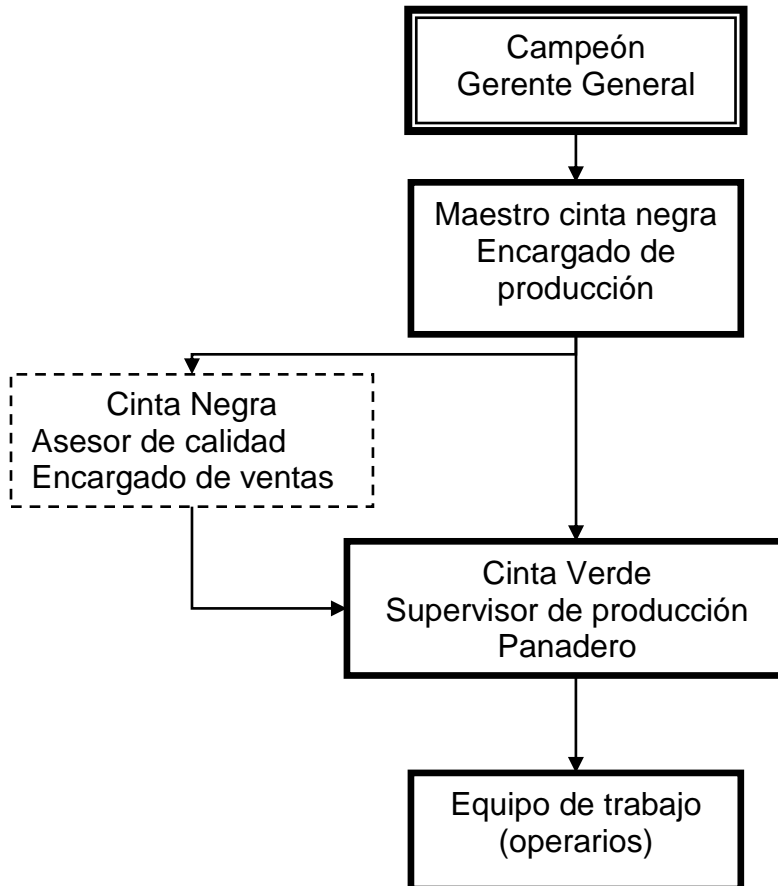
3.4.2.3 Políticas seis sigma

Para integrar los equipos seis sigma, es necesario describir las políticas que dicho modelo requiere, las cuales están dirigidas a través de un consejo, el cual se encargará de la escogencia de las personas idóneas para conformar cada grupo de trabajo.

Se dice que algo falla cuando se deja de brindar el servicio que debía de darse o cuando aparecen efectos indeseables, de acuerdo a las especificaciones de diseño con las que fue construido. Lo anteriormente expuesto se logrará cuando se lleguen a cumplir las siguientes políticas sugeridas en la conformación de los grupos adecuados para poner en marcha la metodología seis sigma.

- Todos los integrantes de la empresa deben estar orientados en la atención y servicio al cliente, como eje primordial del cambio.
- El equipo humano a seleccionar debe ser el más apropiado para cada uno de los proyectos, responsables de los diferentes aspectos del proceso a través de los distintos departamentos por los que el proceso pasa.
- Los procesos y productos críticos se deben identificar y describir, haciendo especial énfasis en los puntos clave que definen el éxito o fracaso de los resultados, identificando los entregables y su importancia.
- Los sistemas de información, retroalimentarán de forma periódica a todos los miembros de la organización sobre avances y resultados de implementación de la metodología seis sigma.

Ilustración 5
Estructura organizacional para la puesta en marcha del seis sigma en la panadería Dely-Bread



Fuente: Elaboración propia, basado en el libro Las Claves de Seis Sigma. Peter S. Pande, Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh.

En la ilustración número 5, se muestra el nivel de autoridad que debe de conformarse para el desarrollo de la metodología seis sigma en la panadería Dely-Bread, en base a las capacidades de cada uno de los elementos. El asesor de calidad o cinta negra, se delimita con una línea punteada, función que estará a cargo del vendedor como asesor y facilitador de toda la información necesaria al cinta verde, de acuerdo al rol que desempeña dentro de la empresa y la comunicación directa que mantiene con los clientes.

3.4.2.4 Programa de capacitación

Existen diversos modelos de programas de capacitación desarrollados y utilizados por grandes empresas para implementar la metodología seis sigma. El programa que a continuación se presenta esta adecuado a la organización de acuerdo con las necesidades enfoques y métodos con los cuales debe de formar su propio criterio y establecer su identidad a través de del desarrollo de un modelo propio.

Para promover un programa de capacitación se describirá el puesto de cada integrante del grupo, las competencias, funciones y responsabilidades.

3.4.2.4.1 Campeón o líder (champion)

Se designará al Gerente General de la empresa, estará íntimamente relacionado con la filosofía y utilizará las herramientas de seis sigma. Seleccionará los proyectos a realizar estableciendo objetivos medibles y alcanzables proporcionando recursos para la ejecución de los proyectos (dirección estratégica).

Objetivo	Formar al gerente general como el campeón del programa seis sigma de la empresa, para asegurar el apoyo y éxito de los proyectos. Deberá tener un completo entendimiento de las disciplinas relacionadas con la metodología seis sigma y su aplicación, a través del estudio de las herramientas y técnicas utilizadas por los equipos de mejora seis sigma.
Competencia	Alto directivo de la organización.
	Estudios completos a nivel universitario.
	Manejo de herramientas estadísticas.
	Líder de la organización.
	Autoridad y personalidad.
	Compromiso.

Funciones	Dirigir la implementación del seis sigma
	Seleccionar proyectos específicos
	Establecer planes y objetivos para los proyectos seis sigma.
	Asignar los recursos necesarios a los proyectos.
Programa de capacitación	Generalidades y principios de seis sigma.
	Beneficios y casos de estudio
	Roles y responsabilidades de un campeón o líder.
	Planeación de mejora de procesos (metas y objetivos), y selección de proyectos.
	Como implementar la filosofía seis sigma.
	Herramientas y métodos de seis sigma.

3.4.2.4.2 Maestros cintas negra (Master black belts)

<p>Debe designarse al encargado de Producción de la empresa, este proveerá el liderazgo técnico a los equipos de trabajo, asesorando al cinta negra (black belt) tanto en herramientas estadísticas como en las metodologías de seis sigma.</p>	
Objetivo	<p>Que el encargado de producción se convierta en el mentor del cinta negra y del programa seis sigma de la empresa, capaz de iniciar, coordinar y revisar el avance del proyecto, dedicado de tiempo completo para asegurar el apoyo y éxito del programa. Deberá tener un completo entendimiento de las disciplinas relacionadas con la metodología seis sigma y su aplicación, a través del estudio de las herramientas y técnicas utilizada por el equipo de mejora seis sigma.</p>

Competencias	Estudios completos a nivel universitario	
	Sólidos conocimientos en estadística.	
	Manejo avanzado en la utilización de herramientas y métodos de seis sigma.	
	Conocimientos en herramientas de mejora.	
	Compromiso	
Funciones	Responsable de la estrategia de los proyectos seis sigma.	
	Manejar los resultados de los proyectos.	
	Desarrollar, capacitar y guiar a los equipos de trabajo	
Programa de capacitación	Introducción a seis sigma.	
	Glosario	
	Estadística básica y avanzada.	
	Herramientas estadísticas para el control de calidad.	
	Enfoques de seis sigma.	
	Roles y responsabilidades del cinta negra (black belt).	
	Metodología DMAIC y herramientas para cada etapa.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir. ✓ Medir. ✓ Analizar. ✓ Mejorar. ✓ Controlar.
	Administración de proyectos.	

Fuente: elaboración propia, en base al libro Las Claves de Seis Sigma. Peter S. Pande, Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh.

3.4.2.4.3 Cinta negra (black belt)

<p>La función de asesor de calidad, será responsabilidad del encargado de ventas, el cual debe de encauzar por tiempo completo a los cintas verdes (green belts), proveyendo orientación técnica. Será el encargado del desarrollo de los proyectos analizando los factores de tiempo, calidad y costos, es decir, administrará técnicamente los proyectos.</p>	
Objetivo	<p>Formar al cinta negra como elemento capaz de aplicar la metodología seis sigma dentro de la empresa, para el desarrollo del proyecto en el área administrativa como operativa. Debe de obtener los conocimientos y habilidades sobre la gestión de proyectos y coordinación de equipos de trabajo y un completo entendimiento de las herramientas aplicadas dentro de la metodología.</p>
Competencias	<p>Capacitación y entrenamiento en seis sigma.</p> <p>Conocimiento avanzado en herramientas y métodos DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar).</p> <p>Manejo avanzado en la utilización de herramientas y métodos de seis sigma.</p> <p>Liderazgo, comunicación y motivación desarrollada</p>
Funciones	<p>Análisis técnico en los proyectos seis sigma.</p> <p>Aplicación de sus conocimientos a nivel individual o como líderes de equipo.</p> <p>Guiar y desarrollar al cinta verde (green belts).</p> <p>Asesorar al equipo de trabajo.</p>
	<p>Introducción a seis sigma.</p> <p>Glosario de términos</p> <p>Estadística básica y avanzada.</p>

Programa de capacitación	Herramientas estadísticas para el control de calidad. Enfoques de seis sigma.	
	Roles y responsabilidades del cinta negra (black belts).	
	Metodología DMAIC y herramientas para cada etapa.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir. ✓ Medir. ✓ Analizar. ✓ Mejorar. ✓ Controlar.
	Selección y ejecución de proyectos.	

Fuente: elaboración propia, en base al libro Las Claves de Seis Sigma. Peter S. Pande, Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh.

3.4.2.4.4 Cintas verdes (green belts)

Se deben de entrenar dos panaderos como cintas verde, los cuales serán los supervisores de cada proceso de producción y serán los líderes de los equipos de trabajo. Junto con sus equipos deben de desarrollar la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), para la ejecución de proyectos. Son los encargados del liderazgo y motivación de sus equipos.	
Objetivo	Formar elementos cintas verde, capaces de liderar, motivar y supervisar cada proceso de producción y a los miembros del equipo de trabajo en la aplicación de cada etapa de la metodología seis sigma.
Competencias	Capacitación en herramientas y metodología básicas de seis sigma.
Funciones	Desarrollar con éxito los proyectos seis sigma. Trabajar en los proyectos a tiempo parciales. Liderar a los equipos de trabajo.

Programa de capacitación	Introducción a seis sigma.	
	Glosario de la terminología básica	
	Base estadística de seis sigma.	
	Herramientas estadísticas para el control de calidad	
	Enfoques de seis sigma.	
	Liderazgo.	
	Metodología DMAIC y herramientas para cada etapa.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir. ✓ Medir. ✓ Analizar. ✓ Mejorar. ✓ Controlar.

Fuente: elaboración propia, en base al libro Las Claves de Seis Sigma. Peter S. Pande, Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh.

3.4.2.4.5 Equipos seis sigma (Team six sigma)

Como miembros del equipo de trabajo estarán: los operarios restantes, excepto el supervisor de producción que estará a cargo de uno de los panaderos	
Objetivo	Formar el equipo de trabajo capaz de encargarse de las operaciones, identificar los problemas y aportar posibles soluciones, ya que son ellos los que tienen relación directa con los procesos operativos dentro de la organización. A través del estudio y aplicación de las herramientas y técnicas utilizadas para la implementación de mejora seis sigma.
Competencias	Desarrollarse en cualquier área funcional de la organización.
	Motivación y trabajo en equipo.
	Conocimiento de cada proceso de los productos
Funciones	Apoyar en los proyectos de seis sigma.
	Trabajar en los proyectos a tiempo parciales

Fuente: elaboración propia, en base al libro Las Claves de Seis Sigma. Peter S. Pande, Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh.

3.4.3 Fase 3- Aplicación de las etapas de seis sigma

La Implementación de la metodología seis sigma en el proceso de producción tiene como objetivo principal la disminución de defectos. El primer paso para iniciar seis sigma es el desarrollo de la estrategia o ciclo de mejora DMAMC por parte de los grupos que se integren para dicho fin.

3.4.3.1 Definir

La definición consiste en la realización de un plan, en este caso sobre la disminución de defectos, especificando como mínimo lo siguiente: (ver anexo 4)

- Proceso o procesos seleccionados para el desarrollo del proyecto.
- Breve descripción del proyecto a desarrollar.
- Objetivos del proyecto.
- Estimación de la reducción de costos.
- Recursos a utilizar.
- El alcance del proyecto.
- Los beneficios que el cliente y la organización recibirá con el desarrollo del proyecto.
- Cronograma para la puesta en marcha del proyecto.

A continuación se presenta la definición del proyecto de la panadería unidad de análisis: en primer lugar se definen la visión, definición, metas y objetivos del problema a resolver; precisando el impacto que tiene el problema sobre el cliente y los beneficios potenciales que la empresa espera del proyecto. (Ver tabla 9)

- La visión del proyecto es: “Establecer los estándares de rendimiento y servicio basado en su importancia relativa, según lo definan los clientes, así como un impacto sobre la estrategia de la empresa.”

- Definición del proyecto: “La falta de controles adecuados en el área de producción que no permiten establecer la cantidad de desperdicios de materia prima y producto terminado, provocando retrasos e ineficiencia en la entrega de los productos y por ende disminución en la imagen de la empresa.”

