ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el Control de Variación en el Envasado de Pinturas"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Luis Alfredo Echeverría Bustamante

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

A G R A D E C I M I E N T O

Mi más profunda gratitud al Ing. Antonio Vasconcellos, Gerente General de Pinturas ABC, que por sus acertadas referencias y participación, tuve la oportunidad de realizar este proyecto.

Un reconocimiento especial al Dr. Kleber Barcia Villacreses director de tesis de la ESPOL por su orientación y apoyo.

A la Ing. Isabel Mejía, Black Belt de Pinturas ABC, por su invaluable ayuda, enseñanza y, que por su

acertada dirección y aporte técnico fue posible la realización de este trabajo.

Al personal del Proceso de envasado y departamento de Mantenimiento por su apoyo e invaluable aporte al desarrollo del proyecto.

D E D I C A T O R I A

MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI TIA PATRICIA BUSTAMANTE

A MIS HIJOS

A MIS ABUELOS

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.

DECANO DE LA FINCP

PRESIDENTE

PhD. Kléber Barcia V.

DIRECTOR DE TESIS

Msc. Marcos Buestán B.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Luis Alfredo Echeverría Bustamante

RESUMEN

“El cliente es la principal razón de ser de una compañía y su satisfacción es la única forma para asegurar las ventas, fortalecimiento y mantenimiento en el mercado”.

Por lo anterior, además de una pintura de excelente calidad, Pinturas ABC busca constantemente generar mayor valor agregado para sus clientes y en dicha búsqueda, quiere que la seguridad y confianza de los clientes en los productos sea la base para afirmar un sentido de pertenencia fortalecido. Los clientes pueden estar seguros de que Pinturas ABC siempre cumple lo que promete.

Cambios en procesos, capacitaciones, ajustes y cambios en algunos equipos, son varios de los factores que se trabajan y se fortalecen con el proyecto, buscando lograr el objetivo planteado.

Partiendo de un objetivo definitivo y revisado, se levanta una base de datos, con los cuales se realizan paretos obteniendo como resultado el enfoque para el envasado manual, en el cual se presentan mayores variaciones y representa el 70 % del tipo de envasado existente en la planta.

En la medida que se avanza en el proyecto, se confirma en las diferentes etapas de la metodología que la capacitación, rediseño en los puestos de trabajo (envasado), definición de procedimientos estandarizados, son algunos puntos claves a mejorar.

Es prioritario “estandarizar el proceso de envasado” para asegurar la eliminación y/o control de las variables de ruido que puedan afectar los resultados; se parte de un diagnóstico y evaluación del proceso, de la verificación de criterios usados para envasado, manejo de básculas, aplicación y cumplimiento de procedimientos, formas de medición, verificación de condiciones de trabajo adecuadas, todo esto a través de evaluaciones iniciales, capacitaciones para unificación de criterios, difusiones de procedimientos, nuevas evaluaciones, definiciones y divulgación de SOP (Procedimiento Operativo Estándar).

Es importante aclarar que durante el proceso, se da la separación de la planta en dos partes, una para producción de base aceite y otra base de agua. Los puestos de envasado manual que se modifican inicialmente, son: uno en planta base de agua y uno planta base aceite y los resultados se replicaran a todos los puestos de envasado de ambas plantas, para un total de 8 puestos.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…… VII

ÍNDICE GENERAL…… IX

ABREVIATURAS……. XIV

ÍNDICE DE FIGURAS…….. XV

ÍNDICE DE TABLAS…… XVI

INTRODUCCIÓN…….. 1

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES……. 3

1,1 Planteamiento del Problema. Justificación…….. 7

1,2 Objetivos…….. 10

1.2.1 Objetivo General…….. 10

1.2.2 Objetivo Específico……... 10

1.2.3 Alcance…… 11

1,3 Metodología……. 11

1.3.1 Definir y Medir…….. 12

1.3.2 Analizar…… 12

1.3.3 Implementar…… 12

1.3.4 Mejorar…… 12

1.3.5 Controlar…… 13

1,4 Estructura de la Tesis……. 13

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO…….. 15

2,1 El Sistema Seis Sigma…… 15

	2.1.1	¿Qué es Seis Sigma?.....	17
	2.1.2	Variación y Requisitos de Cliente……	18
	2.1.3	Defectos y Niveles Sigma……	19
	2.1.4	Alineación del Sistema: Seguimiento de las Xs y las Ys..	20
	2.1.5	Seis Ingredientes de Seis Sigma……..	22
2,2	Tres Caminos Hacia Seis Sigma. Estrategias para Mejorar, Crear y Gestionar Procesos……..		29
	2.2.1	Mejora de Procesos: Encontrar las Soluciones Deseadas…….	29
	2.2.2	Diseño / Rediseño de Procesos……	31
	2.2.3	Gestión por Procesos para el Liderazgo Seis Sigma…	33
2,3	Una Estructura para Seis Sigma……..		36
	2.3.1	Rol 1: El Consejo Directivo…….	37
	2.3.2	Rol 2: Los Patrocinadores o Champions de los Proyectos……..	38
	2.3.3	Rol 3: El Responsable de Implantación……..	39
	2.3.4	Rol 4: El Tutor de Seis Sigma (Master Black Belt)……	40
	2.3.5	Rol 5: El Jefe de Equipo o Jefe de Proyecto (Black Belt)……	41
	2.3.6	Rol 6: Los Miembros de Equipo……	43
	2.3.7	Rol 7: El Propietario del Proceso……..	44
2,4	Herramientas……		45

2.4.1 Fases…… 50

CAPÍTULO 3

3 SITUACIÓN ACTUAL…….. 70

3,1 Descripción del Proceso…… 70

3.1.1 Definiciones y Clasificación…… 70

3.1.2 Requisitos Generales…….. 71

3.1.3 Descripción General del Macro Proceso…….. 73

3,2 Descripciones Específicas de los Micros Procesos…….. 74

3.2.1 Etiquetado…… 74

3.2.2 Envasado Manual…… 75

3.2.3 Envasado Neumático…….. 77

3.2.4 Emisión de Órdenes de Envasado en Royal 4…… 78

3.2.5 Impresora de Códigos de Barras para Cajas y Envases…… 79

3,3 Puesto de envasado…… 80

3,4 Formatos…… 83

CAPÍTULO 4

4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA……. 84

4,1 Definir…… 84

4.1.1 Objetivo general…… 84

4.1.2 Objetivo específico…….. 84

4.1.3 Beneficios del Proyecto…….. 85

4.1.4 Grupo de 88

Trabajo…….

4.1.5 Plan de Trabajo…… 89

4.1.6 Necesidades y Requerimientos del Cliente…….. 90

4.1.7 Análisis de Datos……. 91

4,2 Medir…… 92

4.2.1 Análisis del Sistema de Medición (Estudios Gage)…… 92

4.2.2 Estudios de Capacidad a Corto Plazo…… 93

4,3 Analizar…… 95

4.3.1 Pruebas de Hipótesis…….. 95

4,4 Implementar……. 98

4.4.1 Ecuaciones de Regresión…… 98

4.4.2 Diseño de Experimentos……. 98

4.4.3 Nuevos Diseños en los Dos Puestos de Envasado…… 100

4,5 Controlar…….. 102

4.5.1 Estudios de Capacidad a Largo Plazo…..…… 102

4.5.2 Plan de Control del Proceso…… 103

CAPÍTULO 5

5 RESULTADOS…… 112

5,1 Análisis Costo - Beneficio……. 112

5.1.1 Costos…… …… 112

5.1.2 Beneficios…… …. 115

5,2 Resultados…… 11 6

5.2.1 Beneficios Adicionales…… 11 8

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…… 12 0

6,1 Conclusiones…… 12 0

6.1.1 Discusión de Resultados…… 12 0

6,2 Recomendaciones…….. 12 1

6.2.1 Oportunidades Globales de Aplicación…… 12 2

APÉNDICE

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata del desarrollo de una “Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el Control de Variación en el Envasado de Pinturas”, enfocado en que la Compañía Pinturas ABC busca constantemente generar mayor valor agregado para sus clientes y en dicha búsqueda, quiere que la seguridad y confianza de los clientes en los productos sea la base para afirmar un sentido de pertenencia fortalecido.

El objetivo general del proyecto es: “Entregar a los clientes las cantidades prometidas en cada unidad, para crear una relación de confianza fortaleciendo el sentido de pertenencia del cliente con la empresa, incrementando así las barreras de entrada a competidores.”

Aprovechando el entrenamiento de Sponsor y Green Belt que tuvo personal seleccionado de Pinturas ABC y el impacto económico esperado, se decide establecer un proyecto Seis Sigma para desarrollar el mismo. Con el Asesoramiento de un Black Belt de la División Pinturas del Grupo de Inversiones ABC y basados en el proceso DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se establece la metodología adecuada.

Entre los resultados obtenidos, esta la estandarización del proceso de envasado, asegurando la eliminación y/o control de las variables de ruido que afectan los resultados.

Se partió de un diagnóstico y evaluación del proceso, de la verificación de criterios usados para envasado, manejo de básculas, aplicación y cumplimiento de procedimientos internos de Pinturas ABC, formas de medición, verificación de condiciones de trabajo adecuadas, todo esto a través de evaluaciones iniciales, capacitaciones para unificación de criterios, difusiones de procedimientos, nuevas evaluaciones, definiciones y divulgación de SOP (Procedimiento Operativo Estándar).

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

Pinturas ABC nació en Guayaquil, en Diciembre de 1956. Sus primeros productos fueron Spred Satin, Esmaltes Alquídicos y otros productos afines.

La compañía fue vendida en el año 1986, cuando fue adquirida por H.B. Fuller Company.

En el año 2000, un grupo colombiano compró la compañía y pasó a formar parte de la División Pinturas de Inversiones Mundial, la cual participa en negocios de químicos, envases, tintas, pinturas y grandes cadenas de distribución en la Región Andina, Panamá y el Caribe.

La compañía se dedica a la fabricación y comercialización de recubrimientos para la protección y decoración de superficies; tiene su planta industrial y oficinas principales en el norte de la ciudad de Guayaquil. La planta tiene equipos para la producción de una amplia

gama de pinturas de caucho, esmaltes y barnices para acabados decorativos, lacas y acabados para la industria de la madera, recubrimientos para uso industrial y mantenimiento, lacas para repinte automotriz, pintura para señalización vial, y otros productos especializados. Además, opera dos centros de distribución, uno ubicado en la planta para atender a la región Costa y Austro, y el otro ubicado en Quito, que sirve a los clientes de las zonas Sierra y Oriente.

Su posición de Liderazgo se basa en la seriedad y ética para conducir sus negocios, en la calidad de sus productos, y en los convenios de tecnología y marcas que mantiene con empresas líderes en el mercado internacional. Todos los procesos son acompañados del seguimiento necesario para asegurar que su ejecución se encuentre enfocada en los objetivos y metas establecidas.

a) Clientes, Requisitos Legales y Normativas del Producto.-

La compañía sirve a clientes en el ámbito nacional, participando en todos los segmentos del mercado de pintura, e internacional, en el segmento decorativo y automotriz; sus canales de distribución son los grandes mayoristas, almacenes de cadena, y tiendas especializadas, mediante las cuales sus productos y servicios llegan al consumidor final, que incluyen constructores, pintores y usuarios para el hogar.

Para las líneas de negocios de mantenimiento, industrial, y pintura en polvo se atienden directamente usuarios finales, siendo estos: instituciones, gobierno, industrias y comercio en general.

El soporte brindado a los clientes por Servicio Técnico mediante capacitaciones y visitas técnicas asegura, que la selección de productos es la adecuada y cumple los requerimientos de los clientes.

La compañía mantiene información actualizada y disponible sobre las leyes que tengan carácter de obligatoriedad y otros requisitos aplicables. Siempre se asegura que en el diseño, fabricación, empaque, manejo, venta y entrega de los productos, se tienen en consideración y se cumplen con las regulaciones legales y normativas referentes a calidad, cantidad, empaque, protección ambiental, seguridad integral.

b) Filosofía

La filosofía de la empresa está enmarcada en su visión, misión y valores:

b.1 Visión.-

Seremos la mejor opción en el mercado de recubrimientos donde actuemos.

b.2 Misión.-

Servir a nuestros consumidores y clientes con soluciones integrales, innovadoras y de calidad, para la protección y decoración de superficies, buscando la plena satisfacción de sus expectativas, el bienestar y crecimiento de nuestros trabajadores, la atención a los intereses de los accionistas y contribuyendo al desarrollo sostenible de la comunidad.

b.3 Valores.-

- Satisfacción del cliente y los consumidores.
- Ética: Honestidad, seriedad, respeto y lealtad.
- Vocación de servicio.
- Responsabilidad Integral.

1.1 Planteamiento del Problema. Justificación.

"El cliente es la principal razón de ser de una compañía y su satisfacción es la única forma para asegurar las ventas, fortalecimiento y mantenimiento en el mercado".

Por lo anterior, además de una pintura de excelente calidad, La Compañía Pinturas ABC busca constantemente generar mayor valor agregado para sus clientes y en dicha búsqueda, quiere que la seguridad y confianza de los clientes en los productos sea la base para afirmar un sentido de pertenencia fortalecido. Los clientes pueden estar seguros de que Pinturas ABC siempre cumple lo que promete.

Para el planteamiento del problema se realizaron reuniones y consultas entre los directivos de la compañía (Gerente General, Director de Manufactura, Gerente de Mercadeo y Ventas y Director Administrativo y Financiero). Aquí se analizaron varios tipos de problemas que surgieron de quejas y reclamos tanto internos como externos. Al final se decidió que lo más importante en ese momento era corregir el nivel de llenado de pintura en los diferentes tipos de presentación que la compañía ofrecía.