Metas

- Establecer las variables críticas de calidad que afectan de manera directa el proceso de producción de pan.
- Definir las oportunidades de error o variables del producto en base a los requerimientos de los clientes.
- Determinar la cantidad defectos en que incurre el proceso de producción para establecer el nivel de sigma con que opera actualmente la empresa.

Objetivo

- Obtener información necesaria basada en las mediciones desarrolladas a las variables más importantes del proceso como de los productos, estableciendo el nivel de sigma para mejorar sustancialmente el desempeño de la producción y la imagen de la panadería.

Las variables críticas más importantes que afectan la calidad (VCC) de los productos de la panadería son las siguientes.

- Variaciones en peso y tamaño.

Descripción

Para implementar la metodología seis sigma es sumamente importante conocer la percepción de los clientes de la panadería en cuanto a los requisitos que deben de observarse en cada uno de los productos que se ofrecen.

Se ha notado a lo largo de este tiempo que no se cuenta con un sistema que permita escuchar la voz del cliente, como parte fundamental para el mejoramiento de los procesos de la empresa, a pesar que las quejas han sido frecuentes debido a que no se cumple con los requerimientos o expectativas que se tienen del producto o servicio.

Se procedió a encuestar a los dueños o encargados de las 20 cafeterías que son los clientes directos de la panadería para establecer las variables más importantes por las cuales no comprarían el producto; se les presentaron siete posibles alternativas en consenso con el gerente de la panadería; de las cuales escogieron cinco en base a una calificación de uno a diez. (ver anexo 3)

Las oportunidades de error o variables del producto según los clientes son:

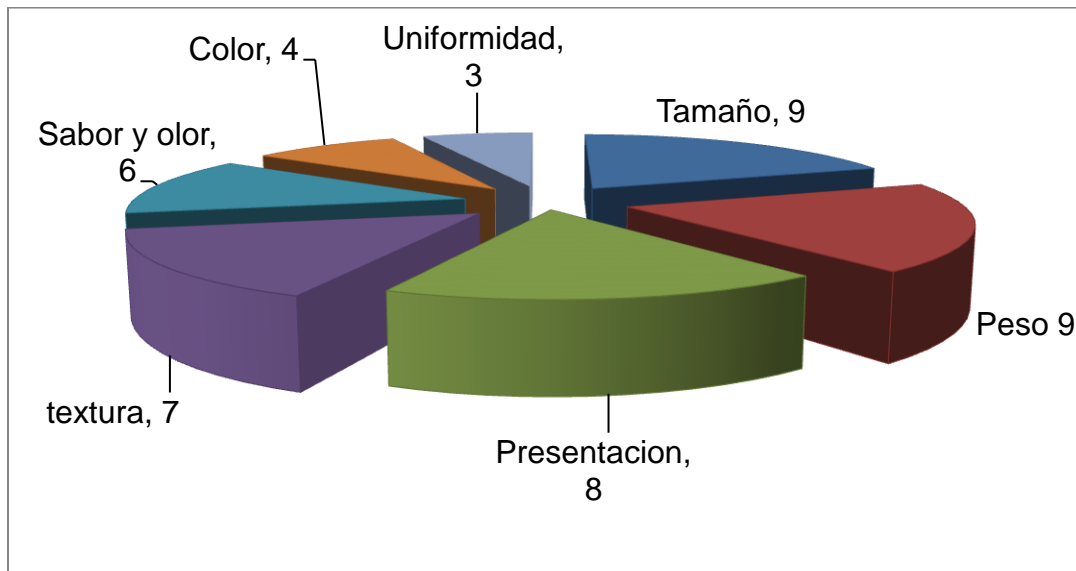
Tabla 8
Requisitos de calidad para cada uno de los productos

Variable del producto	¿Por qué es importante para el cliente?	Prioridad en el proyecto, calificación de 1-10
Peso	El peso debe ser el mismo en relación a sus necesidades y prioridades	9
Tamaño	El tamaño debe de ser el mismo en relación a sus necesidades	9
Textura	Por qué muestra si el producto es recién hecho o no	7
Olor y sabor	El cliente relaciona el olor con el sabor, para saber si es reciente o no	6
Presentación	El cliente se toma una idea rápida del sabor con lo que ve	8

Fuente: elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011

Grafica 4

Requisitos de calidad para cada uno de los productos de la panadería



Fuente: elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011

En la gráfica anterior se muestran las siete características o requisitos de calidad para cada uno de los productos, siendo para los clientes, las de menor importancia color y uniformidad ya que no sobrepasan los cinco puntos de calificación y por tal razón no son tomadas en cuenta dentro del presente estudio. A criterio de los clientes estas dos características, no tienen ninguna relevancia al momento de decisión de compra del producto.

Carta del proyecto

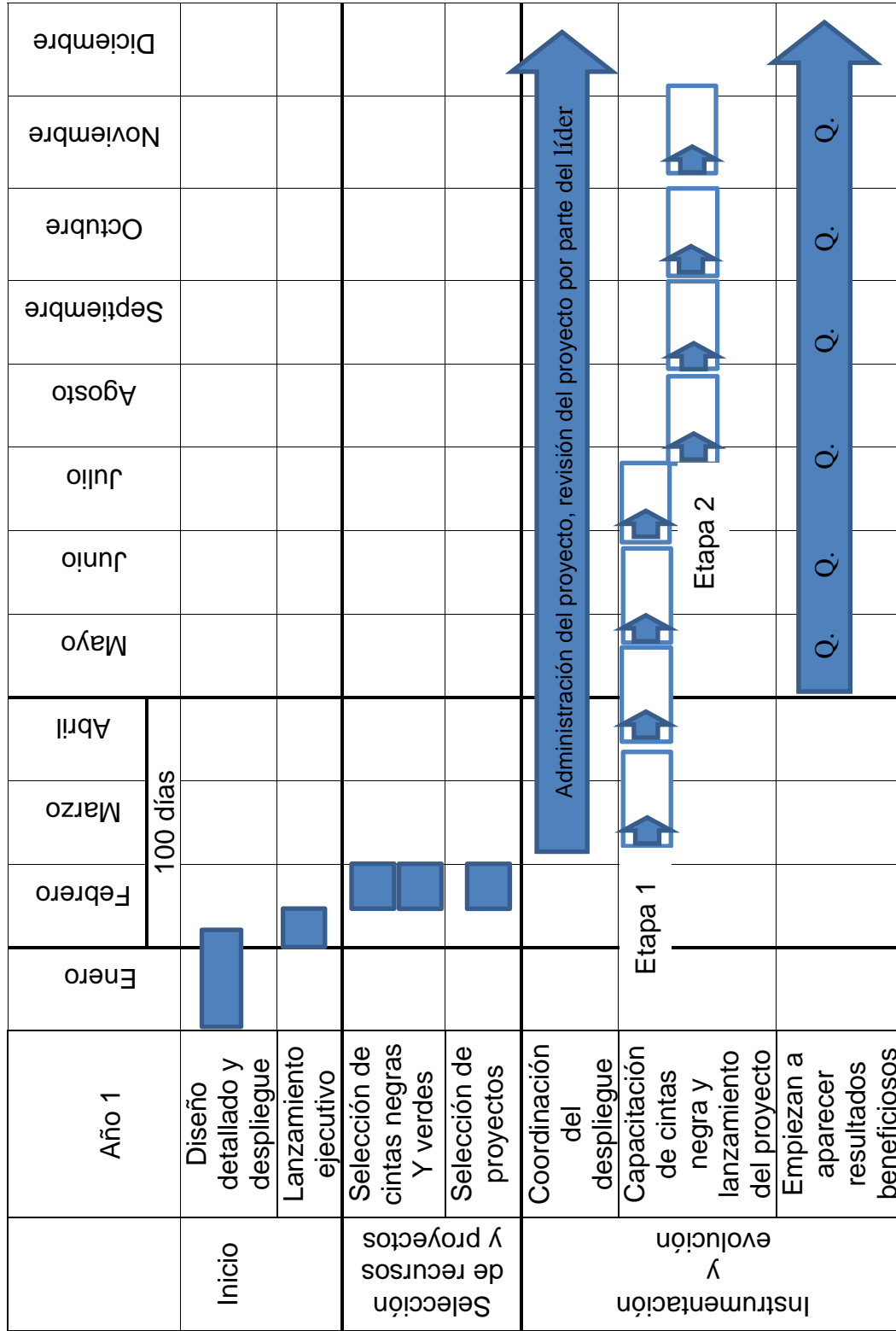
Todos los valores, parámetros, responsabilidades, objetivos, niveles de sigma y defectos por millón de oportunidades, se pueden plasmar en un formato llamado “carta del proyecto”. El cual permite visualizar de manera general la situación de la empresa. A continuación se presenta una carta del proyecto para la reducción de defectos en el proceso de producción de pan baguette y pirujo especial en la panadería Dely-Bread.

Tabla 9
Carta de proyecto de la panadería Dely-Bread

Empresa:		Departamento:			
1. Proceso para mejorar		Proceso de pan pirujo y baguette			
2. Descripción, propósito y metas		Reducir los defectos del proceso de producción, Para disminuir las devoluciones			
3. Objetivo: Mediciones del proyecto:	Parámetros	Mediciones	Valor actual	Meta	Medición
	Defectos de producción	Defectos, oportunidades	120	3.4	DPMO
	Nivel de sigma	DPMO y valores sigma	3.25	6	Sigma
4. Retorno /Valor	Parámetros	Impacto en la mejora			Retorno
	+/-5% sobre y bajo la media de cada producto	Disminución de defectos			Disminución costos
		Aumento de los aciertos			Aumento utilidades
5. Equipo: Nombres y responsabilidades	Puesto	Grupo		Responsabilidad	
	Gerente general	Líder		Definición del proyecto y establecimiento de objetivos	
	Encargado de la producción	Maestro cinta negra		Asesorar y supervisar el desarrollo del proyecto	
	Encargado de la ventas	Cinta negra (asesor)		Aplicar las cinco fases de la metodología	
	Supervisor	Cinta verde		Medir, analizar, mejorar y controlar el proyecto	
	Operarios	Equipo seis sigma		Medir y controlar el proyecto	
6. Alcance del proyecto, que incluye y que no		Desde la recepción de insumos hasta el producto terminado.			
7. Beneficio del cliente. Mejora que el cliente percibirá		Percibir productos con las características de calidad requeridas por ellos, aumentando su satisfacción			
8. Cronograma Fechas de fase y culminación	Fases	Herramientas		Responsable	
	Definir	Cartas del proyecto		Gerente general	
	Medir	Formatos de toma de variables y datos		Supervisor, asistente y operarios	
	Analizar	Diagramas de análisis		Encargado de producción y ventas	
	Mejorar	Plan de mejora		Encargado de producción y supervisores	
	controlar	Plan de control y formatos.		Todos	

Fuente: elaboración propia, basado en el libro Las claves de Seis Sigma, Peter S Pande, Robert P Neuman y Roland R Cavanag.

Ilustración 6. Cronograma de implementación del programa seis sigma



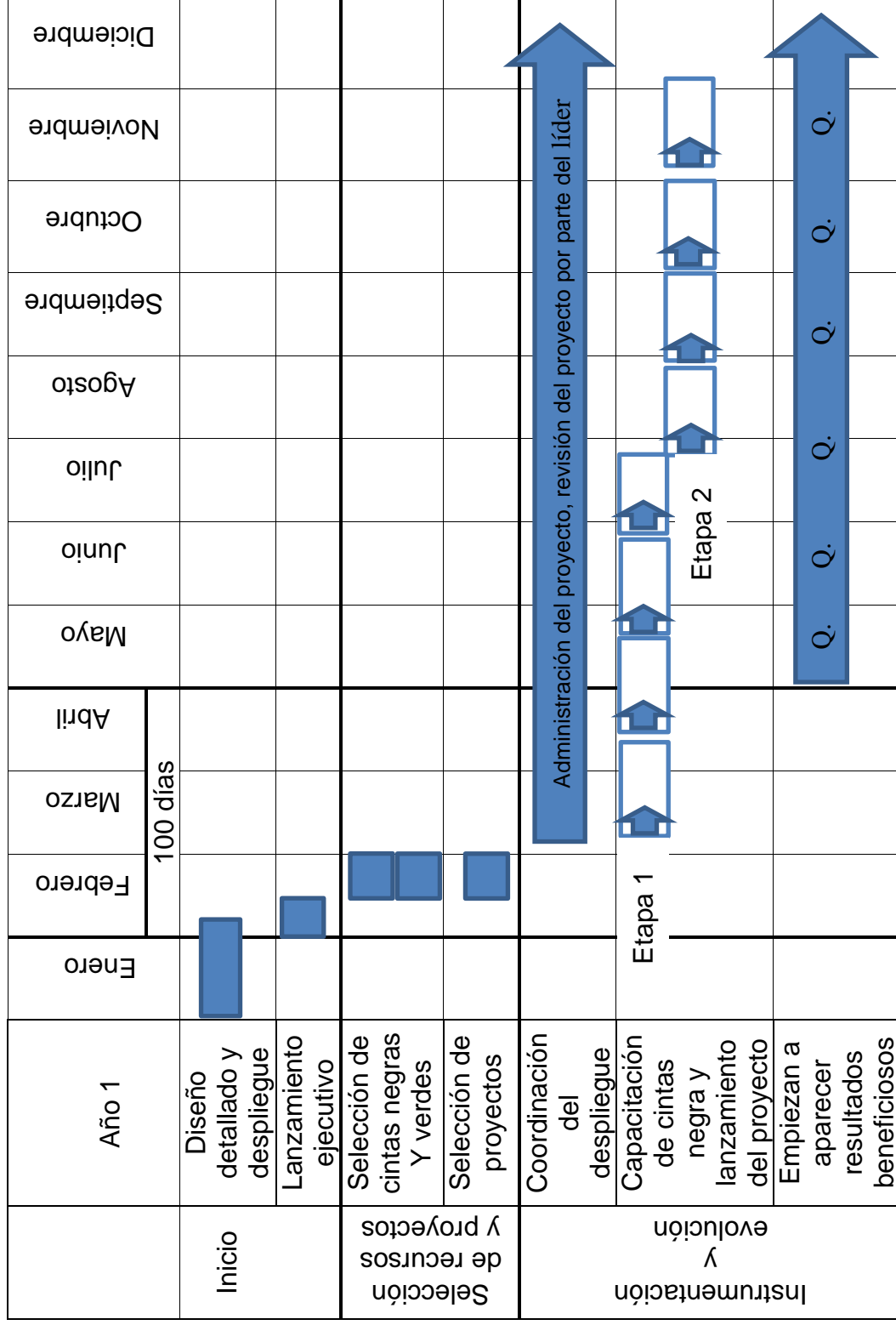
Fuente: elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011.