Antes de definir los objetivos, se realizó una investigación exhaustiva en Internet y se estudió la normatividad del Ecuador sobre los niveles permitidos de envasado, donde se identificó que las variaciones en los mismos, deben estar dentro del rango del (+/- 1) %.

Cambios en procesos, capacitaciones, ajustes y cambios en algunos equipos, son varios de los factores que se trabajan y se fortalecen con el proyecto de control de la variación en el llenado de pinturas, tanto en la línea base agua, como en la línea base aceite, buscando lograr el objetivo planteado que es:

"Entregar a los clientes las cantidades prometidas en cada unidad, para crear una relación de confianza fortaleciendo el sentido de pertenencia del cliente con la empresa, incrementando así las barreras de entrada a competidores".

Partiendo de un objetivo definitivo y revisado, el cual es que Pinturas ABC debe asegurar que las variaciones en el envasado de pinturas base agua y base aceite, independiente de la forma de llenado por peso o por volumen, no superen las diferencias de referencia (+/- 1) %, se levanta una base de datos, con los cuales se realizan paretos obteniendo como resultado el enfoque para el envasado manual de pinturas base agua y pinturas base aceite, en

el cual se presentan mayores variaciones y representa el 70 % del tipo de envasado existente en la planta. Es importante aclarar, que entre los resultados esperados, está la separación de la planta en dos líneas de producción, una para producción de pinturas base aceite y otra para pinturas base agua. Los puestos de envasado manual de pinturas que se modificarán inicialmente, son: uno en la línea de producción base agua y otro en la línea de producción base aceite y los resultados esperados se replicarán a todos los puestos de envasado de ambas plantas, para un total de 8 puestos.

También, es prioritario “estandarizar el proceso de envasado” para asegurar la eliminación y/o control de las variables de ruido que puedan afectar los resultados; se parte de un diagnóstico y evaluación del proceso, de la verificación de criterios usados para envasado, manejo de básculas, aplicación y cumplimiento de procedimientos, formas de medición, verificación de condiciones de trabajo adecuadas, todo esto a través de evaluaciones iniciales, capacitaciones para unificación de criterios, difusiones de procedimientos, nuevas evaluaciones, definiciones y divulgación de SOP (Procedimiento Operativo Estándar).

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

El objetivo general del proyecto es el siguiente:

Entregar a los clientes las cantidades prometidas en cada unidad, para crear una relación de confianza fortaleciendo el sentido de pertenencia del cliente con la empresa, incrementando así las barreras de entrada a competidores.

1.2.2 Objetivo Específico.

El objetivo específico del proyecto es el siguiente:

Disminuir y controlar las diferencias en el volumen de llenado, asegurando así desde el punto de vista legal y económico que los clientes reciben la cantidad de pintura por la cual están pagando.

Se debe asegurar que las variaciones en el envasado, independiente de la forma de llenado por peso o por volumen, no superen las diferencias de referencia (+/- 1) %.

1.2.3 Alcance.

El alcance del proyecto está definido en las siguientes áreas:

- El área de Producción, que es donde se realiza propiamente el proceso de envasado y donde se enfocarán la mayoría de los esfuerzos y recursos;
- El área de Mercadeo y Ventas como receptora de las quejas y reclamos de los clientes;
- El área Financiera, que es donde se reflejarán los ahorros; y
- La Gerencia General, que es la encargada de proveer los recursos necesarios para el buen desenvolvimiento del proyecto.

1.3 Metodología.

Aprovechando el entrenamiento de Sponsor y Green Belt que tuvo personal seleccionado de Pinturas ABC y el impacto económico esperado, se decidió establecer un proyecto Seis Sigma para el desarrollo del mismo. Con el Asesoramiento de un Black Belt de la División Pinturas del Grupo de Inversiones ABC y basados en el

proceso DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se estableció la siguiente metodología.

1.3.1 Definir y Medir

i. Análisis del Sistema de Medición (Estudios Gage).
ii. Estudios de Capacidad de Proceso Inicial.
iii. Diagramas de Proceso.
iv. CTQ'S.
v. Lluvia de Ideas y Espina de Pescado.

1.3.2 Analizar

i. Pruebas de Hipótesis.

1.3.2 Implementar

i. Diseño de Experimentos.

1.3.3 Mejorar

I. SOP'S

A. Análisis de procedimientos de envasado.
B. Análisis de Puesto de Trabajo.

II. Fábrica Visual.

III. Orden y Aseo.

IV. Graficas de Control.

1.3.4 Controlar

I. Plan de Control del Proceso.

1.4 Estructura de la Tesis.

Capítulo 1

El capítulo 1 se llama “Generalidades”, en el mismo se explica el planeamiento del problema, el objetivo general y específico, la metodología empleada y se describe la estructura de la tesis.

Capítulo 2

El capítulo 2 se llama “Marco Teórico”, en el mismo se desarrolla la teoría consultada para el desarrollo de la tesis.

Capítulo 3

El capítulo 3 se llama “Situación Actual”, en el mismo se describe el macro proceso y los micros procesos, también, se hace una

descripción del puesto de envasado y de los formatos utilizados para la recolección de datos.

Capítulo 4

El capítulo 4 se llama “Aplicación de la Técnica Seis Sigma”, en el mismo se explica paso a paso como se aplicó la técnica Seis Sigma en el desarrollo de la tesis.

Capítulo 5

El capítulo 5 se llama “Resultados”, en el mismo se explica el análisis costo – beneficio y los resultados obtenidos.

Capítulo 6

El capítulo 6 se llama “Conclusiones y Recomendaciones”, en el mismo se detallan las conclusiones y recomendaciones finales.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El Sistema Seis Sigma

Seis Sigma. Un nombre nuevo para un antiguo sueño: productos y servicios prácticamente perfectos para nuestros clientes [1].

¿Por qué es Seis Sigma, en estos momentos, es tan atractivo para muchas empresas?

Porque tener éxito y mantenerlo en el actual mundo de los negocios es mucho más difícil de la que ha sido nunca.

En la economía actual, la mayoría de la gente se dedica a los servicios en lugar de a fabricar bienes y productos, y la mayor

parte de estos servicios presenta unos niveles de ineficiencia tales que una fábrica cerraría en un mes si produjera tantos defectos. Seis Sigma proporciona potentes herramientas capaces de mejorar estos servicios hasta niveles de calidad solo vistos hasta ahora en la industria de alta precisión.

Compañías como General Electric y Sun Microsystems están utilizando Seis Sigma para crear nuevos productos y mejorar sus procesos. Los líderes de estas y otras empresas Seis Sigma saben que Seis Sigma abarca una gran variedad de herramientas, simples y más avanzadas, para resolver problemas, reducir la variación y encantar a los clientes en el largo plazo. Seis Sigma [1]:

- Genera resultados de forma rápida y demostrable avanzando hacia un objetivo ambicioso, pero alcanzable: **reducir los defectos (y sus costes asociados) hasta casi hacerlos desaparecer en una fecha determinada.**
- Posee mecanismos internos para mantener lo conseguido.
- Fija objetivos de rendimiento para todos.
- Aumenta el valor para el cliente al sacar a la luz defectos causados por una excesiva burocracia y al animar a los

directivos y empleados a centrar sus esfuerzos de mejora en las necesidades de los clientes externos.

- Aumenta la velocidad de las mejoras al promover el aprendizaje interdisciplinar.
- Mejora nuestra habilidad para realizar cambios estratégicos.

2.1.1 ¿Qué es Seis Sigma?

Si Seis Sigma es tan bueno, ¿dónde ha estado escondido todos estos años? Como todos los grandes inventos, Seis Sigma no es del todo "nuevo". **Combina algunas de las mejores técnicas del pasado con recientes avances en el pensamiento empresarial y con el simple sentido común.** Por ejemplo, los cuadros de mando integrados son una aportación relativamente nueva a la gestión empresarial, mientras que muchas de las herramientas estadísticas utilizadas en Seis Sigma han estado disponibles desde los años cuarenta e incluso antes.

El término "Seis Sigma" hace referencia al objetivo de reducir los defectos hasta casi cero. **Sigma es la letra griega que los estadísticos utilizan para representar la "desviación estándar de una población".** Sigma, o la desviación estándar, le dice cuánta variabilidad hay en un

grupo de elementos (“la población”). Cuanta más variación haya, mayor será la desviación estándar. Por ejemplo: usted puede comprar tres camisas con la misma longitud de manga y descubrir posteriormente que ninguna de las tres tiene exactamente la longitud que figura en la etiqueta: dos son más cortas de lo debido y la otra dos centímetros más larga; una “desviación estándar” considerable [1].

En términos estadísticos, por tanto, **el propósito de Seis Sigma es reducir la variación** para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes.

2.1.2 Variación y Requisitos de Cliente

Tradicionalmente, las empresas han descrito sus productos y servicios utilizando valores medios: coste medio, tiempo medio de envío de un producto y parámetros similares. Incluso los hospitales tienen un indicador que mide el número medio de pacientes que sufrieron una infección durante su estancia en ellos [1].

Lo malo de este sistema es que las medias pueden esconder un gran número de problemas. Tal y como funciona la mayoría de los procesos actualmente, si promete a sus clientes que les entregará sus paquetes en los dos días laborables que siguen a la realización de su pedido, y su tiempo medio de entrega es de dos días, muchos de ellos se entregarán en más de dos días; una media de dos días significa que algunos se entregarán más tarde y otros antes. Si quiere que todos sus paquetes se entreguen en dos días o menos, tendrá que eliminar de forma drástica los problemas y la variación de su proceso.

2.1.3 Defectos y Niveles Sigma

Una virtud de Seis Sigma es que convierte la confusión típica de la variación en una clara medida del éxito. Blanco o negro: un producto o servicio cumple los requisitos de cliente o no los cumple. Cualquier cosa que no cumple los requisitos de cliente se denomina **defecto**. Un perrito caliente con mostaza es un defecto si el cliente lo pidió con salsa de tomate. Un recepcionista maleducado está prestando un servicio defectuoso. Un coche nuevo mal

pintado es un defecto, una entrega con retraso es un defecto, etc.

Si puede definir y medir los requisitos de cliente, entonces puede calcular tanto el número de defectos en su proceso y en sus resultados como el rendimiento del proceso, es decir, el porcentaje de productos y servicios buenos (sin defectos) generados. Existen sencillas tablas que le permitirán convertir el rendimiento en niveles Sigma.

Otra aproximación para determinar el nivel Sigma consiste en calcular cuántos defectos se obtienen en comparación con el número de oportunidades que existen en el producto o servicio de hacer las cosas mal. **El resultado de este cálculo se conoce como defectos por millón de oportunidades (DPMO),** y es otra manera de obtener el nivel Sigma o rendimiento de un proceso.

2.1.4 Alineación del Sistema: Seguimiento de las Xs y las Ys

Las empresas Seis Sigma utilizan a menudo abreviaturas para describir algunos de los conceptos clave que obtienen al analizar los sistemas de negocio realimentados. Por ejemplo, "**X**" es la abreviatura para

designar la causa de un problema o una de las muchas variables que afectan a un proceso de negocio; "**Y**" es una salida o resultado del proceso. Para una panadería, la calidad de la harina utilizada y la temperatura de los hornos son algunas de las principales Xs a tener en cuenta, mientras que la barra de pan sería en sí misma la Y principal, además de la satisfacción del hambriento cliente. Identificar y medir estas Xs e Ys críticas son tareas básicas para las organizaciones Seis Sigma [1].

Medir las Xs y las Ys no es un fin en sí mismo. Las Xs o causas tienen que relacionarse con las Ys críticas o efectos. Por ejemplo,

Si la X es……	**la Y puede ser……**
Acciones enfocadas hacia los objetivos……	Objetivos estratégicos alcanzados.
Calidad del trabajo realizado……	Nivel de satisfacción del cliente.
Tiempo de ciclo……	Entrega a tiempo.
Número de personas dedicadas……	Tiempo en contestar al teléfono.
Información incorrecta……..	Defectos producidos.

Muchas empresas y muchos directivos no llegan a comprender la relación entre sus propias Xs e Ys críticas mientras avanzan pedaleando por el camino. Mantienen su bicicleta corporativa en pie gracias a una mezcla de suerte y experiencia o dando absurdos bandazos cuando la carretera cambia de repente. Los directivos Seis Sigma, por su parte, utilizan las medidas de los procesos, clientes y proveedores para emular a los ciclistas expertos que se anticipan a los problemas o responden instantánea y suavemente a los cambios que surgen a su alrededor.

Cuando comience a trabajar en un equipo Seis Sigma, trate de ser consciente de los resultados que espera conseguir (sus Ys) y de que factores pueden influir en que lo consiga (las Xs). Prestar atención a estos factores y a sus efectos le ayudará a concentrar sus esfuerzos en los puntos estratégicos. Recuerde también enlazar sus Ys con los que realmente quieren sus clientes y no solo con lo que usted cree que necesitan o con lo que más le conviene.

2.1.5 Seis Ingredientes de Seis Sigma.

Hay seis ingredientes críticos necesarios para conseguir el nivel Seis Sigma en una organización [1]:

Auténtica Orientación al Cliente.- Aunque las empresas llevan mucho tiempo diciendo que “el cliente es lo primero” o que “siempre tiene razón”, muy pocas han avanzado en la comprensión de sus requisitos y procesos. Muchas empresas proclaman que cumplen los requisitos de sus clientes mientras que, simultáneamente, dedican mucho tiempo a tratar de convencerlos que lo que van a comprar es realmente lo que desean. (¿Recuerda la última vez que le instalaron un teléfono, o la televisión por cable, y le dijeron que tenía que esperar durante una mañana o una tarde entera a que le activaran el servicio cuando usted hubiera querido saber el momento exacto? ¡Esto ocurre cuando una compañía de servicios no ha sido capaz de controlar sus procesos hasta el punto de satisfacer los requisitos de sus clientes!) Incluso cuando han recogido información de sus clientes a través de encuestas o focus groups, los resultados acaban muchas veces enterrados en informes que nadie lee o son aplicados demasiado tarde cuando las necesidades de los clientes ya han cambiado.

La orientación al cliente es la máxima prioridad de Seis Sigma. La medida del rendimiento empieza y termina con

la voz del cliente (VdC). Los “defectos” son fracasos al cumplir los requisitos de cliente que se pueden medir. Las mejoras Seis Sigma se miden por su impacto en la satisfacción de los clientes y por el valor que les aportan. Una de las primeras tareas de los equipos de mejora Seis Sigma es la definición de los requisitos de cliente y de los procesos que, se supone, deben satisfacerlos.

Gestión Orientada a Datos y Hechos.- Aunque Internet y los ordenadores han inundado de datos el mundo de los negocios, no le extrañará saber que muchas decisiones empresariales importantes siguen confiándose sólo al instinto o basándose en suposiciones infundadas. Los equipos Seis Sigma arrojan luz sobre cuáles son los indicadores clave para medir el verdadero rendimiento empresarial; después, recogen y analizan los datos para conseguir un mejor entendimiento de las variables clave y de los procesos.

Finalmente, Seis Sigma proporciona respuestas a las preguntas más importantes que tienen que afrontar a diario los directivos y los equipos de mejora:

- ¿Cómo lo estamos haciendo en realidad?

- ¿Cómo estamos teniendo en cuenta dónde queremos estar?
- ¿Qué datos necesito para contestar a las otras preguntas?

Orientación a Procesos, Gestión por Procesos y Mejora de Procesos.- Tanto si está diseñando un nuevo proceso o servicio, midiendo el rendimiento actual o mejorando la eficiencia o la satisfacción del cliente, Seis Sigma se centra en el proceso como el elemento clave para conseguir cumplir los requisitos de cliente.

Uno de los logros más impresionantes de Seis Sigma ha sido convencer a los altos directivos, especialmente en empresas y en funciones relacionadas con los servicios, de que mejorar los procesos no es un mal necesario, sino uno de los pasos esenciales para generar ventajas competitivas y proporcionar valor real a los clientes. En una de sus primeras reuniones, el equipo Seis Sigma debe identificar los procesos de negocio claves de los que depende, en gran medida, la satisfacción de los clientes.

Gestión Proactiva.- Ser proactivo significa adelantarse a los acontecimientos, lo contrario de ser reactivo, que

significa estar siempre por detrás de la curva. En el mundo de los negocios, ser proactivo consiste en crear el hábito de fijar y seguir objetivos ambiciosos; establecer prioridades de forma clara; recompensar a aquellos que previenen los fuegos, al menos, tanto como a los que los apagan, y cuestionarse siempre cómo se están haciendo las cosas en lugar de defender ciegamente los métodos tradicionales.

Lejos de ser aburrida, la gestión proactiva es un buen punto de partida para desarrollar la creatividad mucho mejor, en cualquier caso, que saltar de crisis en crisis. Apagar fuegos constantemente es un signo de que la organización está perdiendo el control. Es también un síntoma de que se está desperdiciando mucho dinero en retrabados y en arreglos rápidos y caros.

Seis Sigma proporciona las herramientas y las acciones necesarias para evolucionar de un comportamiento reactivo a una gestión proactiva. Teniendo en cuenta el estrecho margen de error que permite el actual mundo de los negocios, ser proactivo es la única manera de sobrevivir.

Colaboración sin Fronteras.- Acuñado en General Electric, el término “boundarylessness”, hace referencia a la tarea de romper las barreras que impiden el flujo de ideas y acciones a lo largo y ancho de una organización. Todos los días se desperdician miles de millones de dólares en burocracias internas empeñadas en luchar unas contra otras en lugar de trabajar juntas con un objetivo común: dar valor a los clientes.

Seis Sigma Requiere una Colaboración Creciente entre Todos a Medida que Cada Uno Descubre su Papel en el Gran Proceso y su Relación con los Clientes Externos.

Situando al cliente como el centro del negocio, Seis Sigma demanda la utilización de los procesos en beneficio de todos y no solo de uno o dos departamentos. El equipo de mejora Seis Sigma descubre la organización sin fronteras a pequeña escala, pero puede enseñar mucho sobre sus ventajas a toda la compañía.

Búsqueda de la Perfección, Tolerancia a los Errores.- Seis Sigma pone un gran empeño en la búsqueda de la perfección y en conseguir resultados sostenibles durante

un período de tiempo adecuado para el mundo de los negocios. Como consecuencia de ello, los equipos Seis Sigma deben encontrar a menudo un compromiso entre diferentes riesgos: “¿merece la pena perder dos semanas en la recogida de datos?” o “¿podemos permitirnos cambiar el proceso sabiendo que probablemente crearemos más problemas a corto plazo hasta que arreglemos los fallos?”.

El mayor riesgo al que tienen que enfrentarse estos equipos es el de tener miedo de probar nuevos métodos: invertir tiempo en recoger datos puede parecer arriesgado a primera vista, pero suele tener como consecuencia la toma de decisiones mejores y más eficaces a posteriori. **No cambiar el proceso significa que el trabajo seguirá haciéndose como siempre, y los resultados no mejorarán.**

Afortunadamente, Seis Sigma incluye una buena dosis de gestión del riesgo, pero la realidad es que cualquier empresa que tenga como objetivo Seis Sigma debe estar preparada para sufrir algunos retrocesos (y para aprender de ellos). Como dijo una vez un directivo de una

empresa Seis Sigma, “los buenos chicos nos han llevado tan lejos como han podido obteniendo siempre respuestas correctas. Ahora los chicos malos deben hacernos avanzar aún más cuestionando todo lo que hacemos”. [1]

2.2 Tres Caminos hacia Seis Sigma. Estrategias para Mejorar, Crear y Gestionar Procesos.

El conocimiento de los clientes y una medición efectiva alimentan el motor de Seis Sigma, donde cada una de sus tres partes se centra en los procesos de su organización. La unión de estas tres partes es una de las innovaciones más importantes (y menos reconocidas) que ofrece Seis Sigma. Las tres partes son: Mejora de procesos, Diseño (y Rediseño) de procesos y Gestión por procesos [1].

2.2.1 Mejora de Procesos: Encontrar las Soluciones Deseadas.

“Mejora de procesos” hace referencia a una estrategia consistente en encontrar soluciones que eliminen las causas raíz de los problemas de rendimiento de los procesos existentes en una compañía. Los esfuerzos de mejora de procesos buscan arreglar estos problemas

eliminando las causas de variación del proceso, pero dejando intacta su estructura básica. En el lenguaje de Seis Sigma, los equipos de mejora de procesos encuentras las Xs (causas) críticas responsables de las Ys (defectos) no deseadas que se producen en los procesos.

Los equipos de mejora de procesos utilizan un proceso con cinco etapas para atacar éstos problemas:

- **D**efinir el problema y los requisitos de cliente.
- **M**edir los defectos y el funcionamiento del proceso.
- **A**nalizar los datos y descubrir las causas de los problemas.
- **M**ejorar el proceso y eliminar las causas de los defectos.
- **C**ontrolar el proceso para asegurarse de que los defectos no vuelvan a aparecer.

Este proceso es llamado habitualmente DMAMC, o DMAIC en inglés.

FIGURA 2.1. PROCESO SEIS SIGMA

2.2.2 Diseño / Rediseño de Procesos

Las actividades clave asociadas con el proceso DMAMC descrito anteriormente son aplicables a un gran número de situaciones empresariales. Pero hay ocasiones en las que es necesario tomar otro camino a través de DMAMC:

- Cuando una empresa decide reemplazar más que reparar alguno de sus procesos clave.
- Cuando un directivo o un equipo Seis Sigma descubre que la mejora de un proceso ya existente no es suficiente para alcanzar los niveles de calidad que los clientes demandan.

- Cuando una empresa detecta la oportunidad de ofrecer un producto o servicio totalmente nuevo.

En estos casos, la empresa necesita diseñar o rediseñar sus procesos clave. Este camino puede denominarse de diferentes maneras: Diseño o Rediseño de procesos, “Diseño Seis Sigma” o “Diseño para Seis Sigma”. En el diseño de procesos, los equipos utilizan los principios de Seis Sigma para crear nuevos procesos, bienes o servicios revolucionarios construidos a partir de los requisitos de cliente y validados por pruebas y datos objetivos.

En el diseño de procesos, las etapas DMAMC suelen adaptarse para reforzar la identificación de formas innovadoras y eficaces de realizar el trabajo:

- **D**efinir los requisitos de cliente y los objetivos del proceso / producto / servicio.
- **M**edir el rendimiento respecto a los requisitos de cliente.
- **A**nalizar y evaluar el diseño del proceso / producto / servicio.

- **D**iseñar e implementar el nuevo proceso / producto / servicio.
- **V**erificar los resultados y mantener el rendimiento conseguido.

El diseño de procesos consume, en general, más tiempo que la mejora. Además, debido a que incluye la creación de un proceso o producto completamente nuevo, el riesgo de que se produzca un fracaso es mayor que en la mejora de un proceso ya existente (Ese fracaso suele ser debido a la poca claridad de los objetivos de diseño o a la falta de personas en el equipo con las habilidades y aptitudes necesarias para llevar a cabo la tarea.)

Aunque los objetivos y resultados del diseño de procesos son muy diferentes a los de la mejora, gran parte del trabajo a realizar durante el proyecto es muy similar.

2.2.3 Gestión por Procesos para el Liderazgo Seis Sigma

Un aspecto de la mejora de procesos DMAMC que se suele pasar por alto es que todos sus conceptos son aplicables a la gestión de los procesos de la organización y no solo cuando se hace a través de un proyecto de

mejora. Esta tercera forma de aplicar DMAMC, la gestión por procesos, es la que necesita de una mayor evolución, ya que requiere cambios en la cultura y en la forma de gestionar la organización que deben acompañar a los esfuerzos Seis Sigma para obtener de ellos el máximo resultado. Como su propio nombre indica, gestión por procesos significa dar una mayor importancia a la gestión de los procesos que discurren a través de la organización en lugar de centrarse en las funciones individuales de los diferentes departamentos internos.

Debido a que requiere un profundo cambio en la estructura y en la forma de dirigir una organización, la gestión por procesos suele ser la más difícil de dominar de las tres estrategias de Seis Sigma. Sin embargo, sin la gestión por procesos, Seis Sigma está condenado a convertirse en otra moda pasajera más. Generalmente, la gestión por procesos supone:

- **D**efinir los procesos, sus “propietarios” y los requisitos clave de cliente.
- **M**edir el rendimiento respecto a los requisitos de cliente y a los indicadores clave de los procesos.

- **A**nalizar los datos para mejorar las mediciones y refinar los mecanismos de gestión de los procesos.
- **C**ontrolar el rendimiento a través de la monitorización continua de las entradas / operaciones / salidas y responder de manera ágil a los problemas y a las variaciones de los procesos.

Se observa que en la gestión por procesos se pueden aplicar la mayoría de las etapas descritas anteriormente (Definir, Medir, Analizar y Controlar; se deja a parte Mejorar), pero centrándose en todo el proceso, y no en un problema específico o en un nuevo diseño.

La gestión por procesos suele evolucionar a medida que la empresa expande sus esfuerzos Seis Sigma y profundiza en el conocimiento de sus procesos, empleados y clientes. Aunque pueden tardarse cinco años o más en alcanzar niveles de 5σ o 6σ en los procesos clave, una empresa probablemente tardará el doble en pasar de una dirección reactiva a otra que gestione los procesos de una forma proactiva con la misma precisión con la que gestiona su equipamiento.

La gestión por procesos es el trabajo que hacen los líderes para mejorar sus procesos de gestión de la empresa. Como tal, no suele entrar en el área de responsabilidad de un equipo de mejora Seis Sigma. Sin embargo, se debe ser consciente de que el trabajo se verá influido por otros grandes esfuerzos que se estén llevando a cabo en la organización e influiremos también en ellos [1].

2.3 Una Estructura para Seis Sigma. Actores

Seis Sigma no trata solo de herramientas estadísticas y cálculos de defectos. Ni tampoco se limita a organizar a la gente en equipos de trabajo. Los equipos, por sí solos, no pueden cambiar la estructura de una empresa. Deben formar parte de una infraestructura diseñada para ayudar en el rediseño de la organización, como un andamio alrededor de un edificio que se está remodelando. Una forma de entender esta estructura renovadora es revisar los diferentes roles existentes en una organización Seis Sigma en evolución. Hay siete funciones y roles que se deben desarrollar [1].

2.3.1 Rol 1: El Consejo Directivo

El consejo directivo está formado por altos directivos de la empresa reunidos en un foro diseñado para ayudarles a aprender una nueva forma de dirigir el negocio en contacto directo con los equipos de mejora Seis Sigma. En su papel natural de liderazgo de la compañía, este grupo desarrolla y ejecuta el plan de implantación de Seis Sigma. En las primeras etapas de este despliegue, el consejo directivo debe:

1. Elaborar el discurso que explique como se van a atender las necesidades de la empresa con Seis Sigma.
2. Planificar y participar de forma activa en la implantación.
3. Crear una visión y un plan de marketing interno para vender Seis Sigma.
4. Convertirse en un defensor a ultranza de Seis Sigma.
5. Fijar objetivos claros para Seis Sigma.
6. Hacerse responsable del éxito o fracaso de Seis Sigma.
7. Exigir medidas sólidas de los resultados.