Tabla 9
Carta de proyecto de la panadería Dely-Bread

Empresa:		Departamento:			
1. Proceso para mejorar		Proceso de pan pirujo y baguette			
2. Descripción, propósito y metas		Reducir los defectos del proceso de producción, Para disminuir las devoluciones			
3. Objetivo: Mediciones del proyecto:	Parámetros	Mediciones	Valor actual	Meta	Medición
	Defectos de producción	Defectos, oportunidades	120	3.4	DPMO
	Nivel de sigma	DPMO y valores sigma	3.25	6	Sigma
4. Retorno /Valor	Parámetros	Impacto en la mejora			Retorno
	+/-5% sobre y bajo la media de cada producto	Disminución de defectos			Disminución costos
		Aumento de los aciertos			Aumento utilidades
5. Equipo: Nombres y responsabilidades	Puesto	Grupo		Responsabilidad	
	Gerente general	Líder		Definición del proyecto y establecimiento de objetivos	
	Encargado de la producción	Maestro cinta negra		Asesorar y supervisar el desarrollo del proyecto	
	Encargado de la ventas	Cinta negra (asesor)		Aplicar las cinco fases de la metodología	
	Supervisor	Cinta verde		Medir, analizar, mejorar y controlar el proyecto	
	Operarios	Equipo seis sigma		Medir y controlar el proyecto	
6. Alcance del proyecto, que incluye y que no		Desde la recepción de insumos hasta el producto terminado.			
7. Beneficio del cliente. Mejora que el cliente percibirá		Percibir productos con las características de calidad requeridas por ellos, aumentando su satisfacción			
8. Cronograma Fechas de fase y culminación	Fases	Herramientas		Responsable	
	Definir	Cartas del proyecto		Gerente general	
	Medir	Formatos de toma de variables y datos		Supervisor, asistente y operarios	
	Analizar	Diagramas de análisis		Encargado de producción y ventas	
	Mejorar	Plan de mejora		Encargado de producción y supervisores	
	controlar	Plan de control y formatos.		Todos	

Fuente: elaboración propia, basado en el libro Las claves de Seis Sigma, Peter S Pande, Robert P Neuman y Roland R Cavanag.

Ilustración 6. Cronograma de implementación del programa seis sigma



Fuente: elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011.

3.4.3.2 Medir

Lo que se busca en esta fase es poder contar con bases medibles y cuantificables de las potencialidades y resultados esperados de los procesos. Se busca establecer el nivel de sigmas alcanzado en los procesos críticos y a nivel organización, esto brindará un panorama más amplio sobre las áreas fuertes y aquellas que necesitan mejorar. (Ver anexo 5)

Las metas numéricas de seis sigma, están enfocadas a reducir la variabilidad del proceso, con un fuerte apoyo de la gerencia, involucramiento de todos los departamentos y un muy claro enfoque hacia el cliente.

La capacidad de producción de una línea o máquina debe de conocerse para determinar el número de unidades producidas en cierta cantidad de tiempo, o simplemente conocer la cantidad de producción realizada. El número total de unidades producidas se utilizará para poder determinar el valor de los defectos por un millón de oportunidades (DPMO).

3.4.3.2.1 Presentación de las mediciones

A continuación se presenta una tabla con la capacidad por línea de producción de los procesos de la panadería Dely-Bread.

Tabla 10
Capacidad de la línea de producción

Proceso	Máquina	Capacidad
Masas saladas	Horno / empaque	600 unidades en dos horas

Fuente: elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011

Seguidamente se procedió a efectuar el cálculo para el tamaño adecuado de la muestra, debiendo realizar una prueba piloto para determinar la proporción de éxito "P", a cincuenta elementos de la producción total diaria de las masas

saladas, dando como resultado 8 defectos, equivalente a una proporción de 0.16, una proporción de fracaso de 0.84 y un error del 5%.

Para una mejor comprensión se presenta la ficha técnica de muestreo.

Tabla 11
Ficha técnica de muestreo

Universo	Líneas de productos de la panadería
Ámbito geográfico	Empresa panificadora Dely-Bread
Población	Finita (600. Unidades diarias por cada línea)
Tamaño de la muestra	154 diarios
Selección de la muestra	Aleatoria
E= Error muestral	5%
β= Nivel de confianza	95%
P= proporción de defectos	0.16
Q= Proporción de aciertos	0.84

Fuente: elaboración propia, basado en datos proporcionados por la panadería Dely-Bread

Cálculo de la muestra mediante la fórmula para la población finita

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{Z^2 P Q + E^2 (N - 1)}$$

$$n = \frac{1.96^2 \cdot 0.16 \cdot 0.84 \cdot (600)}{1.96^2 \cdot 0.16 \cdot (0.84) + 0.05^2 \cdot (600 - 1)} = 153.831032 \approx 154 \text{ Unidades}$$

Para cubrir la totalidad de la población de 600 unidades se hornean 50 bandejas de las cuales se tomaron 3.08 panes de forma aleatoria; procediendo de la siguiente manera: se tomó una unidad de cada extremo de la bandeja y una del centro.

3.4.3.2.2 Nivel de sigma del proceso de producción de pan

La cantidad de unidades defectuosas producidas, es un factor que se debe de conocer para poder determinar el desempeño de los procesos. Este dato lo obtienen los operarios de las líneas de producción, inspeccionando de acuerdo a los criterios de calidad que unidad es considerada como defectuosa, y al final de cada turno contabilizar el total de unidades que no cumplieron con las características de calidad.

El método para calcular el nivel sigma de un proceso es el siguiente:

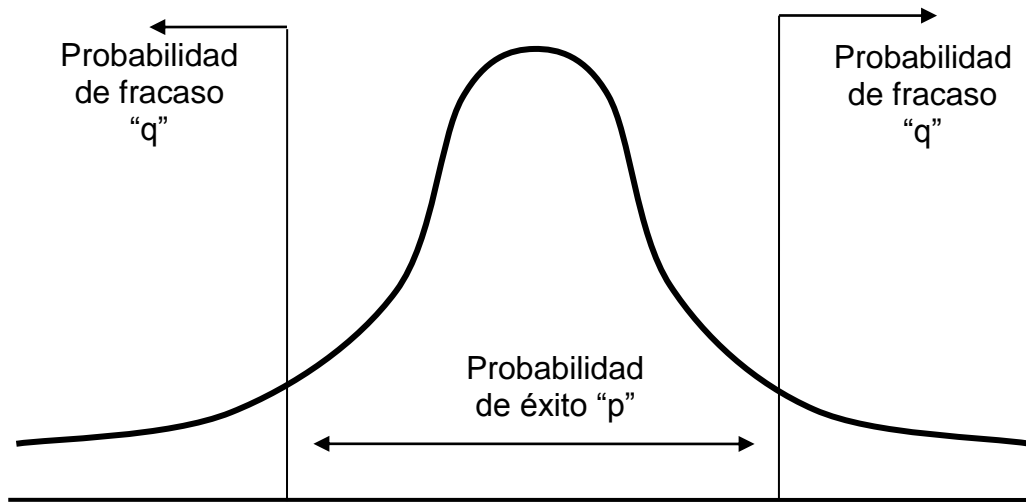
1. Obtener la cantidad de producción realizada, considerando también la producción defectuosa.
2. Establecer la cantidad de producción defectuosa generada.
3. Contabilizar las oportunidades de cometer un defecto, que se pudieron generar durante la producción.
4. Encontrar los defectos por un millón de oportunidades utilizando la siguiente fórmula:

$$DPMO = \frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} * \text{Número de oportunidades (ver tabla 8)}}$$

Esta fórmula se refiere específicamente que la millonésima parte de los defectos por millón de oportunidades (DPMO/1,000,000) representa la probabilidad dentro de la curva normal, de obtener producción que se considera defectuosa (probabilidad de fracaso “q”), la resta de uno menos la probabilidad de obtener producción defectuosa (1 – q), representa la probabilidad de obtener producción sin defectos (probabilidad de éxito “p”). (Ver anexo 6)

A continuación se presenta la figura que demuestra las áreas de probabilidad dentro de la curva normal.

Gráfica 5
Áreas de probabilidad bajo la curva normal



Fuente: elaboración propia, en base al libro "Aterrizando Seis Sigma". Gustavo Gutiérrez Garza.

5. Seguidamente, obtenida la probabilidad de éxito "p", cerciorarse que este dentro de los valores de la curva normal, encontrando el valor de Z, que concuerde con el valor de probabilidad que buscamos. El valor Z representa la cantidad de sigma que se separa de la media dentro de la curva normal, ya que mientras más grande es el nivel de sigmas que obtenemos, mayor será la probabilidad de éxito.

6. El valor de Z que se obtiene se conoce como el nivel de sigma a corto plazo, el cual indica el desempeño del proceso no considerando las variaciones comunes al proceso. Ahora bien si se considera un desplazamiento de meta de 1.5 el valor de sigma, el cual representaría el valor de las variaciones inherentes al proceso y se le suma al valor Z obtenido, entonces se tiene lo que se conoce como nivel de sigma a largo plazo. Como ejemplo tenemos la probabilidad de éxito de 0.99885

Al localizarlo en la tabla de áreas bajo la curva normal, arrojará un valor de Z de 3.05. Este valor es el nivel de sigma a corto plazo. Para obtener el valor de sigma a largo plazo se le debe de sumar la constante (1.5), que representa las variaciones comunes del proceso, entonces se obtendrá el resultado de 4.5, y es de esta manera que podemos alcanzar el nivel de sigma deseado para el estudio seis sigma.

A continuación se presenta la forma práctica de obtener el nivel de sigma de un proceso, el cual se obtiene apoyándose en una hoja de cálculo Excel donde solo se deben de ingresar el resultado de aplicar la fórmula antes descrita en el inciso 4, este resultado es la proporción defectos o bien la proporción de aciertos que en este caso es 0.999997, que el resultado será exactamente el mismo. Seguidamente se presenta un modelo de la hoja de cálculo Excel, en la cual se ingresan los valores para obtener un nivel seis sigma deseado.

Tabla 12
Hoja de cálculo excel para obtener el nivel de sigma

A	B	C
Indicador	Fórmula	Resultado
DPO= defectos por oportunidad	$\frac{\text{Numero de defectos (3.4)}}{\text{Unidades * oportunidades (1000 * 1000)} (10^6)}$	0.0000034
DPMO=defectos por millón de oportunidades	$\text{DPO} * 1,000,000 = (0.0000034 * 10^6)$	3.4
% de error	$\text{DPO} * 100 = (0.0000034 * 100)$	0.00034%
Nivel de sigma	Distribución normal estándar inversa	-4.4998544
	Nivel de sigma a corto plazo ABS	4.50
	Nivel de sigma a largo plazo ABS+1.5	6.00

Fuente: elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011.

3.4.3.2.3 Nivel de sigma para los procesos de producción

Durante el mes de diciembre de 2011, se observó la producción de 600 unidades, obteniendo la siguiente tabla, la cual contiene en resumen las cantidades de defectos promedio del proceso de producción, como base fundamental para la aplicación de la metodología seis sigma. (Ver anexo 9)

Tabla 13
Defectos y oportunidades para el proceso de masas saladas

Proceso Masas saladas	Unidades diarias	Oportunidades de error por unidad	Total	Errores	Proporción
Peso	600	5	3000	102	0.034
Tamaño	600	5	3000	120	0.040

Fuente: elaboración propia, en base a la investigación de campo.

Tabla 14
Resumen del nivel de sigma por proceso

Proceso Masas saladas	Producción Anual	Oportunidades anuales	dpmo	p	Nivel de sigma corto plazo	Nivel de sigma a largo plazo
Peso	180,000	900000	27900	0.034	1.83	3.33
Tamaño	180,000	900000	36,000	0.040	1.75	3.25

Fuente: elaboración propia, en base a la investigación de campo.

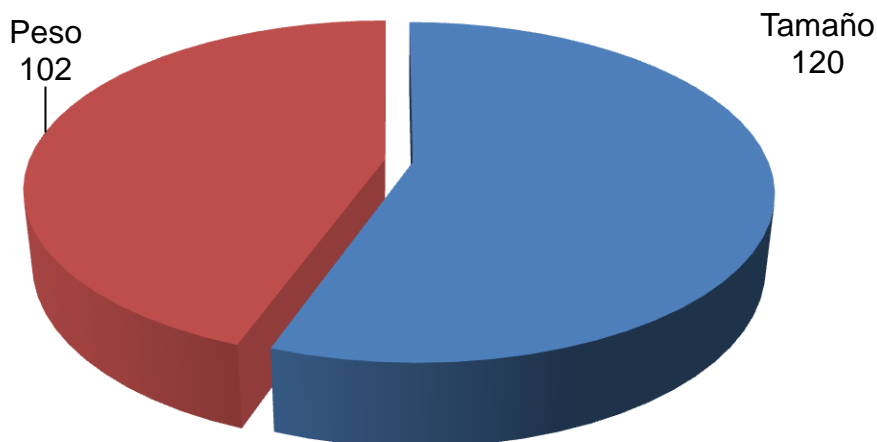
En las tablas número 13 se encuentra las unidades diarias, las oportunidades de error y la proporción de defectos obtenida en la aplicación de la fórmula (ver tabla 12). Seguidamente en la tabla número 14 se muestran los errores en que incurre el proceso de producción, los defectos por millón de oportunidades y el nivel de sigma de corto y largo plazo, calculado por medio de las fórmulas de la metodología seis sigma.

Tabla 15
Defectos de producción de las masas saladas

Masas saladas	
Tamaño	120
Peso	102
Total	$(213 / 2) = 111.5$

Fuente: investigación de campo, diciembre 2011

Gráfica 6
Errores del proceso de producción de las masas saladas en la panadería



Fuente: investigación de campo, diciembre 2011

En la gráfica anterior se muestra que la variable tamaño contiene 120 errores de 600 unidades, equivalente a un 20%; mientras que para la variable peso se incurre en 102 errores, equivalente a un 17%.

3.4.3.3 Analizar

El fin primordial de esta fase es explicar todos los cálculos realizados en la fase anterior. Esta etapa es la más imprescindible del proceso DMAMC, ya que aquí se deben identificar las causas raíz de los problemas. Entender cómo se generan los problemas. (Ver anexo 8)

3.4.3.3.1 Análisis del tamaño de las masas saladas

Se procede al análisis de la variable tamaño, la cual afecta de manera considerable el proceso, pretendiendo dar respuesta a su comportamiento, a través de estudiarla a profundidad con el objetivo de mejorarla por medio de la metodología seis sigma.

Para extraer el nivel de sigma para la variable tamaño de las masas saladas, utilizando la capacidad real de producción la cual es de 180,000 unidades por año, y se multiplica por cinco oportunidades de error (ver tabla 8), para obtener 900,000 oportunidades de error anuales. (Ver anexo14)

Tabla 16
Nivel de sigma real del tamaño de las masas saladas

A	B	C
Indicador	Fórmula	Resultado
DPO= defectos por oportunidad	$\frac{\text{Número de defectos}}{\text{Unidades} * \text{oportunidades}} = \frac{(120)}{(600 * 5)} = \frac{(120)}{(3000)}$	0.040
DPMO=defectos por millón de oportunidades	$\text{DPO} * 900,000 = (0.040 * 900,000)$	36,000
% de error	$\text{DPO} * 100 = (0.04 * 100)$	4.0%
Nivel de sigma	Distribución normal estándar inversa	-1.750686
	Nivel de sigma a corto plazo ABS	1.750686
	Nivel de sigma a largo plazo ABS+1.5	3.25

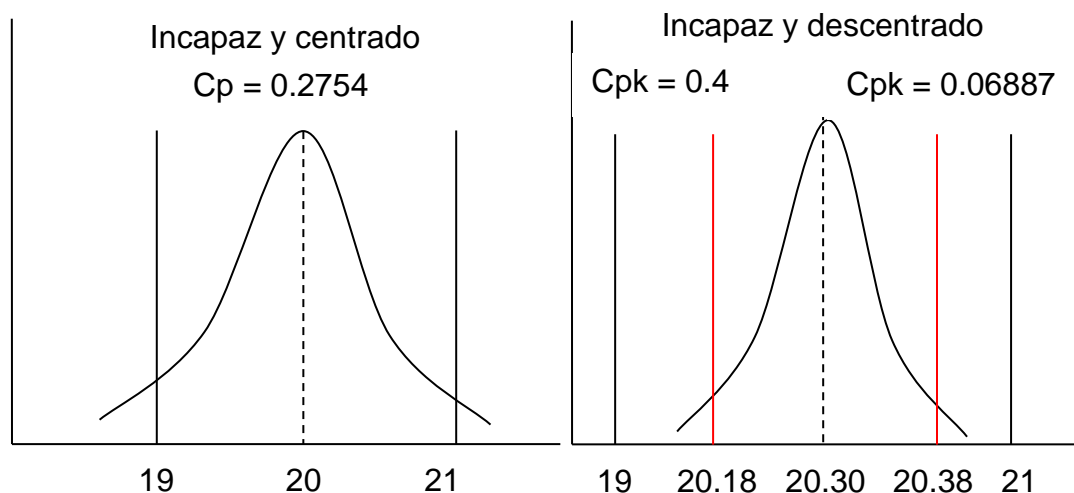
Fuente: investigación de campo, diciembre 2011.

En la tabla número 16, se observa que con una proporción de 0.040, el nivel de sigma para el tamaño de las masas saladas es de 3.25 en el largo plazo, esto proyecta 36,500 unidades defectuosas por año.

Nota: dentro de la fórmula de los defectos por oportunidad, el número 5 resaltado con negrilla equivale a las características o requisitos de calidad mencionados en la tabla número 8.

Ilustración 7

Capacidad del proceso en base al tamaño de las masas saladas



Fuente: elaboración propia, en base a la capacidad del proceso, diciembre 2011

La Ilustración anterior nos muestra que el proceso de producción es incapaz de cumplir con las especificaciones.

Primero las especificaciones de la panadería están dadas por los límites o tolerancias de 19 hasta 21 centímetros con una media aritmética 20 centímetros.

Segundo; al realizar las mediciones observamos que la media real del proceso es de 20.30 centímetros, esta se encuentra sesgada hacia la derecha, esto nos

dice que está más cerca del límite de especificación superior, para corroborarlo es necesario aplicar dos sencillas fórmulas, estas son: la del índice de capacidad (Cp) y la del índice de capacidad real (Cpk).

A continuación se presentan los cálculos realizados para cada uno de los índices y comparar cuál de los dos es más eficiente.

Ilustración 8. Índices de capacidad

Índice de capacidad

$$Cp = \frac{Ls - Li}{6(\sigma)}$$

Ls = límite superior
Li = límite inferior
(σ) = desviación estándar

Datos del proceso según especificaciones

Ls = 21
Li = 19
X̄ = 20.30
σ = 0.85

$$Cp = \frac{21 - 19}{6(0.85)}$$

$$Cp = \frac{2}{5.10}$$

$$Cp = 0.39215$$

Índice de capacidad real

$$Cpk = \frac{Ls - \bar{X}}{3(\sigma)} \quad Cpk = \frac{\bar{X} - Li}{3(\sigma)}$$

Ls = límite superior
Li = límite inferior
σ = desviación estándar
X̄ = media aritmética de las mediciones reales

Datos reales del proceso

Ls = 21
Li = 19
X̄ = 20.30
σ = 0.85

$$Cpk = \frac{21 - 20.30}{3(0.85)} = 0.27451$$

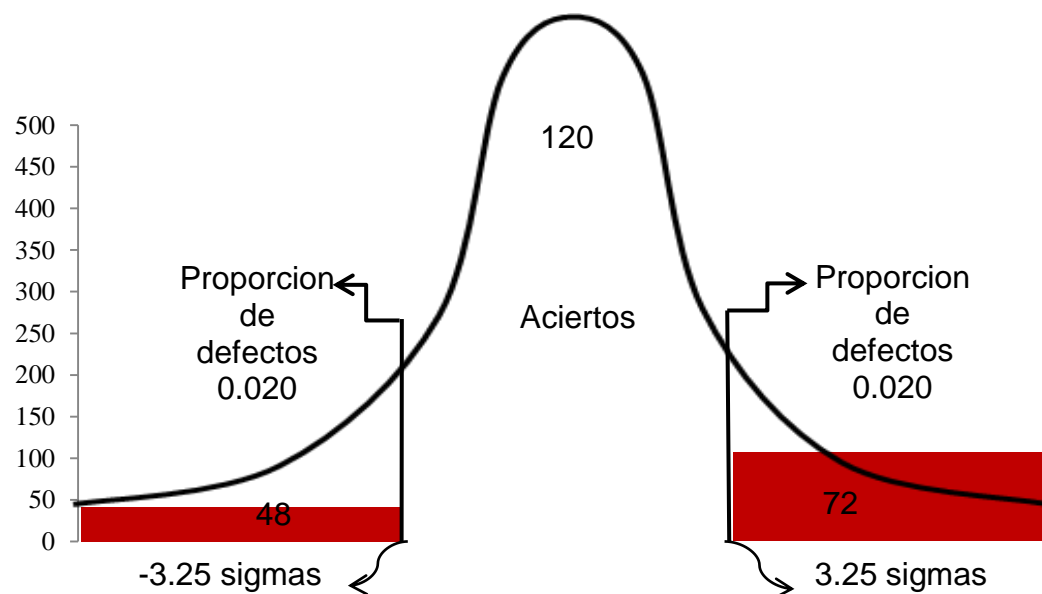
$$Cpk = \frac{20.30 - 19}{3(0.85)} = 0.50980$$

$$Cpk = \frac{0.27451 + 0.50980}{3(0.85)} = 0.3076$$

Podemos decir que el proceso está descentrado debido a que el índice de capacidad (Cp), es mayor al índice de capacidad real (Cpk), lo cual se puede ver al comparar la media de 20, con la de 20.30, se observa que la media real del

proceso es mayor que la considerada por la empresa. Esto quiere decir que por el lado del límite superior de 21 centímetros, se van a encontrar o a salir la mayor cantidad de defectos. Para mayor claridad de los cálculos realizados se presenta la gráfica siguiente:

Grafica 7
Representación de los índices de capacidad dentro de la curva normal en base a los defectos de las masas saladas



Fuente: elaboración propia, en base a la capacidad del proceso, diciembre 2011

En la gráfica anterior se puede observar que efectivamente la mayor cantidad de errores en que incurre el proceso, tiende a salirse por el lado del límite superior, debido a lo descentrado del proceso, para el caso de los defectos en el tamaño de las masas saladas, 72 unidades defectuosas están por arriba del límite superior y 48 por debajo del límite inferior.

3.4.3.3.2 Análisis de los costos de la panadería

En base a los datos anteriores se deduce que la panadería está siendo afectada en sus costos, debido a la incapacidad del proceso de producción.

A continuación se presenta la tabla que contiene los parámetros dentro de los cuales se rige la metodología seis sigma para medir la situación actual de la empresa.

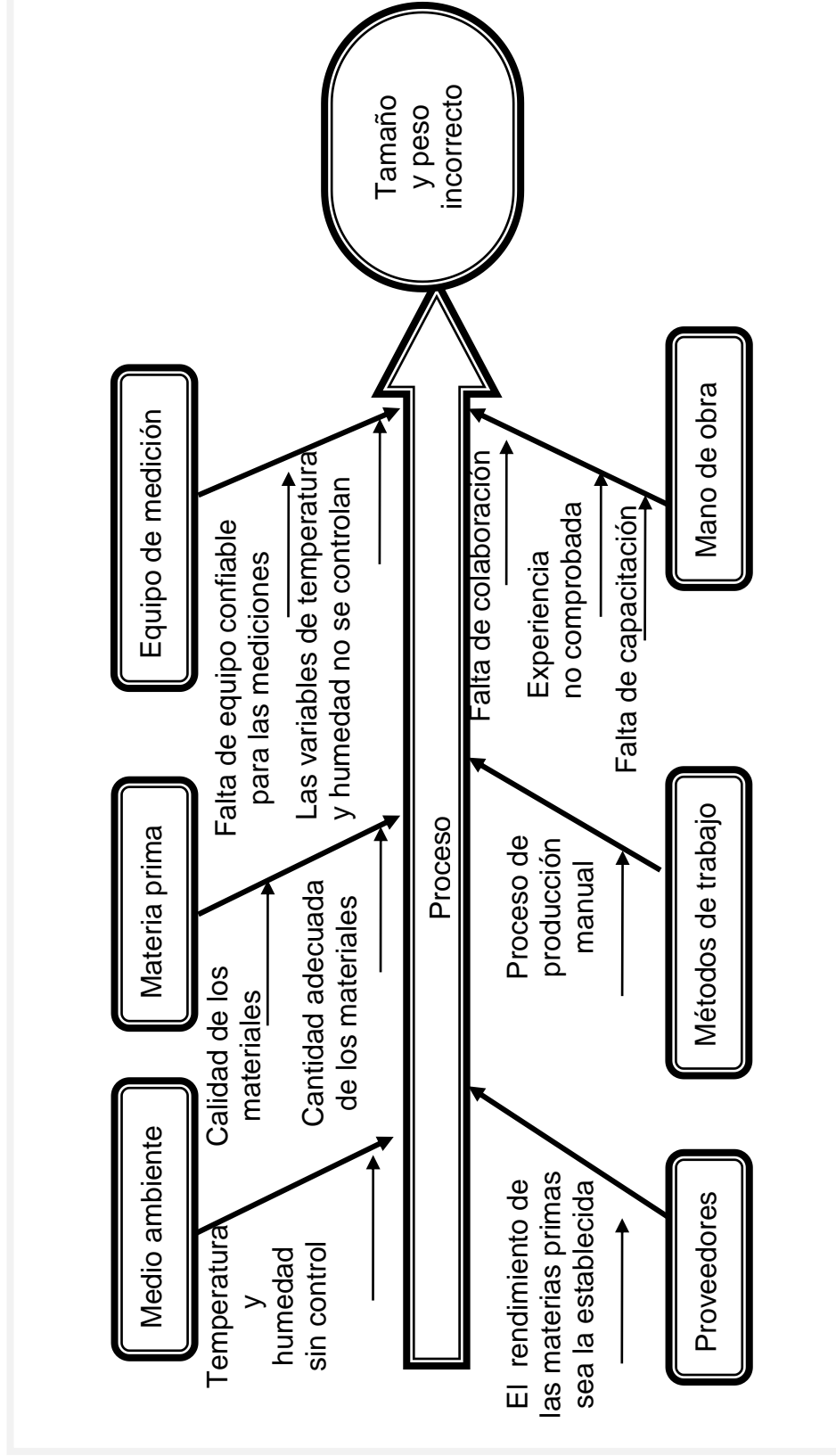
Tabla 17
Posición actual de la panadería de acuerdo a su nivel de sigma