8. Comunicar los resultados y los contratiempos.

2.3.2 Rol 2: Los Patrocinadores o Champions de los Proyectos

En la mayoría de las organizaciones, un patrocinador o Champion es un directivo que supervisa un proyecto Seis Sigma y es responsable frente al consejo directivo de su éxito. El rol de Champion es bastante delicado. Debe orientar al equipo de mejora del proyecto sobre el camino a seguir y ayudarle a superar cualquier obstáculo que pueda encontrar en la organización para continuar con su trabajo. Sin embargo, debe evitar “tomar el mando” del equipo o imponerle una solución para que se implante. Las responsabilidades del Champion incluyen:

1. Justificar la necesidad de los proyectos de mejora y fijar sus objetivos alineados con las prioridades del negocio.
2. Estar preparado para los cambios en la definición del proyecto y su alcance.
3. Aconsejar y aprobar los cambios en el equipo y alcance cuando sea necesario.

4. Conseguir recursos (tiempo, apoyo, dinero) para el equipo.
5. Defender el trabajo del equipo frente al consejo directivo.
6. Eliminar las barreras burocráticas que se presenten en el desarrollo del trabajo del equipo.
7. Trabajar junto con otros directivos para garantizar que la solución implantada por el equipo se incorpore al ritmo adecuado a los procesos de la compañía.
8. Aprender del equipo la importancia de una gestión basada en los datos y aplicar estas lecciones a su trabajo diario como directivo.

2.3.3 Rol 3: El Responsable de Implantación

Alguien tiene que gestionar el día a día del esfuerzo Seis Sigma. Dependiendo del tamaño de la implantación, puede ser suficiente con un responsable o director de Seis Sigma o ser necesario un grupo de personas para llevar a cabo todas estas tareas:

1. Apoyar al consejo directivo.
2. Identificar y reclutar a otros actores importantes, incluyendo la consultoría externa.

3. Colaborar en la selección y desarrollo de los materiales de formación.
4. Planificar y llevar a cabo la formación.
5. Apoyar a los patrocinadores de los equipos o champions.
6. Documentar el progreso de la implantación e informar al consejo directivo de los avances conseguidos y los problemas encontrados.
7. Llevar a cabo planes de marketing internos para la formación y el seguimiento de los equipos.

2.3.4 Rol 4: El Tutor de Seis Sigma (Master Black Belt)

El tutor de Seis Sigma aconseja a los propietarios de proceso y a los equipos de mejora Seis Sigma en áreas tan diversas como la utilización de herramientas estadísticas de medida, la gestión del cambio o las estrategias de diseño de procesos. Los tutores no deben cruzar la delgada línea que separa aconsejar de interferir, especialmente con los equipos de mejora. Deben acordar con los jefes de equipo el alcance exacto de su relación y la manera en que les prestarán ayuda.

Además de estar muy familiarizados con los fundamentos del trabajo en grupo y de la mejora, los tutores deben proporcionar ayuda en los siguientes temas:

1. Comunicarse con los champions y con el consejo directivo.
2. Establecer una estricta planificación del proyecto y ajustarse a ella.
3. Superar las resistencias encontradas en la implementación de Seis Sigma.
4. Estimar, medir y validar los beneficios, económicos o no, atribuidos a los proyectos de mejora.
5. Ayudar en la resolución de conflictos dentro y fuera del equipo.
6. Recoger y analizar datos sobre las actividades del equipo.
7. Ayudar a los equipos a promocionar y celebrar sus éxitos.

2.3.5 Rol 5: El Jefe de Equipo o Jefe de Proyecto (Black Belt)

El jefe de equipo o Black Belt es la persona directamente responsable del trabajo diario y los resultados de un

proyecto Seis Sigma. Sus funciones son parecidas a las del tutor, pero limitadas a un solo equipo. El jefe de equipo es, habitualmente, alguien familiarizado con el trabajo que se está analizando y suele formar parte del proceso que se intenta mejorar. Sus responsabilidades incluyen:

1. Revisar y aclarar la necesidad de acometer el proyecto con el Champion y ayudarle a comprender como se aplican las diferentes técnicas de Seis Sigma en el trabajo diario.
2. Trabajar con los miembros de equipo para desarrollar y actualizar el cuadro de proyecto y el plan de implantación.
3. Seleccionar o ayudar a seleccionar a los miembros del equipo del proyecto.
4. Identificar y conseguir recursos y datos para el equipo.
5. Apoyar a los miembros de equipo y ayudarles a aprender y utilizar la metodología Seis Sigma y sus herramientas estadísticas.
6. Asegurarse de que el equipo utiliza su tiempo de forma efectiva utilizando técnicas para la gestión de reuniones y herramientas para la toma de decisiones y la planificación de proyectos.

7. Mantener la planificación del proyecto y ayudar al equipo a avanzar para que complete el proyecto en los plazos preestablecidos.
8. Apoyar la implantación de las mejoras en los procesos de la empresa trabajando con sus responsables y propietarios.
9. Registrar los resultados del proyecto y crear un documento que muestre el trabajo y los resultados del equipo, habitualmente, una presentación para el consejo directivo.

2.3.6 Rol 6: Los Miembros de Equipo

Los miembros de equipo son elegidos, de forma habitual, por su trabajo en el proceso que se está revisando. Ellos proporcionan el cerebro y los músculos para la recogida de datos y su posterior análisis necesarios para la mejora del proceso. Como casi nunca se dedican al proyecto a tiempo completo, deben acordar con su jefe inmediato como lo compaginarán con su trabajo diario. Los miembros de equipo deben estar dispuestos a:

1. Hacer todo tipo de preguntas y participar activamente en el trabajo de equipo tanto en las reuniones como fuera de ellas.
2. Seguir las instrucciones para la recogida de los datos y su análisis.
3. Escuchar a los demás de forma activa y demostrar sus habilidades para la gestión de reuniones en las deliberaciones, decisiones y planes.
4. Llevar a cabo las tareas que se le encomienden entre las reuniones y explicar sus resultados al equipo.
5. Revisar el funcionamiento del equipo de cuando en cuando para mejorar eficiencia de las reuniones.

Es habitual que uno o varios integrantes del equipo sean Green Belts; los Green Belts suelen ser empleados que han recibido suficiente formación en Seis Sigma para participar en los equipos o, en algunas empresas, para trabajar de forma individual en pequeños proyectos relacionados con su trabajo diario.

2.3.7 Rol 7: El Propietario del Proceso

Cuando se comienza con Seis Sigma en una organización funcional, el propietario del proceso es normalmente un

directivo encargado de una parte de una función determinada. El es quien recibe la solución propuesta por un equipo de mejora y se convierte en el “propietario” responsable de dirigir el proceso mejorado.

Con el tiempo, a medida que Seis Sigma evoluciona, y la organización con él, el enfoque basado en las funciones será reemplazado por otro basado en los procesos clave. Los propietarios de proceso serán los que dirijan esos procesos “extremo a extremo” a través de la organización. La aparición de los propietarios de proceso es gradual en muchas empresas Seis Sigma. Esta figura solo alcanza su pleno significado en organizaciones que han apostado por la gestión por procesos como su forma de hacer negocios. La implantación de un sistema de este tipo puede llevar varios años [1].

2.4 Herramientas

Los impulsores de esta herramienta definen a Seis Sigma como una metodología de calidad aplicada para ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo, centrando su foco en la eliminación de defectos y en la satisfacción del cliente,

entendiendo como tal la concepción japonesa del mismo (es decir tanto el cliente interno como el externo) [2].

Sigma **(σ Σ)** es una letra del alfabeto griego que representa a la S, utilizada por los estadísticos para medir una variación.

Cuando se aplica a un proceso de negocio, una calificación Sigma indica una unidad o valor de eficacia en procesos y procedimientos. Cuanto mayor sea una calificación Sigma, menos defectos habrá.

La metodología Seis Sigma se basa en la curva de distribución normal para conocer el nivel de variación de cualquier actividad.

La mayoría de los procesos productivos siguen una distribución normal, con una distribución de frecuencias siguiendo la campana de Gauss, y con una probabilidad de que algunos valores queden fuera de los límites, superior e inferior, esta probabilidad es lo que se entiende como "probabilidad de defecto". El proceso será más confiable cuanto más centrada respecto a los límites y cuanto más estrecha y alta sea la campana. Una campana achatada y descentrada es consecuencia de grandes probabilidades de defectos. De forma gráfica el área de la campana de Gauss que queda fuera de la

zona marcada por los límites superior e inferior es justamente la probabilidad de defecto.

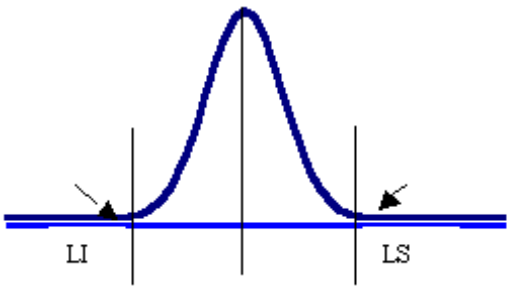


FIGURA 2.2. CAMPANA DE GAUSS

En las tablas de distribución normal encontraremos una relación entre esta área y la distancia Z definida como:

Z= (x-X)/ s. Siendo Z **el "Valor Sigma";** X la media y s la desviación típica.

La relación entre la probabilidad de defecto (área de la curva de Gauss que queda fuera de los límites superior e inferior) y Z (distancia desde el valor medio a este límite) para una distribución normal se encuentra en las tablas correspondientes.

La probabilidad de defecto total será la suma de la probabilidad de exceder el límite superior más la de exceder el límite inferior. En este caso, para el cálculo del valor de Z se suman ambas probabilidades.

El número Z es lo que en Seis Sigma se denomina “valor sigma” cuando únicamente se tiene un límite superior. Cuando existe un límite superior y otro inferior, se calcula un número sigma equivalente sumando las probabilidades de defecto de ambos extremos y con este se busca el valor Z.

Seis Sigma es una medida específica de calidad: 3,4 defectos por millón de oportunidades.

Una “oportunidad” se define como una ocasión para la disconformidad, o de no-cumplimiento de las especificaciones requeridas.

Este número surge del estudio de la capacidad de proceso a través de un índice de capacidad, el límite de diseño de Seis Sigma, y da como resultado 3,4 defectos por millón [2].

Por consenso las empresas han aceptado como norma niveles sigma tres (93,32% - Estándar Histórico equivalente a casi 67.000 defectos por millón de oportunidades) o sigma cuatro (99,38% - Estándar Actual – equivalente a casi 6250 defectos por millón de oportunidades). Alcanzar sigma seis equivale a sufrir menos de 4 defectos por cada millón de oportunidades (99,99966%), lo que significa poner la vara a un nivel más alto.

Esta metodología puede aplicarse a todas las actividades que conforman la cadena de valor interna, en las que se considera defecto todo aquello que provoca insatisfacción del cliente.

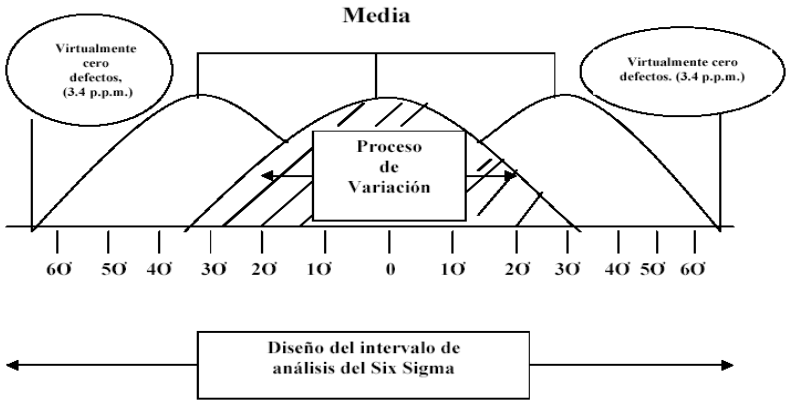


FIGURA 2.3. NIVELES DE LA MEJORA SEIS SIGMA

En la práctica Seis Sigma se ha convertido en el nombre de un conjunto de metodologías y técnicas que se aplican para reducir los costos, y que en un enfoque disciplinado erradican los desperdicios y errores habituales en las operaciones, tanto en procesos técnicos (de fabricación, por ejemplo) como en los no técnicos (administrativos, servicios, etc.). Ataca las causas de los problemas, mide y analiza detenidamente las operaciones a fin de determinar con exactitud cómo y por qué se producen los defectos, y luego toma medidas para abordar esas causas.

Este sistema se define en dos niveles: operacional y gerencial. En el primero de ellos se utilizan herramientas estadísticas para elaborar la medición de variables de los procesos industriales con el fin de detectar los defectos; en el segundo se analizan los procesos utilizados por los empleados para aumentar la calidad de los productos, procesos y servicios.

2.4.1 Fases

Las herramientas utilizadas por Seis Sigma se desarrollan en el marco del modelo conocido como DMAIC (sigla en inglés que significa definir, medir, analizar, mejorar y controlar), este modelo puede resumirse en cuatro fases básicas, ya que la primera de las mencionadas, consiste en la etapa de diagnóstico, no es específica del modelo, ya que es necesaria al implantar cualquier sistema [2].

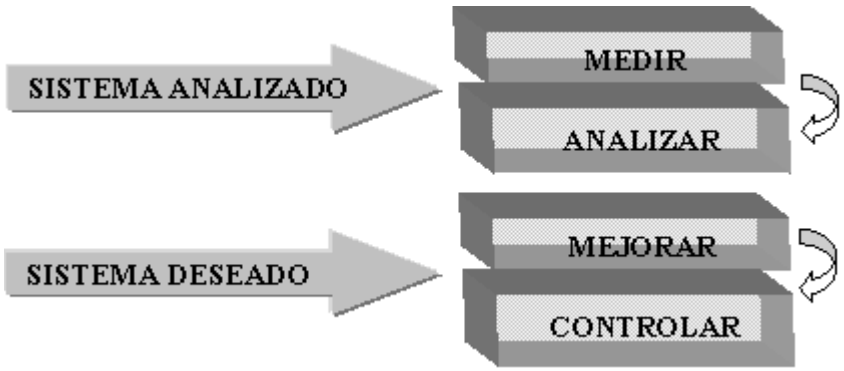


FIGURA 2.4. FASES DEL PROCESO SEIS SIGMA

Estas fases del proceso de Seis Sigma se centran en reducir la variación más que en probar o inspeccionar los productos o servicios una vez terminados. Las características básicas de las etapas son:

1. Definir y Medir el sistema existente.

Esta etapa consiste en identificar los procesos internos que influyen en las características críticas para la calidad (CTQ) que han sido definidas como tales por los clientes, y medir los defectos generados relativos a estas características. Entendiéndose por defectos las CTQ fuera del margen de tolerancia

Las variables que deben medirse son aquellas importantes para el negocio como: características del producto, contenido de mano de obra, tiempo del ciclo, materiales, etc., así como todo lo que sea rentable mejorar y las que sean necesarias para garantizar que las mejoras sean duraderas.

Para implantar el sistema hay que establecer ciertos parámetros cuyo conjunto dará el valor sigma de los

procesos o productos para el intervalo de tiempo que se quiera.

Conforme se desarrolla cada etapa se utilizan ciertas herramientas y técnicas potentes de recolección y análisis de datos. En esta etapa se utilizan estudios de benchmarking (comparación de los procesos de negocios con las empresas líderes, a fin de identificar oportunidades para mejorar el desempeño), de capacidad de proceso, correlación entre defectos y confiabilidad, además del uso de herramientas como [2]:

- **Diagramas de Flujo de Procesos**:

  Con los cuales se conocen las etapas del proceso por medio de una secuencia de pasos, así como las etapas críticas.

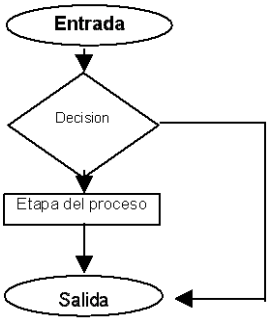


FIGURA 2.5. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

- **Histogramas:**

  Proveen la forma de distribución de los datos, así la tendencia central y la variabilidad se pueden estimar fácilmente. Los límites inferior y superior se pueden sobreponer para estimar la capacidad del proceso.

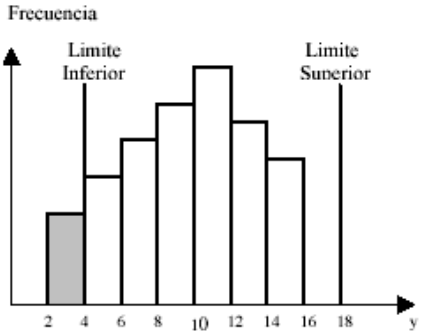


FIGURA 2.6. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

- **Diagramas de Tendencias**:

  Son utilizados para representar datos gráficamente con respecto a un tiempo, lo que permite observar y seguir los defectos en un proceso.

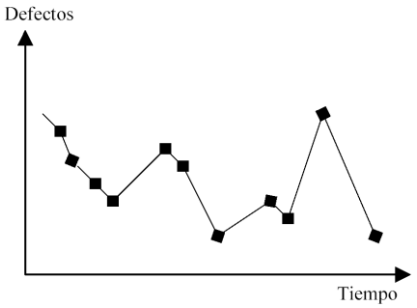


FIGURA 2.7. GRAFICA DE CORRIDA

- **Estudio de Capabilidad**

La mayoría de los productos fabricados hoy día son producidos usando límites de especificación establecidos, los cuales aseguran que el proceso esta produciendo un producto de calidad. El Análisis de Capabilidad, basado en una muestra de datos, estima el porcentaje del producto que cumple los límites de especificación y calcula varios índices de capabilidad que resumen lo comprendido en el *criterio de defectos por millón* [3].

Debido a que no todos los datos vienen de una distribución normal, el análisis se puede basar en otras siete distribuciones poblacionales o puede calcular índices de capabilidad no-normales usando una curva de Pearson.

El Gráfico de Capabilidad compara el comportamiento del producto observado con las especificaciones establecidas al ajustar una distribución a una muestra de datos y entonces estimar varios índices de capabilidad. Los índices se etiquetan como Cp, Cpk, etc. O Pp, Ppk, etc. La distribución ajustada da

estimados del porcentaje del producto que este fuera de especificaciones durante a través del tiempo.

Un estudio del proceso de capabilidad usualmente mide parámetros funcionales en el producto y no en el proceso mismo. Cuando el proceso puede ser observado directamente, y la captura de datos controlada o monitoreada, el estudio es un estudio real de capabilidad de proceso. Al controlar la captura de datos, y conociendo su secuencia, se pueden dar conclusiones acerca de la estabilidad del proceso a través del tiempo.

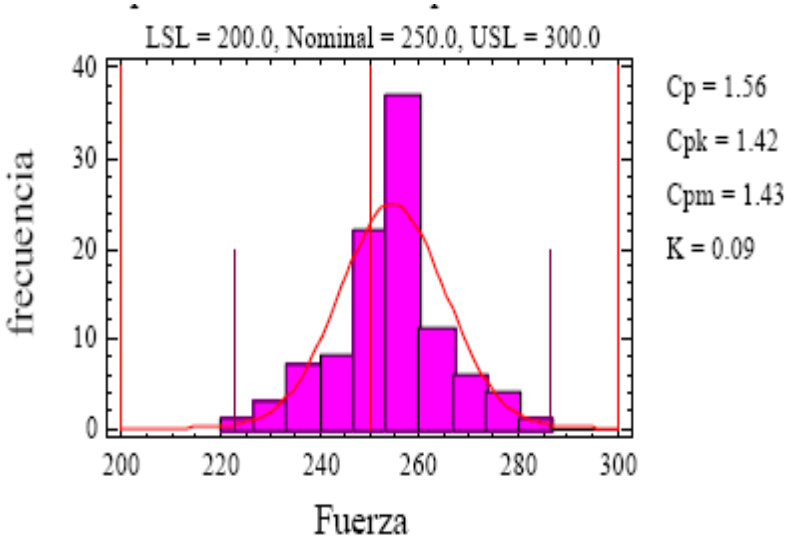


FIGURA 2.8. CAPABILIDAD DE PROCESO PARA UNA FUERZA

TABLA 1

ANÁLISIS DE CAPABILIDAD

Data variable: strength

Distribution: Normal
sample size = 100
mean = 254.64
standard deviation = 10.6823

6.0 Sigma Limits
+3.0 sigma = 286.687
mean = 254.64
-3.0 sigma = 222.593

Specifications		Observed Beyond Spec.	Z-Score	Estimated Beyond Spec.	Defects Per Million
USL =	300.0	0.000000%	4.25	0.001087%	10.87
Nominal =	250.0				
LSL =	200.0	0.000000%	-5.12	0.000016%	0.16
Total		0.000000%		0.001103%	11.03

La tabla anterior muestra un proceso que opera de cierto modo por arriba del nivel Seis Sigma de 3.4 defectos por millón. Si el proceso puede ser re-centrado de tal forma que el valor superior del valor Z se incremente por arriba de 4.5, entonces el objetivo puede ser alcanzado.

Límites de Tolerancia Estadísticos

A menudo es necesario usar información de un estudio de capabilidad para definir las especificaciones de partes discretas o componentes que interactúan con otros componentes para formar el producto final. Los

ingenieros quieren saber que tipo de límites pueden ser alcanzados dado una muestra de datos. Los límites de tolerancia estadísticos muestran el intervalo estimado dentro del cual cae un porcentaje especificado de productos. Comparando estos límites con los límites de especificación se indica la cantidad de mejoramiento que se necesita en el proceso [3].

TABLA 2

LÍMITES DE TOLERANCIA PARA UNA MUESTRA

```
Normal Tolerance Limits for strength

Normal distribution
     Sample size = 100
     Mean = 254.64
     Sigma = 10.6823

Specifications
     USL = 300.0
     Nominal = 250.0
     LSL = 200.0

95.0% tolerance interval for 99.9997% of the population
     Xbar +/- 5.13114 sigma
     Upper: 309.452
     Lower: 199.828
```

2. Analizar el sistema con el fin de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado.

El objetivo de esta fase es empezar a entender por que se generan los defectos. Mediante reuniones de brain-storming, herramientas estadísticas, etc., se identifican las

variables clave que dan lugar a los defectos. El producto de esta etapa es la aplicación de las variables que tienen mayor probabilidad de influir en la variación del proceso. Los gerentes examinan los resultados óptimos y tratan de comprender como se lograron, para luego establecer procedimientos que conviertan esos resultados en rutinarios.

Las herramientas más habituales utilizadas en esta etapa son [2]:

- **Diagrama de Pareto**:

  Se aplica para identificar las causas principales de los problemas en los procesos de mayor a menor, y con ello reducirlas o eliminarlas de una en una, empezando con la que provoca un problema mayor y después con las posteriores [2].

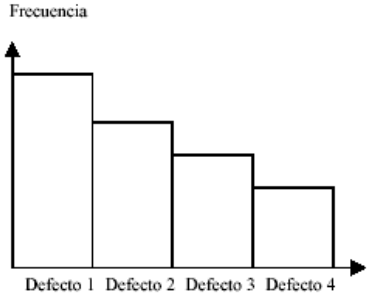


FIGURA 2.9. DIAGRAMA DE PARETO

- **Diagramas de Causa - Efecto**:

  Utilizados como lluvia de ideas para detectar las causas y consecuencias de los problemas en los procesos [2].

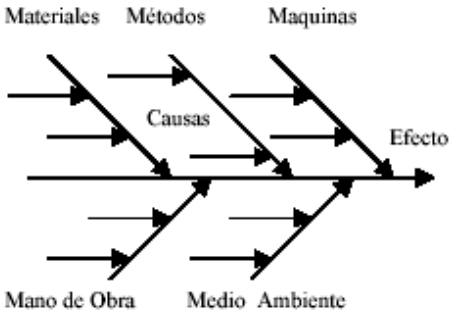


FIGURA 2.10. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

- **Diagramas de Dispersión**:

  Con los cuales se pueden relacionar dos variables. Permiten hacer estimaciones a primera vista e identificar puntos extraordinarios [2].

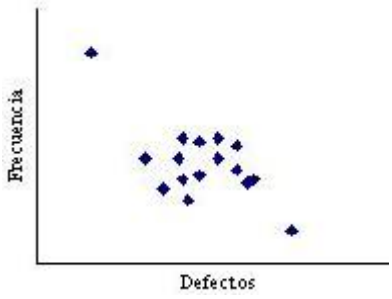


FIGURA 2.11. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

- **Estudios R&R en Equipos de Medición**

Antes de intentar mejorar la calidad de un producto aplicando un método estadístico, es de suma importancia asegurarnos que los parámetros de calidad puedan ser medidos con la precisión necesaria para estimar el impacto de los cambios en el proceso. Un estudio R&R cuantifica el error de medición al estimar la repetibilidad y reproducibilidad de un proceso de medición. En un estudio típico, varios operadores miden cada uno, un grupo de artículos seleccionados más de una vez [3].

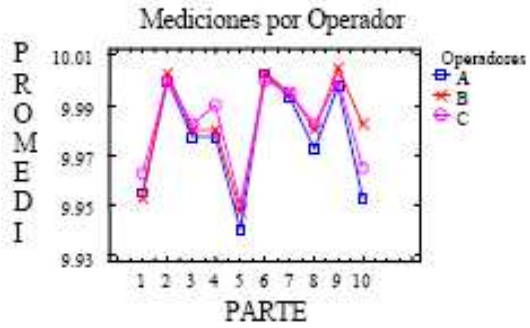


FIGURA 2.12. ANÁLISIS R&R

Información vital acerca de las diferencias entre los operadores así como la medición global del proceso se obtiene a través de este tipo de estudio. Un análisis

R&R cuantifica la extensión del error de medición y lo compara a las tolerancias del producto. La relación de precisión a tolerancia (P/T) en el reporte del instrumento, muestra la comparación del error de medición con el ancho de especificación. Un valor menor al 10 por ciento es muy bueno y muestra que el proceso de medición es capaz de distinguir entre los artículos buenos y malos.

3. Mejorar el objetivo de esta fase es confirmar las variables clave y luego cuantificar el efecto que tendrán sobre las CTQ, identificar los márgenes de variación máximos aceptables de las variables clave, asegurarse de que los sistemas de medición pueden medir la variación de dichas variables y modificar el proceso para permanecer dentro de los márgenes de variación aceptables. Generalmente se utilizan herramientas de gestión de procesos y métodos estadísticos para convalidar las mejoras [2].

- ***Análisis de Regresión y Ajuste de Curvas***

  Una vez que se identifica la lista de variables importantes que afectan a un proceso, se hace

necesario el modelar la relación entre las variables influyentes y las características de calidad. Algunas técnicas estadísticas que ayudan a construir estos modelos son los modelos de calibración y los análisis de regresión*:* regresión múltiple, regresión por pasos, regresión logística y regresión polinomial.

La figura abajo es un análisis de regresión que estima la relación matemática entre la variable de respuesta Y y una o más variables de predicción X [3].