Sigma	Defectos por millón	Costo de la no calidad (% de ventas)	competitividad	Situación actual de la empresa		
				sigmas	Dpmo	Costo de no calidad
2	308,537	30 al 40 %	No competitivo			
3	66,807	20 al 30 %		3.31	36,000	20%
4	6,210	15 al 20%	Promedio Industrial			
5	233	10 al 15 %				
6	3.4	< 10 %	Clase mundial			

Fuente: elaboración propia, investigación de campo, diciembre 2011

Al analizar el tamaño de las masas saladas se observa que los costos de no calidad en que incurre el proceso de producción, debido a la cantidad de errores que se cometen es de un 20%; ubicando a la empresa en un nivel competitivo en el largo plazo.

Ilustración 9
Diagrama de causa y efecto proceso de masas saladas



Fuente: elaboración propia, en base a investigación de campo, diciembre 2011

3.4.3.4 Mejorar

Si bien la empresa tiene diversas oportunidades de mejorar, de acuerdo al cruce de información que se estableció de manera general en diagrama de causa y efecto en la etapa de análisis, es necesario atender las posibles soluciones en las cuales la empresa puede centrarse para iniciar la mejora. (Ver anexo 9)

Tabla 18
Posibles soluciones de causas raíz de los problemas

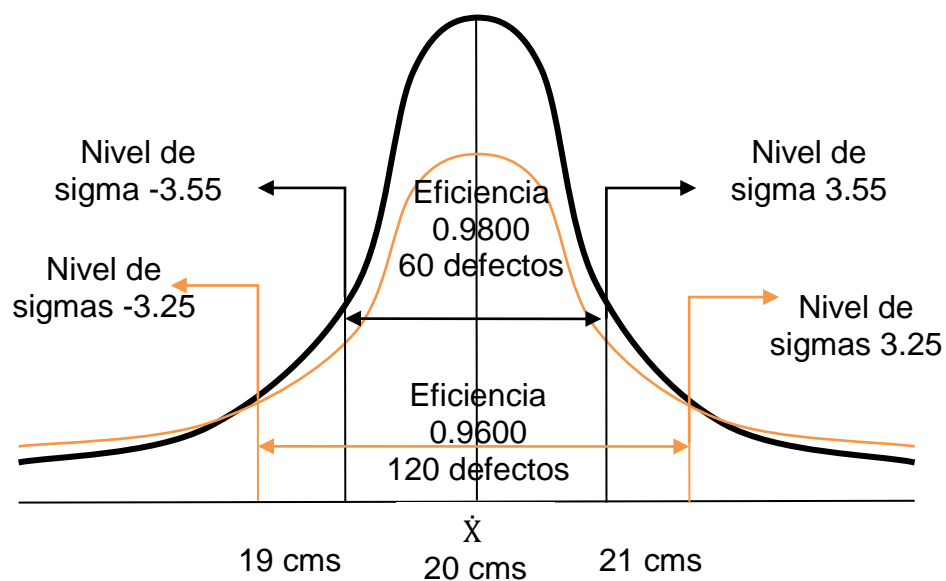
Causa	Posible solución
Temperatura y humedad sin control	Condiciones adecuadas que requiere el proceso.
Calidad de las materias primas	Medir su rendimiento en distintas condiciones.
Cantidad adecuada de los materiales	Supervisar la cantidad correcta de cada ingrediente para obtener los resultados deseados.
Falta de equipo para realizar las mediciones	Obtener datos confiables para las mediciones de las materias primas.
Falta de colaboración	Motivar a los panaderos de manera que pueda comprometerse con su trabajo, facilitándole las herramientas necesarias para el desempeño de sus labores.
Deficientes competencias de los empleados	Que los panaderos cuenten con el nivel de conocimiento, habilidades y actitudes necesarias para desempeñar el puesto.
Falta de capacitación	Es necesario trazar planes de capacitación que permitan un mejor desempeño de sus tareas.
Proceso de empaque artesanal	Elaborar un sistema de empaque que permita cumplir con los estándares requeridos.

Fuente: elaboración propia, en base a investigación de campo, diciembre 2011

De las posibles soluciones expuestas se deben de someter a un análisis exhaustivo para determinar cuáles son las más factibles de poner en práctica en el corto plazo, que permitan el desarrollo de la metodología seis sigma.

Asumiendo que en la empresa se apliquen las posibles soluciones, se puede esperar que los defectos se reduzcan en un 50%. En la siguiente figura se muestra el movimiento de la curva normal, si se dieran los ajustes necesarios.

Ilustración 10
Movimiento de la curva normal al reducir en 50% la variabilidad



Fuente: elaboración propia, en base a investigación de campo, diciembre 2011

En la ilustración número 11, se observa que al reducir al 50% la variabilidad del proceso, los defectos para el tamaño de las masas saladas se pueden reducir de 120 a 60 unidades, provocando que el nivel de sigma aumente de manera considerable de 3.25 a 3.55; en el primer año de aplicado el programa de seis sigma.

3.4.3.5 Controlar

Después de Implementar las etapas anteriores las mejoras deben de ser evidentes. La etapa del control debe de permitir y mantener un monitoreo constante del proceso de producción, para verificar que los resultados se ajusten a lo planificado.

Seguidamente se presenta los formatos más utilizados en la etapa del control con sus pasos para facilitar su comprensión. (Ver anexo 10)

3.4.3.5.1 Formatos de las Herramientas de la etapa de control

Herramienta: listas de verificación		Pág. 1 de 2																																				
Etapas en que se usa	Propósito / Resultados esperados	Quién lo aplica																																				
Controlar	Asegurar que los parámetros y condiciones de un proceso se mantengan estandarizadas	Equipo opcional																																				
Pasos a seguir	Comentarios / Ejemplos																																					
<p>1. Una vez que los parámetros o condiciones están definidos, puede ser aplicable construir una lista de verificación. Iniciando con la definición del proceso en el cual nos enfocaremos.</p> <p>2. Enlistar los parámetros o condiciones que deseamos mantener, y en qué niveles y rangos debemos andar. Tener claras las unidades de medición a utilizar.</p> <p>3. Se define la frecuencia en la que se hará la verificación, así como las</p>	<p>Proceso: producción de masas saladas Se realizará la verificación una vez por turno, en cada estación de trabajo.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>Rango</th> <th>Turno</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño</td> <td>19 a 21 cms.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cantidad de ingredientes</td> <td>Pesar cada ingrediente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de amasado</td> <td>Tiempo preciso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de reposado</td> <td>Tiempo preciso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corte exacto</td> <td>uniforme</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Calentamiento de horno</td> <td>Tiempo preciso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de horneado</td> <td>Tiempo preciso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de enfriamiento</td> <td>Tiempo preciso</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Acciones correctivas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Acción</th> <th>Garante</th> <th>fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Verificado por: _____</p> <p>Responsable de área: _____</p>		Variable	Rango	Turno	Tamaño	19 a 21 cms.		Cantidad de ingredientes	Pesar cada ingrediente		Tiempo de amasado	Tiempo preciso		Tiempo de reposado	Tiempo preciso		Corte exacto	uniforme		Calentamiento de horno	Tiempo preciso		Tiempo de horneado	Tiempo preciso		Tiempo de enfriamiento	Tiempo preciso		Acción	Garante	fecha						
	Variable	Rango	Turno																																			
	Tamaño	19 a 21 cms.																																				
	Cantidad de ingredientes	Pesar cada ingrediente																																				
	Tiempo de amasado	Tiempo preciso																																				
	Tiempo de reposado	Tiempo preciso																																				
	Corte exacto	uniforme																																				
	Calentamiento de horno	Tiempo preciso																																				
	Tiempo de horneado	Tiempo preciso																																				
	Tiempo de enfriamiento	Tiempo preciso																																				
Acción	Garante	fecha																																				

estaciones de trabajo o equipos que se revisarán.

4. Diseñar un formato en que se anoten los puntos 2 y 3. Esto puede ser colocándolos en los encabezados de las columnas y renglones de nuestro formato; aplicar la creatividad.

5. Ejecutar la evaluación con la frecuencia establecida. Reportar de inmediato cualquier anomalía.

6. Analizar si existe algún patrón de comportamiento, o se repite mucho algún tipo de problema, analizarlo más a fondo involucrando a los responsables.

Hoja de verificación		
Producto:	Empresa:	
	Fecha:	
	Inspector:	
Defectos por	Frecuencia	Subtotal
Tamaño		120
Peso		102
	Total	222

Qué hacer	1. Que participen todos los involucrados en el proceso. 2. Evitar ser demasiado genérico; ser específico en las características críticas del proceso. 3. Que el muestreo sea representativo. 4. Mantener actualizada la lista al haber cambios en el proceso.
Qué no hacer	1. Si hay varios turnos, hacerlo sólo en el primer turno o en ciertas condiciones. 2. Archivar los resultados y no comunicarlos o utilizarlos adecuadamente. 3. Que se convierta en rutina. 4. Utilizar equipo de medición descalibrado o no confiable.

Fuente: elaboración propia, tomando como base el libro Aterrizando Seis Sigma, Gustavo Gutiérrez Garza. Página 147

	Herramienta: Gráfica de control	Página 1 de 6
Etapa en que se usa	Propósito / Resultados esperados	Responsable
Controlar	Asegurar un buen monitoreo al proceso de manera que este bajo control	Personal operativo
Pasos a seguir Comentarios / Ejemplo		
<p>5. Una vez el proceso demostró ser estable como predecible, puede ser aplicable construir una gráfica de control para mantenerlo adecuadamente. Para construir las gráficas primero identificar las características a ser controladas.</p> <p>6. Determinar el tipo de gráfica a utilizar, dependiendo si los datos son por atributos o variables.</p> <p>Para efectos de estudio de tomará como ejemplo el tamaño de las masas saladas, el cual debe de estar en un valor de 20 centímetros, con márgenes de tolerancia entre 19 y 21 centímetros.</p> <p>El tipo de dato que se está estudiando es variable, puede ser medido en una escala continua, por lo tanto viendo las características de los datos se decide utilizar una gráfica de control de promedios y rangos, para conocer la cantidad de defectos así como su variabilidad.</p> <p>7. Definir dónde, cuándo y cuánto datos tomar, es decir un plan de muestreo. Basándonos en las herramientas de muestreo o diseñar un plan balanceando lo crítico de la variable con el costo y tiempo de tomar los datos y graficarlos.</p> <p>Dónde: proceso de producción Cuándo: cada dos horas Cuántos: se tomaron 5 lecturas para hacer subgrupos de 5, a manera de ejemplo, se presenta un extracto de los datos reales.</p>		

8. Identificar y titular la gráfica e iniciar la toma de datos.

Gráfica de control de promedios y rangos

Fecha: Diciembre de 2011. Tamaño unidades: centímetros.

9. Obtener los datos del primer subgrupo. Sacar el valor central y, dependiendo del tipo de gráfica, la variabilidad. En el caso de las gráficas de promedios y rangos: para el promedio, se suman los datos y se dividen entre la cantidad de los mismos. Para el rango, se resta el valor mayor menos el menor de los datos.

Muestra	Datos
1	20.60
2	19.50
3	18.90
4	21.30
5	19.90
Suma	100.20
Promedio	20.40
Rango	2.40

10. Repetir el paso 5 para los siguientes subgrupos, calculando los respectivos valores. Cuando se llegue a 20 subgrupos se está en posición de calcular los límites de control del proceso.