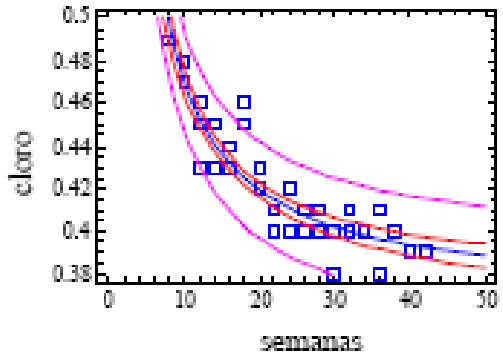


FIGURA 2.13. ESTUDIO DE CADUCIDAD

- ***Analizando la Variación de los Componentes***

Un aspecto importante para entender en donde están ocurriendo las variaciones en la calidad del producto es determinando la variabilidad en los diferentes niveles

del proceso. Los resultados se muestran en la gráfica de Componentes de Varianza [3].

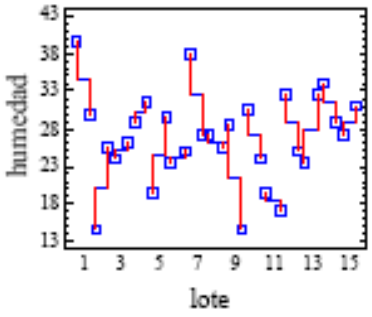


FIGURA 2.14. COMPONENTES DE VARIANZA

- ***Análisis de Varianza***

Cuando es necesario comparar varios grupos de datos, se usa el análisis de varianza (ANOVA), el cuál determina si existen diferencias significativas entre los grupos de datos, y en su caso, cuáles grupos son los que tienen diferencias significativas con los demás. La figura abajo muestra los resultados de una prueba de intervalos Tukey HSD, en donde las diferencias estadísticas significativas entre los grupos se determinan conforme los intervalos se sobrepongan [3].

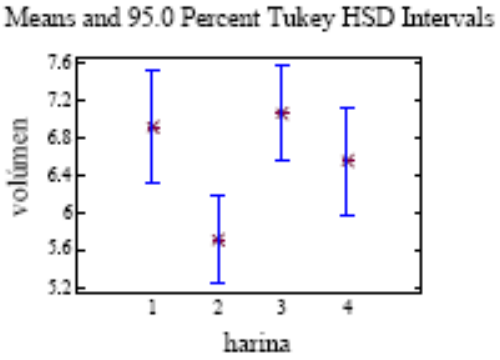


FIGURA 2.15. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

4. Controlar el objetivo de esta fase es garantizar que el proceso modificado permita ahora a las variables clave permanecer dentro de los márgenes de variación máximos aceptables utilizando herramientas como el Control Estadístico de Proceso (SPC) y gráficas de control que se aplican para mantener el proceso de acuerdo a un valor medio y límites superior e inferior, identificando causas especiales que afectan el promedio o la variación. Se genera así un proceso de mejora continua [2].

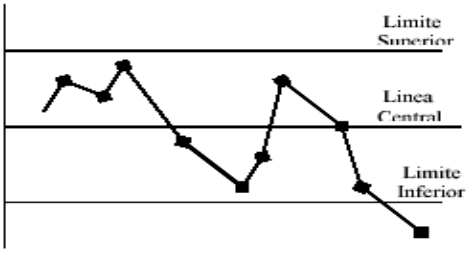


FIGURA 2.16. GRÁFICA DE CONTROL

- **Gráficas de Control**

Los fabricantes saben que es imposible inspeccionar o analizar la calidad por dentro del producto; el producto debe ser hecho correctamente la primera vez. El proceso de manufactura debe ser estable y todos los individuos involucrados deben continuamente tratar de mejorar la operación del proceso y reducir su variabilidad. Las gráficas de control son la forma más sencilla y fácil de lograrlo [3].

Una gráfica de control típica es un gráfico de estadísticas calculadas de una muestra de datos tomadas de un proceso vs. el tiempo. Una línea central y uno o dos límites de control se usan para señalar un comportamiento fuera de control. Se distinguen dos escenarios: estudio inicial, usado para determinar si el proceso está en control sin haber especificado algún valor óptimo para el proceso, y estudios de control vs. Standard, usado para determinar si el proceso es consistente con lo observado previamente o con un comportamiento deseado, al graficar los datos contra límites de control preestablecidos.

Gráficas de Control para Variables se usan para analizar datos de medición e incluir gráficos X-media y R, gráficos X-media y S, gráficos X-media y S-Cuadrada, y gráficos de valores individuales usados para analizar datos cuando solo un concepto es muestreado [3].

Gráficas de Control para Atributos se usan para analizar artículos clasificados de acuerdo a características que no pueden ser medidas e incluyen las gráficas p , np , u y c [3].

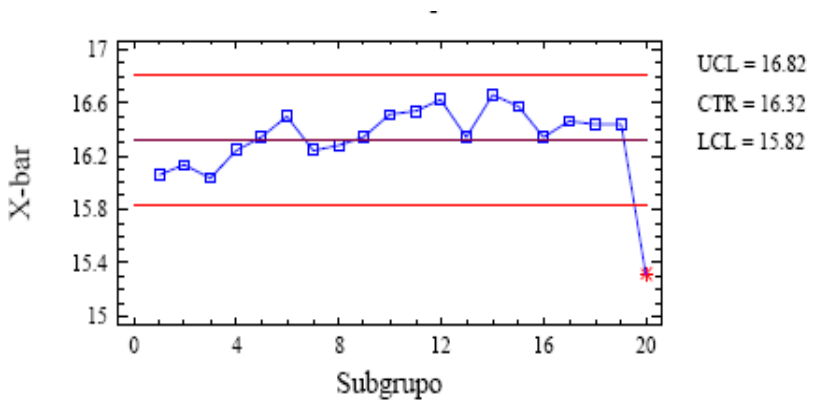


FIGURA 2.17. GRÁFICA X-BAR PARA CEREAL

Para situaciones en el que el proceso varía solo un poco de su nivel normal, se utilizan *gráficas de control ponderadas por el tiempo* que toman en cuenta el

pasado histórico del proceso cuando determinan si el proceso esta fuera de control. Las gráficas de control ponderadas por el tiempo incluyen los siguientes gráficos Promedios Móviles, PMPE (EWMA), CuSum (Máscara V y H-K), así como gráficos de valores individuales para cada uno de ellos.

- ***Diseño de Experimentos***

Analistas e ingenieros deben encontrar zonas de operación en donde las características deseadas se puedan mantener a través del rigor de la producción día con día. Esto hace necesario el diseñar calidad en el producto mismo y no solamente tomar acciones correctivas cuando algo sale mal [3].

Los experimentos estadísticamente diseñados pueden ofrecer una forma económica y consistente para entender un proceso, para que éste pueda ser conservado y mejorado en busca de la calidad del producto.

El Diseño de Experimentos se utiliza para crear varios diferentes tipos de diseños de experimentos,

incluyendo la determinación de que variables tienen el mayor impacto en los parámetros de calidad, encontrar definiciones óptimas para los factores más importantes, determinar la mejor proporción de componentes a usar en una mezcla, descubrir las condiciones de operación más sólidas cuando un proceso es insensible a variaciones en factores de ruido incontrolables, comparar niveles de uno o más factores categóricos y estimar la importancia relativa de los diferentes componentes de varianza en la variabilidad global de un producto.

Existen tanto diseños clásicos como modernos, incluyendo factoriales enteros y fraccionales, compósitos centrales, Plackett-Burman, Box-Behnken, Cuadrado Latino, Bloques Incompletos Balanceados (BIB), asi como D-óptima y diseños tipo Taguchi (Arreglos Dentro/Fuera). Todos estos métodos nos permiten analizar los resultados del experimento y graficarlos usando los métodos estadísticos más apropiados; por ejemplo un Gráfico de Pareto Estandarizado.

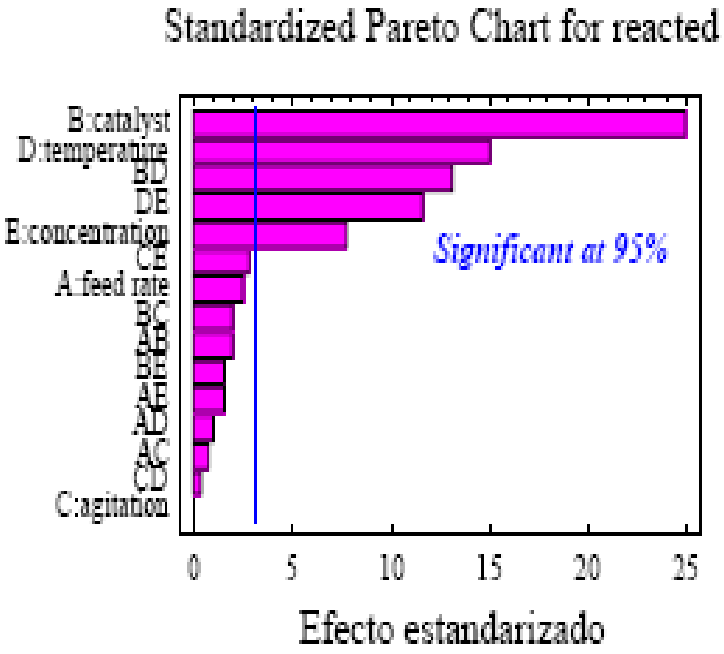


FIGURA 2.18. GRÁFICO DE PARETO ESTANDARIZADO

Adicionalmente indica que variables tienen un impacto estadístico significante en las respuestas [3].

CAPÍTULO 3

3. SITUACIÓN ACTUAL

Como se menciona en el capítulo 1 el enfoque del proyecto estará en el proceso de envasado, sobre todo en el envasado manual, en el cual se presentan las mayores variaciones y representa el 70 % del tipo de envasado existente en la planta.

3.1 Descripción del Proceso.

3.1.1 Definiciones y Clasificación.-

- Galones: Envases con contenido de 3785 CC (1 galón americano).
- Litros o cuartos de galón: Envases con contenido de 946 CC (1/4 de galón americano).

- Canecas: Envases con contenido de 18.925 CC (5 galones americanos).
- Baldes: Envases con contenido de 9. 46 CC (2.5 galones americanos).
- Muestra retenida o "retén": muestra tomada al final del proceso, por duplicado, y conservada en laboratorio como representativa del lote.
- Esticker: Etiqueta adhesiva con información del código de barra del producto.

3.1.2 Requisitos Generales.-

- Asegurar que la información del lote, código, referencia, nombre y color coincidan entre la hoja de producción, ficha de empaque, y estickers.
- Proceder con el envasado del producto de acuerdo con las instrucciones de reparto del lote y cuando se ha recibido la autorización de control de calidad (adhesiva verde).
- Los tanques, filtros, mangueras y demás instrumentos para envasar deben estar en buen estado de operación y limpieza.
- El personal que realiza las labores de envasado y embalaje deben tener la capacitación necesaria para su labor.

- El Coordinador de Empaque define el método de envasado de acuerdo con el tamaño del lote y la disponibilidad de equipos y personal. La norma general es que lotes iguales o menores a 300 galones se envasan manualmente, y para lotes mayores se utilizan llenadoras neumáticas.
- Bases para entintado in-can (bases que se entintan en los puntos de venta) deben ser llenadas por peso, así como también productos industriales como horneables, masillas automotrices, y otros en los que se ha indicado que el peso es crítico.
- Lacas catalizadas y otros productos en los que se indica, deben mantenerse con agitación durante el llenado para asegurar que todos los envases son homogéneos.
- Productos con pigmentos metalizados como aluminios y bronce, deben ser envasados el mismo día de fabricación para evitar daños por humedad.
- Dependiendo del tipo de envasado (Manual o Neumático), Se tomará el siguiente número de mediciones:

TABLA 3

MEDICIONES TOMADAS POR TAMAÑO DE LOTE

RANGO	MUESTRA	
# DE UNIDADES PARA ENVASAR	UNIDADES QUE SE DEBEN PESAR	
	MANUAL	NEUMÁTICO
1 – 99	5	-
100 – 499	10	5
> 500	15	10

- EL Coordinador de Empaque definirá los intervalos de la toma de las mediciones basado en el tamaño del Lote.

3.1.3 Descripción General del Macro Proceso

a) Jefe de Producción entrega al Coordinador de Envasado programa semanal de producción incluyendo cantidad y tamaño de los productos (Programa de producción para lotes grandes, para lotes pequeños. El Coordinador debe revisar lo que se está fabricando).

b) Jefe de Planificación envía al Coordinador de Envasado el Plan de Producción Mensual con los repartos de los productos.

c) Coordinador de Envasado genera tarjetas de envasado de acuerdo a tamaño de lote y cantidades de cada producto por ítem.
d) Coordinador de Envasado verifica el stock de material de empaque para la tarjeta generada.
e) Si falta material de empaque, vaya a f), sino, vaya a h).
f) Coordinador de Envasado comunica a Producción y a Compras para solucionar el problema.
g) Compras soluciona el problema y comunica a Producción y Coordinador de Envasado para que siga el proceso. Vaya a d).
h) Coordinador de Envasado entrega tarjeta de envasado a etiquetadores para que preparen el material de empaque.
i) Coordinador de envasado da la orden de envasar los productos programados a los envasadores.

3.2 Descripciones Específicas de los Micro Procesos

3.2.1 Etiquetado

i. Etiquetadores revisan y preparan máquinas: transportador, etiquetadora de códigos de barra e impresora de códigos de barra.

ii. Si las máquinas presentan algún desperfecto, vaya iii), sino vaya a v).

iii. Etiquetadores comunican desperfecto a Coordinador de envasado, Jefe de Producción y Jefe de Mantenimiento.

iv. Mantenimiento soluciona el problema. Vaya a i).

v. Etiquetadores preparan material de acuerdo a lo solicitado en la tarjeta de envasado.

vi. Etiquetadores o Coordinador de envasado imprimen etiquetas con código de barras para envases y cajas.

vii. Material etiquetado es almacenado en jabas listo para el envasado.

viii. Coordinador de envasado planifica el envasado Manual o Neumático.