Muestra	1	2	3	4	5
1	20.60	19.30	20.40	20.00	21.00
2	19.50	20.20	21.00	20.50	19.70
3	18.90	21.30	20.20	19.00	20.40
4	21.30	20.70	18.70	21.10	19.25
5	19.90	21.00	21.50	18.80	20.30
Suma	100.20	102.50	101.80	99.40	100.65
Promedio	20.40	20.50	20.40	19.90	20.10
Rango	2.40	2.00	2.80	2.30	1.80

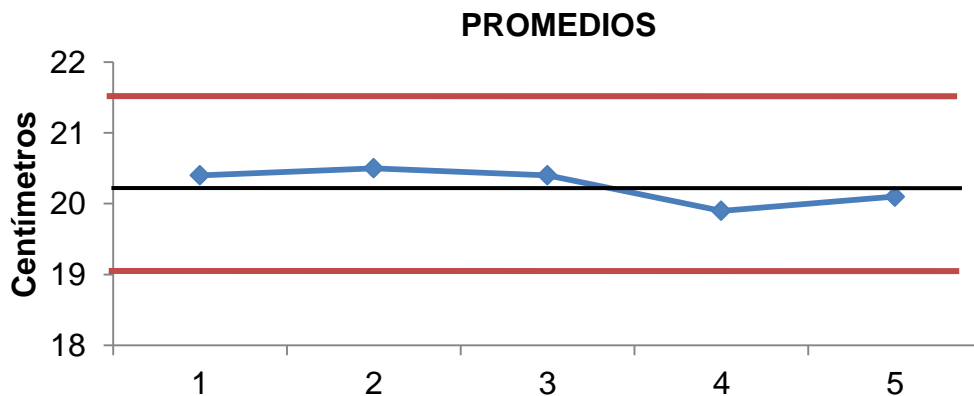
11. Calcular los límites de control en base a las fórmulas de acuerdo al tipo de gráfica y utilizando los valores de las constantes que ya están definidas por el tamaño o cantidad de datos del subgrupo.

En el caso de la gráfica de promedios, la línea central de la gráfica se dibujará a la altura del gran promedio, y los límites de control superior e inferior sumándole y restándole a éste un factor (la constante A2 por el gran rango)

En el caso de la gráfica de rangos, la línea central de la gráfica se dibujará a la altura del gran rango, y los límites de control son obtenidos de multiplicar dicho rango por constantes (D3 y D4).(Ver anexo 11)

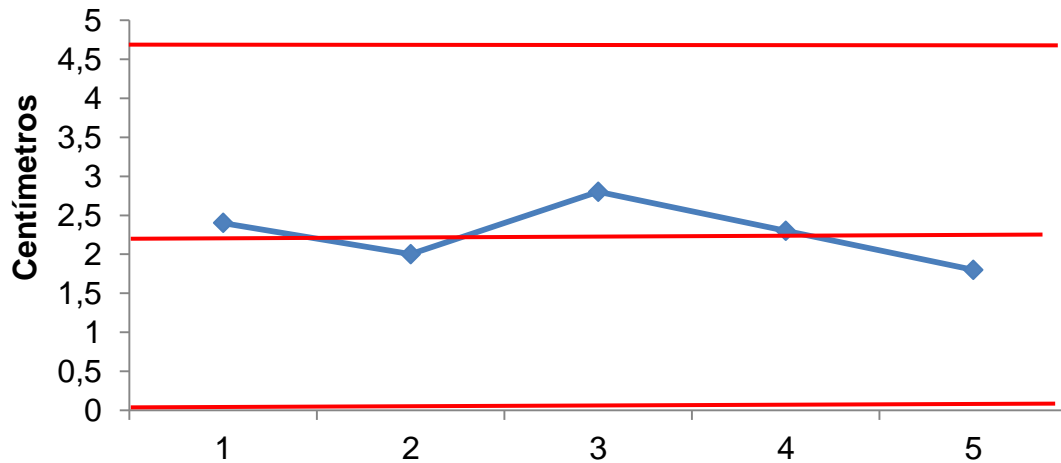
Concepto	Cálculo	Resultado
Gran promedio	$(20.4+20.5+20.4+19.9+20.1)/5 =$	20.30
Gran rango	$(2.4+2+2.8+2.3+1.8)/5 =$	2.30
Límite sup X	$20.3+(0.577*2.3) =$	21.60
Límite inf X	$20.3-(0.577*2.3) =$	19.00
Límite sup. R	$2.114*2.3 =$	4.90
Límite inf. R	$0*2.3 =$	0.00

12. En base a los datos, establecer una escala adecuada para que las gráficas sean visibles y graficar los puntos. En este caso los puntos serán los promedios y rangos de los subgrupos.



Rangos

Pág. 4 de 6



Fuente: elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011

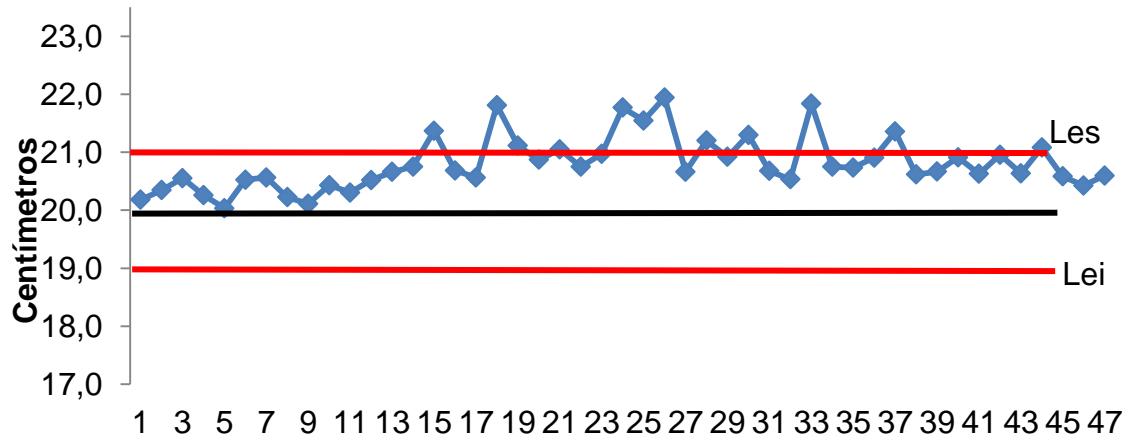
13. Interpretar las gráficas. Para el ejemplo, las condiciones anteriores denotan un proceso bajo control estadístico.

- La mayoría de los puntos observados están dentro de los límites de control.
- Hay dos puntos que están por arriba de la línea central (gran promedio o gran rango).
- Un punto al centro de del gran promedio o gran rango.
- Dos puntos que están por debajo de la línea central

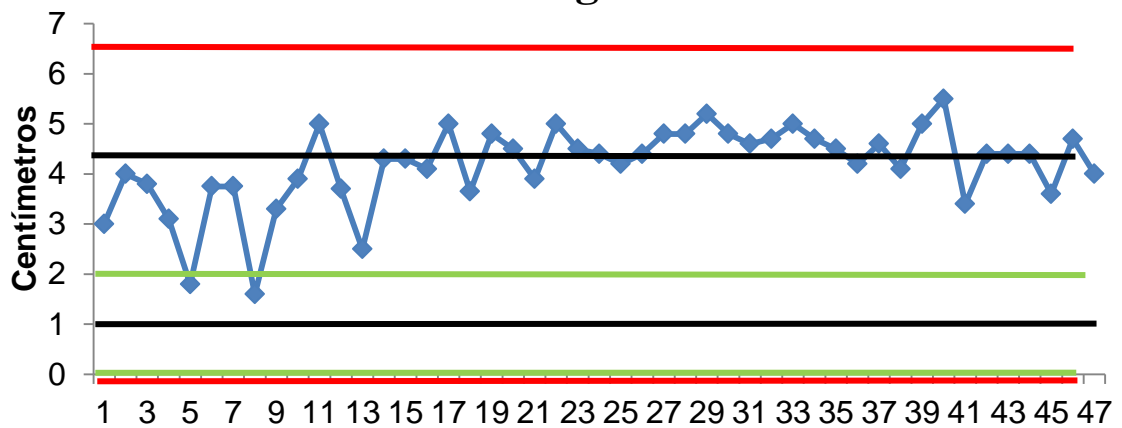
Para las condiciones generales, respecto al tamaño de las masas saladas se presentan las gráficas de promedios y rangos para tener una perspectiva real del comportamiento del proceso de producción.

PROMEDIOS

Pág. 5 de 6



Rangos



Las gráfica de los promedios permite tener una perspectiva de los productos respecto a su media, la cual presenta un proceso totalmente fuera de control, debido a que se espera una media de 20 centímetros, pero la media de las mediciones es de 20.8, esto únicamente nos confirma que la mayor parte de los defectos están por arriba de la media.

Para el caso de los rangos, las mediciones arrojan un rango de 3.9 centímetros mientras que la empresa espera que los productos se encuentren entre 2 centímetros. Las línea verdes nos muestran donde debería de estar el proceso las líneas rojas nos muestran la variación actual del proceso, es preciso mejorar.

14. Si el proceso estuvo bajo control, continuar utilizando los mismos límites en los siguientes días.

<p>Qué hacer</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es importantísimo que se anoten al reverso de la gráfica los cambios que se realizan al proceso, que pudiera afectarlo (como referencia). 2. Tomar oportunamente acciones cuando se detecte una condición fuera de control
<p>Qué no hacer</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Llevar la gráfica solamente por rutina y no utilizarla para la toma de decisiones. 2. Instalar la gráfica y olvidarse de ella. 3. No dar entrenamiento al personal que la debe de utilizar e interpretar. 4. Realizar ajustes constantemente al proceso si no está fuera de control.

Fuente: elaboración propia, tomando como base el libro Aterrizando Seis Sigma. Gustavo Gutiérrez Garza pag. 147

3.4.4 Fase 4. Responsabilidades y entrenamiento

Las responsabilidades y el entrenamiento debe de recaer sobre la persona de más alto rango, en este caso es el líder quien debe de orientar de manera correcta a todos los miembros de la organización. (Ver tabla 19)

A continuación se presentan los modelos de currículo para el entrenamiento de los miembros del equipo, los roles y cantidad de personas para cada tarea.

3.4.4.1 Implantación

Una vez autorizada la puesta en marcha de la metodología por parte de la gerencia e identificados los beneficios es necesario cumplir con los pasos siguientes para la aplicación de la metodología seis sigma de manera exitosa.

1. Iniciar con un entrenamiento e inducción de la alta gerencia. Establecer las pautas generales del programa, sus metas, alcance y estructura. Preparar el sistema a través de la ejecución planeada de cambios a las prácticas y a la cultura de la organización haciéndola más ligera y adaptable a los cambios. Esto puede solucionarse eliminando niveles y procedimientos excesivos, dando confianza a la gente y generando una mayor apertura.
2. Mejorar la comunicación, medición y evaluación de las necesidades de los clientes y proveedores si fuese necesario. Determinar el estado actual de la competitividad y el nivel de satisfacción con los mismos.
3. Programar entrenamiento de técnicas relacionadas con proyectos específicos, creando la infraestructura de organización y equipo requerido, actualizado sobre todo los recursos computacionales.
4. Desarrollar y evaluar indicadores seis sigma, determinando las áreas claves y procesos que requieren mejora o que presentan áreas de oportunidad.
5. Los proyectos deben de ser conducidos y monitoreados de cerca por la administración o la alta gerencia, la cual brinda el respaldo necesario.
6. Los proyectos se evalúan, implementan y controlan; las acciones requeridas se concluyen, y nuevos proyectos o prioridades son asignados.

Seguidamente se presenta un modelo de formación en la metodología seis sigma para tener claro los temas a tratar en cada etapa, así como quienes deben de asistir y el tiempo de duración de cada nivel de formación.

Tabla 19
Modelo de formación en la metodología seis sigma

Formación	Contenido principal	Audiencia	Duración
Introducción a los conceptos seis sigma	Principios básicos de seis sigma; revisión de la necesidad de la empresa; práctica breve y/o simulación; visión general de los roles y expectativas	Todos	1-2 días
Dirección y patrocinio de los trabajos seis sigma	Requisitos y habilidades para los roles de líderes y campeones; selección y revisión de proyectos	Líder	1-2 días
Herramientas de seis sigma para líderes	Instrucción condensada y adaptada en herramientas, procesos de medida y análisis para seis sigma	Líder	3-5 días
Dirección del cambio	Conceptos y prácticas para definir la dirección, promocionar y conducir el cambio empresarial	Líder, maestros cinta negra y cinta negra	2-5 días
Formación básica en la mejora seis sigma	Mejora, diseño y rediseño de procesos, y herramientas clave de medida y mejora.	Líder, cintas negra y verde	6-10 días
Habilidades de dirección de equipos.	Habilidades para desarrollar consenso, moderar debates y gestionar desacuerdos	Líder, maestros cinta negra y verde	2-5 días
Herramientas de análisis y medición para seis sigma	Habilidad técnica para proyectos más complejos; muestreo, recopilación de datos, control estadístico y diseño básico de experimentos.	Líder; maestros cinta negra; cinta negra y cinta verde	2-6 días
Herramientas seis sigma	Módulos de habilidades y herramientas especializadas; análisis estadístico avanzado	Líder, campeones y maestro cinta negra	Según el tema
Principios y habilidades de gestión de procesos	Definición de un proceso; identificación de resultados, requisitos, medidas básicas, planes de supervisión y respuesta	Líder,	2-5 días

Fuente: elaboración propia, en base al libro: Las Claves de Seis Sigma. Peter S. Pande, Robert P Neuman y Roland R. Cavanagh. página 113

3.4.4.2 Seguimiento

Es responsabilidad de la alta gerencia, especialmente el departamento de producción de retroalimentar a todos los miembros del equipo y de resolver cualquier inquietud que surja en cada etapa de la implementación y aplicar las recomendaciones de mejora relacionadas con el cuadro del modelo en la formación seis sigma.