3.2.2 Envasado Manual

I. Coordinador de envasado entrega tarjeta de envasado a envasadores.

II. Envasadores llevan tarjeta de envasado a Laboratorio para que apunten el peso por galón del producto a envasar.

III. Envasadores revisan equipos: grapadoras de pedal y manual, balanza y llenadora manual.

IV. Si las máquinas presentan algún desperfecto, vaya V), sino vaya a VII).

V. Envasadores comunican desperfecto a Coordinador de envasado, Jefe de Producción y Jefe de Mantenimiento.

VI. Mantenimiento soluciona el problema. Vaya a III).

VII. Envasadores preparan cajas o bandejas y canecas de acuerdo a lo solicitado en la tarjeta de envasado y preparan el lugar para envasar.

VIII. Envasadores realizan el llenado.

IX. Envasadores controlan el peso o volumen a llenarse de acuerdo al peso por galón de la tarjeta.

X. Envasadores sacan retenes del producto que se está envasando y entregan a Laboratorio.

XI. Envasadores embalan el producto envasado en cartones, lo acomodan en palets y ponen la etiqueta con el código de barra en cada caja del producto.

XII. Envasadores entregan tarjeta de envasado con los datos reales de envasado al Coordinador de envasado.

XIII. Envasadores lavan el equipo.

XIV. Envasadores entregan batch para lavado y Coordinador de Envasado verifica las cantidades de producto envasado realizando las correcciones que se requiera.

XV. Se realiza el cierre en el sistema Royal 4 (Sistema que se utiliza para controlar el flujo de materiales).

XVI. Coordinador de Envasado entrega el producto a Bodega de Producto Terminado.

Al realizar el envasado manual, el operador llena el primer envase, lo pesa, y observa el nivel del envase donde debe quedar. De allí en adelante el llena en base al nivel.

3.2.3 Envasado Neumático

i. Coordinador de envasado entrega tarjeta de envasado a envasadores.

ii. Envasadores llevan tarjeta de envasado a Laboratorio para que apunten el peso por galón del producto a envasar.

iii. Envasadores revisan equipos: grapadoras de pedal y manual, balanza y llenadora automática.

iv. Si las máquinas presentan algún desperfecto, vaya iv), sino vaya a vi).

v. Envasadores comunican desperfecto a Coordinador de envasado, Jefe de Producción y Jefe de Mantenimiento.

vi. Mantenimiento soluciona el problema. Vaya a ii).

vii. Envasadores preparan cajas de acuerdo a lo solicitado en la tarjeta de envasado y preparan el lugar para envasar.

viii. Envasadores calibran la llenadora neumática de acuerdo a las especificaciones de la orden de envasado.

ix. Envasadores realizan el llenado.

x. Envasadores controlan el peso o volumen a llenarse de acuerdo al peso por galón de la tarjeta.

xi. Envasadores sacan retenes del producto que se está envasando y entrega a Laboratorio.

xii. Envasadores embalan el producto envasado en cartones, lo acomodan en palets y ponen la etiqueta con el código de barra en cada caja del producto.

xiii. Envasadores entregan tarjeta de envasado con los datos reales de envasado al Coordinador de envasado.

xiv. Envasadores lavan el equipo y tanques de reducción y Coordinador de Envasado verifica las cantidades de producto envasado realizando las correcciones que se requiera.

xv. Se realiza el cierre en Royal 4.

xvi. Coordinador de Envasado entrega el producto a Bodega de Producto Terminado.

3.2.4 Emisión de Órdenes de Envasado en ROYAL 4

- Haciendo uso del Royal 4, en el menú maestro digitamos Control W.
- Se Digita el código del producto fabricado para poder ver el número de la orden de producción.
- Ir al menú PROCESO DE TRANSACCIONES y con la opción 51 Ver a donde dice " de orden de trabajo"
- Digitar el número de la orden de producción respectiva para luego proceder a imprimirla.
- En esta orden impresa anotar las cantidades de las diferentes unidades de medida en que se va a envasar el producto, estas cantidades están indicadas en el reporte mensual que el Jefe de Planificación envía.
- Entregar la orden a los etiquetadores.

3.2.5 Impresora de Códigos de Barras para Cajas y Envases.

a.- Código de Barras para Envases

- Ingresamos al programa de la impresora de Código de barras.
- Digitamos el código del producto envasado con la unidad de medida.
- Se anota la cantidad de etiquetas a utilizar.
- Se anota el # de lote del producto (tanda).
- Se imprime.
- Se entrega a los señores que trabajan en la máquina etiquetadora para su uso.

b.- Código de barras para cajas

- Ingresamos al programa de la impresora para código de barras para cajas.
- Digitamos “etiquetar”.
- Usamos la opción BAR-ONE.
- Luego la opción CAJA, aceptar.
- Ingresamos el código del producto fabricado con su unidad de medida.
- Digitamos el # de etiquetas a usar.
- Digitamos la fecha que se imprime la etiqueta.
- Digitamos el # del lote (tanda).
- Se imprime.
- Se entrega a los señores envasadores.

3.3 Puesto de Envasado

En la figura se observa la postura que adopta el cuerpo al desempeñar el trabajo.

FIGURA 3.1. PUESTO DE ENVASADO MANUAL

La postura “agachado” se asocia con un aumento en el riesgo de lesiones. Generalmente, se considera que más de una articulación que se desvía de la posición neutral produce altos riesgos de lesiones.

En el mejor de los casos el operador consigue o se sienta sobre una silla como la de la figura, pero por lo general lo hace sobre dos tarros de pintura que llena del lote que está envasando.

Se realizó una encuesta a todos los envasadores, de la cual se obtuvo la siguiente información:

- El promedio de edad de los operarios es de 35 años con una variabilidad de 8.82.
- La antigüedad promedio en sus puestos de trabajo es de 9 años.

- El 45 % ha terminado solo la escuela.
- El 50 % está capacitado para realizar otra actividad en la planta.
- Todos los operarios entrevistados manifestaron dolor: el 6,25% presenta dolor en el hombro, 25% dolor en el codo y el 12,50% refieren dolor en la mano. En los miembros inferiores no se presentó dolor. El 81,25% de los operarios ha presentado dolor en la región lumbar.
- En cuanto a las características del síntoma (dolor en la región lumbar), el 56,25% refiere sentir molestia y el 43,75% refiere sentir dolor. Un 62,5% de los encuestados presentó 1, 2 ó 3 episodios en el último año y en el mismo período sólo 18,5% no presentó ningún episodio.
- Los operarios refieren que la principal causa del dolor o la molestia es por la postura mantenida (80%), por lo cual deben levantarse a cada rato para estirar su cuerpo. Luego está la repetición (9.25%), el sobreesfuerzo (7%) y levantamiento de carga (3,75%).
- El 37,5% de los operarios recibió tratamiento y todos ellos presentaron mejoría. Los restantes operarios, quienes no recibieron tratamiento, refieren no haberlo necesitado.
- El 18,75% de los operarios presentó días de licencia médica.

Se analizó también el rendimiento que tenían los operarios de envasado, obteniendo los siguientes resultados:

- Trabajan siempre en grupos de 2. Uno envasa, y el otro provee de material de empaque y arma los palletes con el producto envasado.
- Llenan lotes de 400 a 2800 litros (400, 700, 1100, 2000 y 2800).
- Envasan en unidades de diferentes tamaños: litros, galones, canecas y tanques.
- El tiempo de llenado depende de las unidades en las que se envase, siendo la más lenta, el envasado en litros. Para efectos del proyecto se convertirá todo a galones y se calculará y entregará resultados en esta misma medida.
- El promedio de envasado es de 375 galones por día (8 horas de trabajo).
- Debido a que el operador envasa tomando el nivel de la primera unidad, se demora más en el turno de la noche que en el día.

3.4 Formatos

En el proyecto se utilizó un formato para realizar la toma de datos, el mismo que se encuentra descrito en el APÉNDICE A: DATOS PARA OBTENER LA VARIACIÓN DEL PROCESO.

CAPÍTULO 4

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA 6 σ

4.1 Definir

4.1.1 Objetivo General

El objetivo general del proyecto es el siguiente:

Entregar a los clientes las cantidades prometidas en cada unidad, para crear una relación de confianza fortaleciendo el sentido de pertenencia del cliente con la empresa, incrementando así las barreras de entrada a competidores.

4.1.2 Objetivo Específico

El objetivo específico del proyecto es el siguiente:

Disminuir y controlar las diferencias en el volumen de llenado, asegurando así desde el punto de vista legal y económico que los clientes reciben la cantidad de pintura por la cual están pagando.

Se debe asegurar que las variaciones en el envasado, independiente de la forma de llenado por peso o por volumen, no superen las diferencias de referencia (+/- 1) %.

4.1.3 Beneficios del Proyecto

Los beneficios del proyecto de control de la variación en el llenado de pinturas se calcula con base en las cantidades extras de pintura, no se tomarán en cuenta las cantidades faltantes que se están envasando por tarro en la planta, debido a que es un valor muy difícil de estimar y tiene que ver más con las demandas que podría sufrir la Compañía Pinturas ABC por parte de sus clientes al no cumplir con lo que promete, y también, sanciones por no cumplir con lo que establece las Normas INEN, pero esto no quiere decir que no se va a controlar.

Para conocer la variación que tenía Pinturas ABC por encima del 1% y por debajo del 1% en su proceso de

envasado de pinturas, se tomaron datos de los pesos de llenado de 4 meses: Abril, Mayo, Junio y Julio del 2008; aquí se pudo establecer que en promedio la variación por encima del 1% es del 2.57% por unidad y por debajo del 1% es del 1.43%. Además, el 64% de los datos tenían una variación por encima del 1%, 24% estaban dentro de lo normal y el 12% restante tenían una variación por debajo del 1%.

Se conoce por información proporcionada por la Dirección de Manufactura que Pinturas ABC produce mensualmente en promedio 160.000 galones de pintura entre las líneas de producción de pinturas base agua y base solvente, con un total anual de 1’920.000 galones de pintura.

El valor del ahorro se calculará con base en los galones envasados de pintura de las líneas de producción base agua y base solvente, multiplicado por el 64% que es la proporción de galones con variación por encima del 1%, multiplicados por la disminución en la variación por encima del 1% del envasado de pinturas, y multiplicado por el costo promedio de fabricación de un galón de pintura del mes.

A continuación se presenta un estimado del ahorro que se tendrá con el proyecto de control de la variación en el llenado de pinturas.

TABLA 4

VARIABLES PARA MEDICIÓN DE BENEFICIO

Mes	
Descripción	Variación Ref.
Galones producción	160.000
Proporción de la producción que tiene variación por encima del 1%	64%
Variación	2.57%
% de galones dentro del ± 1%	50%
Costo promedio de galón fabricado en el mes	$ 5.14
Ahorro mes	$ 6,763.42
Ahorro año	$ 81,161.01

Este cuadro quiere decir que si se logra disminuir en un 50% la variación del envasado por encima del 1%, el ahorro será de $ 6,763.42 al mes, y de $ 81,161.01 por año.

Inicialmente se medirá el ahorro con los galones fabricados que sean envasados en los puestos de trabajo modificados (2 puestos en agosto); al siguiente mes estarán listos 6 puestos de envasado (2 del mes anterior y cuatro nuevos), llegando al tercer mes con los 8 puestos de envasado manual modificados.

A continuación se presenta la forma de medir el beneficio en los primeros cinco meses, desde Agosto hasta Diciembre del 2008. Los datos de galones de pintura envasados y porcentajes de disminución de la variación por encima del 1% por mes, son inventados para poder visualizar el cálculo, además, se asume que el costo promedio de fabricación por mes ($ 5.14 / Galón) no varía:

TABLA 5

EJEMPLO DE CÁLCULO DE BENEFICIO DE 6 MESES

Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08
50,000	90,000	165,000	178,000	167,000
64%	64%	64%	64%	64%
2.57%	2.57%	2.57%	2.57%	2.57%
50.00%	60.00%	65.00%	75.00%	90.00%
$ 5.14	$ 5.14	$ 5.14	$ 5.14	$ 5.14
$ 2,113.57	$ 4,565.31	$ 9,067.21	$ 11,286.45	$ 12,706.77

4.1.4 Grupo de Trabajo

Aprovechando el entrenamiento de Sponsor y Green Belt que tuvo personal seleccionado de la Compañía y el impacto económico esperado del proyecto de control de la variación del envasado de pinturas, se decidió establecer un proyecto Seis Sigma para el desarrollo del mismo. Con el Asesoramiento de un Black Belt de la División Pinturas del

Grupo de Inversiones Mundial se estableció el siguiente grupo de trabajo:

a. **Sponsor:** Gerente de Manufactura.
b. **Black Belt:** Isabel Cristina Mejía Velásquez.
c. **Green Belt:** Luis Echeverría.
d. **Miembros del equipo:** Jefe de Producción, Coordinador de Envasado y Envasadores.

4.1.5 Plan de Trabajo

Para establecer el plan de trabajo, el equipo de trabajo desarrolló una Matriz PFMEA (Potential Failure Modes and Effects Análisis), Análisis del Modo Potencial de Falla y su Efecto, con lo cual se decidió que se debía trabajar en los siguientes aspectos para que el proyecto de control de variación en el llenado de pinturas tenga éxito:

Mejoras en proceso de cierre de fórmulas y funciones de Coordinador Envasado.

a) Mejoras en distribución de espacio en planta.
b) Cambios de layout de planta y reubicación de oficinas.
c) Normas INEN para diferencia permisible de envasado.

d) Mejoras para ergonomía en área de envasado, regulaciones.

e) Revisión de procedimientos para envasado.

f) Revisión de recursos para envasado.