3.5 Recursos necesarios para la implementación del seis sigma

A continuación se presentan los recursos necesarios para poder implementar el programa de seis sigma como herramienta para el control estadístico del desempeño del proceso de producción en, dentro de la unidad de estudio.

3.5.1 Humanos

La implementación del programa seis sigma como herramienta de control estadístico del desempeño de proceso de producción estará a cargo de los altos mandos de la institución; el gerente general deberá de tomar la iniciativa y posteriormente delegar a sus subalternos, principalmente en el encargado de la producción y el encargado de las ventas, quienes deberán supervisar que dicho programa se ejecute de la forma más sencilla y eficaz para todo el personal de la empresa; de tal modo que se involucren en dicha implementación y acompañen la misma; ya que el éxito del programa dependerá de la cooperación de cada empleado. (Ver tabla 20)

3.5.2 Materiales y financieros

A continuación se detallan los recursos materiales y financieros que serán necesarios para poder implementar el programa seis sigma como herramienta de control estadístico del desempeño del proceso de producción en la unidad de análisis. (Ver tabla 21)

Tabla 20
Recursos humanos

Nombre	Rol clave	Posición	Características	Recursos	
				Humano	
Líder	Desarrollar, encausar y permear la filosofía.	Gerente General	Visión, liderazgo, autoridad	1	
Maestro cinta negra	Iniciar y coordinar para un área grande o función. Brindar soporte técnico, experto en metodologías, entrenamiento	Encargado de la producción, tiempo completo como asesor de toda la empresa	Dedicación, entusiasmo e identificación con sus proyectos. Habilidad y conocimientos técnicos, estadísticos, liderazgo de proyectos.	1	
Cinta negra	Experto en aplicación de metodologías, monitoreo de proyectos y entrenamiento	Encargado de las ventas, tiempo completo como asesor de proyectos.	Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos técnicos	1	
Cinta verde	Coordinador de proyecto. Motivación y encauzamiento de participantes a la acción	Supervisores, tiempo parcial; tiene un trabajo o puesto formal en la empresa.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de computación, seguimiento.	2	
Total				5	

Fuente: Elaboración propia, basado en investigación de campo, diciembre 2011.

Tabla 21
Recursos materiales y financieros

Cantidad	Descripción	Valor unitario		Valor total	
3	Computadoras	Q.	2,750.00	Q.	8,250.00
1	Impresora	Q.	375.00	Q.	375.00
1	Pizarra	Q.	575.00	Q.	575.00
1	Almohadilla	Q.	15.00	Q.	15.00
4	Marcadores	Q.	12.00	Q.	48.00
4	Botellas de tinta para impresora	Q.	50.00	Q.	200.00
500	Hojas de papel bond tamaño carta	Q.	0.07	Q.	35.00
1	Engrapadora	Q.	25.00	Q.	25.00
3	Memorias USB	Q.	90.00	Q.	270.00
3	Cartapacios pasta dura	Q.	17.00	Q.	51.00
1000	Fotocopias	Q.	0.30	Q.	30.00
18	Folder tamaño carta	Q.	1.00	Q.	18.00
1	Sacabocados	Q.	15.00	Q.	15.00
18	Fastener	Q.	0.50	Q.	9.00
1	Capacitación del líder o gerente	Q.	47,500.00	Q.	47,500.00
		Subtotal		Q.	57,416.00
	10% de imprevistos			Q.	5,742.00
		Total		Q.	63,158.00

Fuente elaboración propia, diciembre 2011

En los cuadros anteriores se presentaron los lineamientos a seguir para entrenar y dar seguimiento a la propuesta, así como la cantidad de recursos humanos necesarios para implementar la metodología. Es sumamente necesario aclarar que no todos los grupos mencionados necesitan todos los elementos de formación citados. Deben seleccionarse según sus habilidades y prioridades. Por tal motivo se sugiere que sólo el gerente general como líder de la empresa se capacite y sea él quien seleccione a las personas adecuadas y las faculte.

En cuanto a los recursos materiales y financieros es necesario aclarar que son para la implementación del programa, adicional a ello se deberá tomar en cuenta los gastos por el mantenimiento mensual o anual, los cuales variarán de acuerdo con las decisiones que tomen los altos mandos.

Conclusiones

1. La empresa carece de un método de control estadístico en los procesos de producción, lo cual no le permite contar con procedimientos técnicos eficientes.
2. Se determinó que la inexistencia de estándares de producción provoca la ineficiencia de los procesos productivos en la unidad de análisis.
3. El nivel de sigmas a corto plazo con que actualmente opera el proceso de producción en la panadería unidad de análisis es de 1.79 sigmas en promedio.
4. En la panadería Dely-Bread, se estableció que no se cuenta con procedimientos estadísticos que permita medir los factores críticos de la calidad.
5. La causa principal de los defectos en los procesos de producción de la panadería, es debido a la forma artesanal con la cual opera el proceso de producción

Recomendaciones

1. Se sugiere que oportunamente la empresa implemente el programa estadístico basado en la metodología seis sigma, con el propósito de mejorar significativamente sus procedimientos técnicos y reducir la variabilidad en el proceso de producción.
2. Mejorar los estándares de los factores críticos identificados para incrementar la eficiencia en los procesos productivos de la empresa unidad de análisis.
3. El nivel de sigmas con el cual debe operar la empresa unidad de análisis es de 3.29 en promedio, para ubicarse en un nivel competitivo con respecto a los parámetros de la metodología seis sigmas y de la industria donde opera.
4. Implementar los procedimientos estadísticos necesarios que proporcionen información confiable en la toma de decisiones para la mejora continua.
5. Tecnificar los procesos productivos de la unidad de análisis para estandarizarlos y disminuir con ello los errores más significativos en los cuales se incurre.

Glosario de términos

Analizar	Tercera fase de DMAMC en la que se estudian los detalles del proceso en busca de oportunidades de mejora. Se investigan y verifican los datos para comprobar las sospechas sobre las causas raíz y fundamentar así la declaración del problema.
Cinta negra	Es un jefe de equipo formado en el proceso DMAMC y con habilidades de facilitador, responsable de dirigir un proyecto de mejora hasta la conclusión del mismo.
Calidad	Es un amplio concepto relativo al nivel de excelencia; un atributo o naturaleza diferenciadora; conformidad con las con las especificaciones; estándares de comparación medibles, para que las aplicaciones se puedan orientar de forma consistente hacia los objetivos de la empresa.
Capacidad del proceso	Determinación de si un proceso, con la variación normal, es capaz de satisfacer las necesidades del cliente; mide el grado en que dicho proceso cumple o incumple los requisitos del cliente.
Causa común	Influencia diaria sobre un proceso; generalmente es más difícil de eliminar y requiere cambios en el mismo. Los problemas que surgen de las causas comunes son llamados “males crónicos”
Causa especial	Eventos que impactan en los procesos solamente bajo circunstancias especiales es decir, que no son parte de la o normal del proceso.

Cliente	Cualquier persona u organización, interna o externa, que recibe el resultado, producto o servicio del proceso.
Comité de calidad	Grupo de líderes que conducen la implantación de seis sigma en una organización; establece revisa y apoya el progreso de los equipos seleccionados para dicho fin.
Control estadístico de procesos	Utiliza la recopilación de datos y el análisis para supervisar procesos, identificar cuestiones de rendimiento y determinar la variabilidad.
Controlar	Última fase de DMAMC; una vez implantadas las soluciones, las medidas en curso sirven para realizar el seguimiento y verificar la estabilidad de la mejora y la predictibilidad del proceso. Este concepto indica que un proceso opera dentro de un rango de variación prevista, está siendo influido principalmente por factores de “causa común”; los procesos que operan en este estado se denominan “bajo control”.
Datos continuos	Variable medida en un continuo o escala, que acepta valores en cualquier punto fraccionario de un determinado intervalo; los tipos principales comprenden: tiempo, dinero, tamaño, peso, temperatura y velocidad; también se denominan datos variables.
Datos discretos	Cualquier dato no continuo, es decir que no aceptan valores en puntos fraccionarios dentro de un determinado intervalo. Incluye un recuento, proporción o porcentaje de una característica, también se denominan atributos.

Declaración del problema	Descripción de los defectos del proceso; generalmente se incluye en el cuadro de proyecto y se soporta con cifras y otros detalles una vez obtenidos los datos.
Defecto	Cualquier cosa en que el producto o servicio fracasa en satisfacer al cliente y que no cumple con el estándar.
Definir	Primera fase de DMAMC, en la que se define el problema/oportunidad, el proceso y la necesidades del cliente; dado que el ciclo DMAMC es iterativo, el problema, flujo y requisitos del proceso deben verificarse y actualizarse para seguir con nitidez las siguientes fases.
DMAMC	Acrónimo del sistema de gestión y mejora de procesos que comprenden las fases definir, medir, analizar, mejorar y controlar; provee la estructura para aplicaciones de mejora, diseño o rediseño de procesos.
DPMO	Defectos por millón de oportunidades; cálculo utilizado en las iniciativas de mejora de procesos seis sigma que indica la cantidad de defectos de un proceso por millón de oportunidades por (número de unidades por el numero de oportunidades).

DPO	Defectos por oportunidad. Cálculo utilizado en las iniciativas de mejora de procesos para determinar la cantidad de defectos por cada oportunidad; el número de fallos dividido por (número de unidades por el número de oportunidades).
Medir	Segunda fase DMAMC, en la que se identifican las medidas clave y se recogen, compilan y muestran los datos. También se cuantifican las características específicas y/o nivel de rendimiento basado en datos observables.
Mejorar	Cuarta fase del DMAMC, en la que las soluciones y las ideas se generan creativamente y se decide sobre ellas. Una vez identificado, medido y analizado plenamente el problema, se pueden determinar soluciones potenciales que resuelvan lo descrito en la declaración del problema y que den soporte a la declaración de objetivos.
Oportunidad de defecto	Es un tipo de defecto potencial en una unidad de resultado (salida) que es importante para el cliente; por ejemplo el tamaño, peso y sabor.
Campeón	Persona que representa a un equipo ante la alta dirección; da la aprobación final a las recomendaciones del equipo y apoya su trabajo ante el consejo de calidad; facilita la obtención de recursos para el equipo según sean necesario, ayuda a los cintas negra y a los miembros del equipo a superar los obstáculos y actúa como mentor.

Proporción de unidades defectuosas	Fracción de unidades con defectos; número de unidades defectuosas dividido por el número total de unidades; expresada en porcentaje.
Seis sigma	Nivel de rendimiento de procesos equivalente a producir solamente 3.4 defectos por cada millón de oportunidades o de operaciones. Este término también es utilizado para describir las iniciativas de mejora de procesos que utilizan medidas de proceso basadas en seis sigma o intentan lograr un nivel de rendimiento de seis sigma.
Unidad defectuosa	Cualquier unidad con uno o más fallos o defectos.
Variación	Cambio o fluctuación de una característica específica que determina la estabilidad o predictibilidad del proceso; le afecta el entorno, el personal, la maquinaria o equipamiento; los métodos o procedimientos, las medidas y los materiales; cualquier mejora de proceso debe de reducir o eliminar la variabilidad.
Voz del cliente o (VOC)	Datos, quejas, cuestionarios, comentarios e investigaciones de mercado que representan la perspectiva o necesidades de los clientes de la empresa; deben de traducirse en datos medibles para el proceso.

Bibliografía

1. Caal Galicia Leonel Augusto. Tesis mejora continua mediante la utilización de seis sigma para la selección y asignación de recursos de sistemas en una empresa dedicada a la producción de lámina galvanizada. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. 87 p.
2. Eckes George. El six sigma para todos. Grupo editorial Norma. Bogota, 2004, 176 p.
3. George Mike, Rowlandas Dave y Kastle Bill. Qué es el seis sigma esbelto. Editorial Panaroma, 2004. Impreso en México. 103 p.
4. Gutiérrez Garza Gustavo. Aterrizando seis sigma. Del concepto a la práctica. 2ª. ed. Impreso en México. Ediciones Regiomontanas S.A.de C.V. 2004. 181 p.
5. Gutiérrez Pulido Humberto. Calidad total y productividad. 2ª. ed. Impreso en México, Mc Graw Hill. 2005. 421p.
6. Morales Peña Otto René, Quiñones Porras Oscar Haroldo y Marroquín Reyes Axel Osberto. Bases para la estadística descriptiva.1ª ed. 2005 153 p.
7. Morales Peña Otto René, Quiñones Porras Oscar Haroldo y Marroquín Reyes Axel Osberto. Bases para la estadística inferencial. 2ª. ed. 2006. 166 p.
8. Pande Peter S. Neuman Robert P. y Cavanagh Roland R. Las claves de seis sigma. La implantación con éxito de una cultura que revoluciona al mundo empresarial. 1ª. ed. Aravaca Madrid España, Mc Graw Hill. 2002. Impreso en la India. 361 p.
9. Solís Del Valle De De León, Martha María. Tesis marco empresarial para la constitución de una empresa en la industria panificadora. Guatemala. Universidad Francisco Marroquín, 2002. 77 p.
10. Webster Allen L. La estadística aplicada a los negocios y la economía. 3ª. ed. Santa Fe de Bogotá, Colombia. Mc Graw Hill. 2002. 640 p.

11. Yan Sánchez Mario Rolando. Tesis utilización de la metodología seis sigma en el mejoramiento de la calidad en los procesos de una red de telefonía celular. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2007. 130 p.

Sitios de internet

1. Diagrama de causa y efecto (en línea). Consultado el 25 de julio de 2011. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa.
2. Diagrama de flujo (en línea). Consultado el 27 de julio de 2011. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_flujo.
3. Diagrama de flujo de procesos (en línea). Consultado el 25 de julio de 2011. Disponible en <http://www.slideboom.com/presentations/58117>
4. Distribución normal (en línea). Consultado el 3 de agosto de 2011. Disponible en <http://es.wikipedia.org>.
5. Función de densidad de probabilidad (en línea). Consultado el 5 de agosto de 2011. Disponible en <http://es.wikipedia.org>.
6. Herramientas de control (en línea). Consultado el 25 de julio de 2011. Disponible en [http://www. Mitecnologico.com](http://www.Mitecnologico.com)
7. Histograma (en línea). Consultado el 27 de julio de 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Histograma>
8. Manual de la estadística, historia y definición. David Ruiz Muñoz (en línea). Consultado el 5 de agosto de 2011. Disponible en <http://www.eumed.net>

Anexos

Anexo 1
Lista de comprobación para la puesta en marcha de seis sigma

Parte uno: ¿es válido seis sigma para la empresa en este momento?

Evaluar el estado estratégico y rendimiento actual de la organización (compañía, unidad de negocio, departamento) y responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Es el cambio una necesidad crítica de negocio o una oportunidad en este momento, basada en necesidades financieras, competitivas y culturales?
2. ¿Se pueden encontrar razones estratégicas de peso para aplicar seis sigma de alguna forma en la empresa?
3. ¿Son capaces los sistemas de gestión actuales y nuestros procesos de mejora de alcanzar el grado de mejora imprescindible para el éxito continuado?

Si las respuestas son Sí, Sí y No, entonces se está con la preparación para seguir explorando cómo adoptar seis sigma en la organización.

Parte dos: ¿cómo y dónde se debe de empezar a trabajar

Considerar la combinación actual de actividades y prioridades de la organización y marque las siguientes opciones, la que mejor se adapte a las necesidades.

1. La empresa es capaz de dirigir todo su impulso a la creación de una organización seis sigma
2. Existen cuestiones importantes o procesos de alta prioridad estratégica que necesitan recursos para mejorar
3. El sentido de la urgencia es tal que se necesitan abordar problemas y proyectos a corto plazo antes de extender el proceso seis sigma.

Si ha elegido:

1. Puede estar listo para una transformación empresarial completa.
2. Lo más conveniente es que se centre en algún tipo de mejora estratégica.
3. El mejor punto de partida es probablemente comenzar proyectos de mejora inmediata de procesos.

Anexo 2
Hoja de trabajo para la definición de requisitos

1. Identificar el punto de encuentro con el resultado o servicio (momento de la verdad).

2. Definir al cliente o segmento de clientes al que se aplicará el requisito.

3. Señalar las fuentes de datos para la entrada de la “Voz del Cliente”. (Adjuntar los datos que sean relevantes).

4. Esbozar una definición de requisitos (se deben de incluir factores observables y objetivos para verificar que se ha cumplido el requisito).

Comprobar el borrador de la definición de requisitos para hacerlo más claro, específico, etc.

5. Señale métodos para validar la definición de requisitos. (Adjuntar las evidencias de validación si es necesario).

6. Definición final de los requisitos.

Anexo 3

Boleta de encuesta para los clientes de la empresa

Lugar y Fecha _____

Cliente/Empresa _____

Instrucciones:

Esta boleta tiene como objetivo, conocer su punto de vista acerca de las características de calidad que deben de contener los productos de una panadería. Por favor coloque una "X" en la(s) respuesta(s) que considere de importancia según su criterio. Los datos que proporcione serán de uso exclusivo para el estudio.

No.	Características de calidad	Calificación										total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Peso											
2	Tamaño											
3	Sabor y olor											
4	Textura											
5	Color											
6	Uniformidad											
7	Presentación											

Rango	Importancia
1-2	No deseable
3-4	Deseable
5-6	Menos importante
7-8	Importante
9-10	Muy importante

Anexo 4

Lista de verificación

Etapa Definir	✓
<p>Instrucciones: si se responde “Sí” a las afirmaciones siguientes, se ha logrado algo más que un buen inicio para el proyecto y se puede pasar a la siguiente fase “Medir” de DMAMC.</p>	
<p>Para el proyecto se ha...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Confirmado que se trata de una prioridad de mejora para la organización y cuenta con el apoyo de los líderes de la empresa. 2. Redactado un breve nota con la misión del proyecto, explicando el impacto potencial que tendrá en los clientes, en los beneficios y su relación con las estrategias de la compañía. 3. Acordado y redactado una definición del problema en dos o tres fases según se vea, es decir, la definición del problema, centrada solamente en los síntomas. 4. Preparado una declaración de objetivos que defina los resultados que se buscan para el proyecto, con una meta medible. No se deben de proponer soluciones en esta declaración. 5. Preparado otros elementos clave del cuadro de proyecto DMAMC, que incluye una lista de restricciones y supuestos, una revisión de los actores y los roles, un plan y una programación preliminar y el alcance dentro del proyecto. 6. Revisado el cuadro de proyecto con el líder de proyecto y confirmar su apoyo. 7. Identificado al cliente principal y las necesidades fundamentales del proceso a mejorar. 8. Preparado un mapa del proceso que detalla las áreas en las que esperamos centrar nuestra medida inicial. 	

Lista de verificación

Etapa Medir	✓	
<p>Instrucciones: Si se responde “SÍ” a las afirmaciones siguientes, se ha completado de manera exitosa la fase “Medir” y se puede pasar a la fase “Analizar” de DMAMC.</p>		
<p>Para el proyecto se ha...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinado lo que se quiere aprender sobre los problemas y procesos y en qué punto del proceso se encuentra la respuesta. 2. Identificados los tipos de medidas que se quieren obtener para conseguir un equilibrio entre la eficiencia/eficacia y las entradas/procesos/resultados. 3. Desarrollado definiciones operativas claras y precisas de los que se quiere medir. 4. Comprobado las definiciones operativas con otras personas, para garantizar su claridad y la coherencia de su interpretación. 5. Hecho una elección razonable y clara entre recopilar nuevos datos o aprovechar los ya existentes en la organización. 6. Esclarecido los factores de estratificación que se necesitan identificar para facilitar el análisis de los datos. 7. Desarrollado y comprobar los formularios de toma de datos o las listas de comprobación para que sean fáciles de utilizar y proporcionar datos completos y coherentes. 8. Identificado el tamaño adecuado de la muestra, una cantidad de subgrupos y una frecuencia de muestreo para garantizar la representación válida del proceso que vamos a medir. 9. Preparado y verificado el sistema de medidas incluyendo la formación de las personas que han de reunir los datos. 10. Utilizando datos para preparar las medidas iniciales del proyecto, incluyendo la proporción de defectos y el rendimiento. 		

Anexo 6
Fórmulas de Microsoft Excel más utilizadas

Nota: Excel requiere un signo de igual (=) al principio de cada fórmula

Concepto	Fórmulas versión en:		Argumentos
	Español	Inglés	
Media o promedio	PROMEDIO()	AVERAGE()	Datos o rango
Rango	MAX()-MIN()	MAX()-MIN()	Datos o rango
Desviación estándar de la muestra	DESVEST()	STDEV()	Datos de la muestra
Desviación estándar de la población	DESVESTP()	STDEVP()	Datos de la población
Varianza	VAR()	VAR()	Datos de la muestra
Distribución normal estándar Acumulativa	DISTR. NORM. ESTAND()	NORMSDIST()	Valor de Z
Inverso de la distribución normal estándar	DISTR. NORM. ESTAND. INV()	NORMSINV()	Probabilidad entre 0 y 1
Valor de Z para distribución Normal	NORMALIZACIÓN()	STANDARDIZE()	Valor, promedio y desviación estándar
Distribución t de student	DISTR. T (x,G.L., colas)	TDIST()	Valor, grados de libertad, colas
Inverso de la distribución t student	DISTR. T INV()	TINV()	Probabilidad, grados de libertad
Nivel de sigmas por atributos (% error)	ABS(DISTR. NORM. ESTAND. INV(e))+1.5	ABS(NORMSINV(e))+1.5	Es el % de error
Nivel de sigmas para variables	ABS(NORMALIZACIÓN()+1.5	ABS(STANDARDIZE()+1.5	El límite más cercano a la media

Anexo 7

Tabla de conversión de seis sigma

Rendimiento (%)	DPMO	SIGMA
6.68	933,200	0
15.87	841,300	0.5
30.85	691,500	1
50	500,000	1.5
69.15	308,500	2
84.13	158,700	2.5
93.32	66,800	3
97.73	22,700	3.5
99.38	6,200	4
99.87	1,300	4.5
99.977	230	5
99.997	30	5.5
99.999666	3.4	6

Lista de verificación

Etapa Analizar	✓
<p>Instrucciones: Si se responde “SÍ” a las afirmaciones 5 ó 7, y ya se han realizado muchas de las tareas descritas en los otros puntos, hay muchas posibilidades de estar listos para comenzar a desarrollar soluciones en la fase “Mejorar” de DMAMC.</p>	
<p>Para el proyecto se ha...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Examinado los procesos e identificado los potenciales cuellos de botella así como las desconexiones y redundancias que pueden contribuir al problema en el que nos centramos. 2. Realizado un análisis de tiempo de ciclo y de valor, localizando áreas en las que se dedica tiempo y recursos a tareas no críticas para el cliente. 3. Analizado los datos del proceso y su rendimiento para ayudar a estratificar el problema, a comprender las razones de la variación del proceso y a identificar las causas potenciales. 4. Valorado el proyecto, debe centrarse en el diseño o rediseño del proceso y no en la mejora, y se ha confirmado la decisión con el líder del proyecto. Para el diseño/rediseño del proceso: 5. Asegurado la comprensión de los trabajos principales del proceso, de forma que podamos crear uno nuevo que satisfaga los requerimientos del cliente de forma eficiente y efectiva. Para la mejora del proceso. 6. Desarrollado hipótesis de causa raíz para explicar el problema que estamos solucionando. 7. Investigado y verificado nuestras hipótesis de causa raíz de forma que podamos confiar en haber descubierto una o más de las “pocas vitales” que generan el problema. 	

Lista de verificación

Lista de comprobación de la etapa Mejorar	✓	
<p>Instrucciones: Si se responde “SÍ” a las afirmaciones siguientes, se ha logrado el éxito con su “Mejora” y se está listo para pasar a la fase “Controlar” de DMAMC.</p>		
<p>Para el proyecto se ha...</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Creado una lista de ideas innovadoras como posibles soluciones. 9. Utilizado técnicas de enfoque y aproximación para desarrollar, valorando las posibles soluciones. 10. Creado una “definición de la solución” al menos para dos de las posibles mejoras propuestas. 11. Hecho la elección final de una solución basada en criterios de éxito. 12. Verificado la solución con el líder y recibido su aprobación para seguir adelante. 13. Desarrollado un plan para probar la solución, incluyendo prueba piloto, plan de acción, evaluación de resultados, programación. 14. Evaluado los resultados de la prueba piloto y confirmada que se puede lograr los resultados definidos en la declaración de objetivos. 15. Identificado y realizado los últimos retoques en la solución, basados en lo aprendido en la prueba piloto. 16. Creado y puesto en funcionamiento un plan para extender la solución, ya perfeccionada, hasta implantarla totalmente. 17. Considerado los problemas potenciales y las consecuencias inesperadas derivados de la implementación de la solución, y desarrollado acciones preventivas y un plan de contingencias para hacerles frente. 		

Lista de verificación

Lista de comprobación de la etapa Controlar	✓	
<p>Instrucciones: Si se responde “SÍ” a las afirmaciones siguientes, se han completado todos los pasos clave de su proyecto DMAMC y está listo para mantener sus mejoras.</p>		
<p>Para el proyecto se ha...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Compilado los resultados que afirman que la mejora ha conseguido el objetivo definido en el cuadro de proyecto DMAMC. 2. Seleccionado e implantado medidas para supervisar el rendimiento del proceso y la efectividad continuada de la solución. 3. Determinado los gráficos clave para el “cuadro de mando” de este proceso. 4. Preparado y revisado toda la documentación esencial, incluyendo los procedimientos clave y los mapas del proceso. 5. Identificado un “líder” del proceso que asuma la responsabilidad de la solución y de gestionar las operaciones de forma continuada. 6. Desarrollado (con el líder) gráficos de gestión por procesos que detallen los requisitos, las medidas y las respuestas a los problemas del proceso. 7. Preparado un documento que refleje el trabajo y los datos recopilados por el equipo durante el proyecto. 8. Dirigido otras cuestiones/oportunidades que no se han podido solucionar a la alta dirección. 9. Celebrado el duro trabajo y el éxito de los esfuerzos de nuestro equipo. 		

Anexo 11 Tabla de constantes

Constantes para Gráficos de Control																
n	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541