4.1.6 Necesidades y Requerimientos del Cliente

La identificación de los requisitos exigidos por el cliente se definieron a través de reuniones y consultas entre los directivos de la compañía, búsqueda en Internet y la normatividad de Ecuador sobre cantidades envasadas, con lo cual se determinó lo siguiente:

1.- La Gerencia General de Pinturas ABC tiene la necesidad de estar segura que está cumpliendo con la normatividad del Ecuador, específicamente, que la pintura envasada en las diferentes unidades esté dentro del rango especificado en las normas INEN, es decir, dentro del +- 1 %. Con esto, Pinturas ABC quiere evitar cualquier tipo de problema con las leyes ecuatorianas y algún tipo de demanda judicial por parte de los clientes.

2.- Pinturas ABC busca constantemente generar mayor valor agregado para sus clientes, y en dicha búsqueda,

quiere que la seguridad y confianza de los clientes en los productos sea la base para afirmar un sentido de pertenencia fortalecido. Pinturas ABC quiere que sus clientes estén seguros de que la cantidad de pintura envasada que promete en cada unidad siempre se cumple.

4.1.7 Análisis de Datos

El análisis de datos se realiza a partir de la recolección de los mismos una primera etapa durante dos meses, los meses de Abril y Mayo 2008 y luego hasta julio del 2008.

Las variaciones presentadas en los envasados manuales se esperan controlar con capacitaciones, estandarización de proceso de envasado, rediseños en los puestos de envasado, condiciones ergonómicas para el proceso y el puesto de envasado, etc.

Se planea para el proyecto que las plantas tengan 8 puestos de envasado, 5 en planta base de agua y 3 en base aceite; en este momento se cuenta con dos básculas que pueden permanecer fijas en los puestos de envasado, una para la

planta base de agua y una para la base aceite, por lo que se limita bastante el control inicial.

4.2 Medir

4.2.1 Análisis del Sistema de Medición (Estudios Gage):

Con el fin de asegurar la estandarización del proceso, se verificaron los sistemas de medición usados y se analizó el cumplimiento de algunos procedimientos y métodos en las plantas, a través de la aplicación de los Gage R&R:

1. **Gage para Pesaje en Básculas:**

   Se verifica el procedimiento de pesaje de producto terminado: tara de la báscula, control de llenado, toma de datos, redondeo de décimas, etc. La variación se presenta a causa del equipo (realmente no hay equipo). Para comprobar, se hizo llenar 10 unidades procedimiento actual e incluyendo una balanza, se tomó el tiempo y pesó para establecer las diferencias. El tiempo casi no varió, pero el nivel de llenado mejoró.

2. **Procedimiento de Envasado:**

Se verifica que las acciones sean iguales a las descritas en el SOP de ISO; se cambia el procedimiento facilitando la operación de inicio de envasado y coordinación de manejo de insumos, de esta forma se elimina un paso en el procedimiento actual.

3. Procedimiento de Entrega de PT a Logística:

Se revisan la secuencia de operaciones. Se modifica proceso y redistribuyen funciones a diferentes personas para agilizar la operación y eliminar dependencia de la oficialización de la entrega de una sola persona, es decir, el coordinador de envasado ya no maneja la bodega de material de empaque.

4.2.2 Estudios de Capacidad a Corto Plazo:

Capacidad de Proceso para llenar Kilos/galón: Es analizada con base en la variación aceptada (variaciones de +/- 1%)

A continuación se presenta la gráfica que refleja la variación encontrada con base en los datos que se tomó en los meses de Abril y Mayo de 2008.

Ideal valores de 1.33 (Cp – Cpk; Pp – Ppk).

El nivel sigma (Z= 3 * Cp).

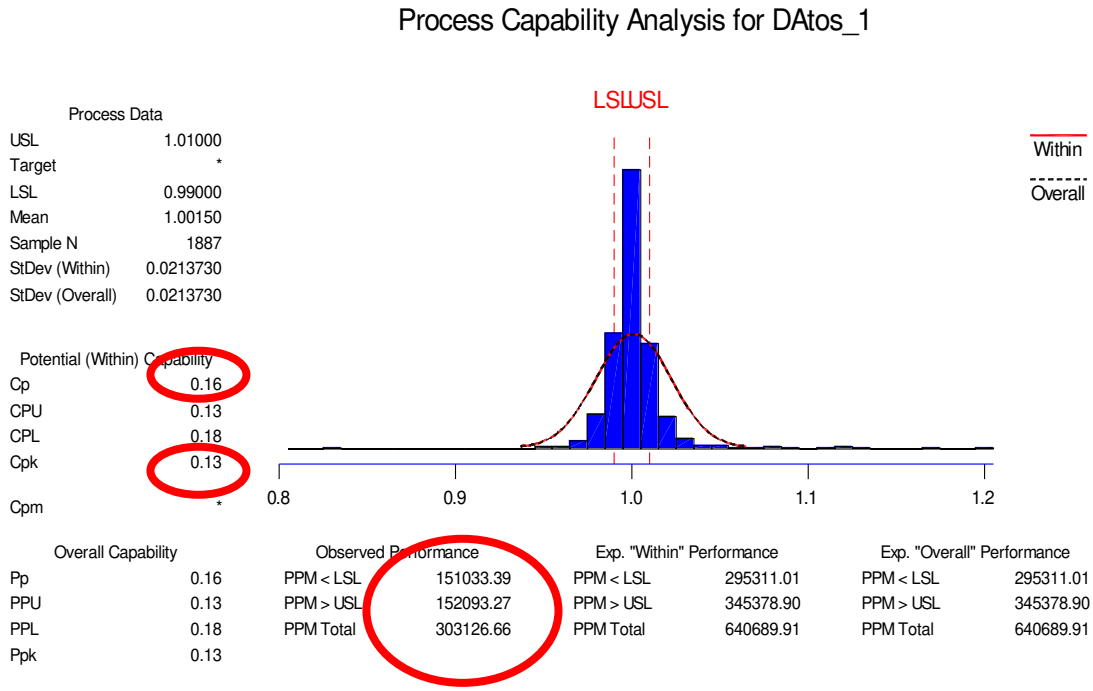


FIGURA 4.1. ESTUDIO DE CAPABILIDAD DEL PROCESO DE ENVASADO

Se concluye que el proceso presenta variación y desplazamiento, lo que refleja la presencia de costos innecesarios, mal administrados u operaciones irregulares e inestables que generan mayor variación, como por ejemplo: el control del volumen a envasar es visual, cada cuantas unidades se verifica el peso, la diversidad de los tamaños de lote, # de unidades para verificación de la báscula, la altura de la olla y el operario.

4.3 Analizar

4.3.1 Pruebas de Hipótesis:

Las herramientas usadas en la fase anterior mostraron que las siguientes variables podían influir en la variación de resultados, por la cual las pruebas de hipótesis fueron enfocadas principalmente al análisis de factores identificados como claves:

- Control de volumen a envasar: visual.
- Cada cuanto (# unidades) se verifica peso.
- Tamaño de lote (gal).
- # de unidades para la verificación de la báscula.
- Altura de la olla.
- Operarios.

Sobre algunos factores se pueden realizar cambios inmediatos aprovechando algunos elementos existentes en planta, este es el caso de la altura de las ollas para envasar, (altura considerada del piso a la parte baja de la Olla).

Inicialmente la olla se elevaba a una altura mínima, casi a nivel de piso, lo que hacía que las condiciones de envasado fueran más difíciles e incómodas para los operarios y con un proceso de envasado poco confiable en cuanto a cantidades a envasar se refiere. El ángulo de visibilidad para envasar, la luz, la posición del operario, dificultaba siempre el proceso. Por lo que se decidió construir soportes metálicos más altos para poner las ollas al envasar, que permitan que el operario esté de pie como en el envasado neumático, además, también se elaboraron dos mesas, una para poner la tina donde se filtra la pintura y la otra para facilitar el desplazamiento de los tarros envasados. Finalmente, se fabricó una tercera mesa, que sirve para colocar la balanza debajo de la tina de envasado.

Antes:

FIGURA 4.2 DISEÑO ANTERIOR DEL PUESTO DE ENVASADO

Ahora:

FIGURA 4.3. DISEÑO ACTUAL DEL PUESTO DE ENVASADO

Más adelante analizaremos el resultado que tuvo cambiar la posición del operario.

Ahora se priorizan los análisis y acciones sobre los factores que afectan significativamente la variación.

4.4 Implementar

4.4.1 Ecuaciones de Regresión

Se tomaron datos hasta Julio de 2008 sobre los factores restantes: Tamaño de lote (galones), número de unidades verificadas, tiempo, posición del operario y control de la báscula. Con los datos obtenidos se elaboró una ecuación de regresión que muestra o define que tanto afecta cada factor a la variación en el proceso. A continuación se muestra la ecuación de regresión:

The regression equation is

Var = 1.56 - 0.0731 Tamaño de lote (gal) + 0.056 Catego tpo

+ 0.0877 Categoriza num unidades verific

- 0.097 Categor posición Oper (altura)

- 0.107 Categoriza num unidades báscula

4.4.2 Diseño de Experimentos:

Con base en los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis, los modelos matemáticos (ecuación de regresión) y el conocimiento del equipo de trabajo junto con los dueños de proceso en las plantas, se plantean cambios buscando

obtener reducciones de la variación en el llenado y el logro de las CTQ´s requeridas por el cliente.

Así mismo, en el análisis de los gage se comprobó que el factor humano no influía en el resultado, por lo cual se bloquea la variable Operario.

Los factores y niveles son los siguientes:

TABLA 6

FACTORES Y NIVELES DEL DISEÑO DE EXPERIMENTO

Datos	Variación						
2 a la 4	Variación	# unidades		# unid q		Envasado	
Bloque: Operario	Formula inicial	para verificar peso	Gal del lote	revisan báscula	# veces	siempre con báscula?	Error unidades aceptado
Replicas 2	1	15	300	1/3 parte	3	Con	1
Corridas 16	3	100	700	1/ 10 parte	10	Sin	5

Los resultados después de la experimentación nos muestran la mejor combinación o condiciones ideales para una menor variación expresadas en un análisis cubo:

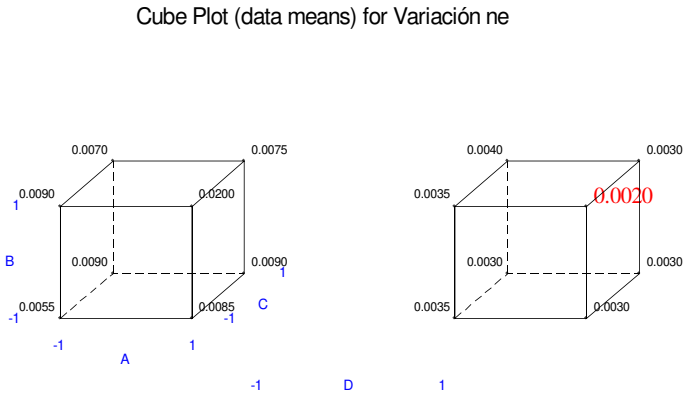


FIGURA 4.4. ANÁLISIS DE CUBO PARA DISMINUIR VARIACIÓN

Condiciones ideales para una menor variación:

- D: Envasado con o sin báscula: (+1) con báscula.
- C: Cada cuantas unidades se verifica la tara: (-1) 3 veces en todo el envasado.
- A: Tamaño de lote ideal: (+1) 700 Gal.
- B: # de unidades a pesar: (+1) 100.

4.4.3 Nuevos Diseños en los Dos Puestos de Envasado:

Se implementaron cambios en dos puestos de envasado, uno en la línea de producción Base Agua y otro en Base Aceite.

Los resultados al poco tiempo de implementación fueron excelentes:

- Se disminuyó el tiempo de envasado.
- Se entrevistó a los operarios sobre las dolencias que sentían antes de lo cual el 100% de los operarios manifestó una mejoría y sentirse a gusto con el nuevo puesto de trabajo.
- El promedio de envasado aumentó a 649 galones por día, llegando incluso a envasar, dependiendo de la variación de las unidades requeridas, hasta 1000 galones

Planta Base Aceite

Planta Base de agua

FIGURA 4.5. PUESTOS DE ENVASADO EN LUGARES DE TRABAJO

4.5 Controlar

4.5.1 Estudios de Capacidad a Largo Plazo:

En el punto 4.2.2 se analizó Capacidad de Proceso a Corto Plazo, la variación y el desplazamiento encontrados son significativos, por eso primero se ataca la variación y luego el desplazamiento.

Plan de Implementación

FMEA del Proceso:

En la matriz se identifica que en la mayoría de las actividades se requiere capacitación constante. El mejoramiento continuo y sostenible, la difusión de cambios realizados a todos los niveles interesados, la verificación de cumplimiento de procedimientos, entre otras, son actividades que se convierten en críticas y necesarias para el logro de los objetivos deseados y el buen funcionamiento del proceso de envasado.

En la primera revisión de la matriz se identificaron las actividades prioritarias sobre las cuales se debía trabajar y los responsables tomaron acciones, como evaluación sobre

nivel de conocimiento de procedimientos y métodos de los responsables de los procesos, uso adecuado de equipos, el diseño de puesto de envasado no adecuado, la falta de demarcaciones en las zonas, el desorden y la limitación de espacio que esto genera, el trabajo desorganizado, la falta de orden y aseo, prácticas inseguras, falta de ergonomía para los envasadores, etc.

4.5.2 Plan de Control del Proceso:

Logros Sostenibles: Los cambios en el diseño del puesto de envasado, la coordinación para el manejo de básculas, la demarcación de zonas y el establecimiento de un flujo adecuado de los productos, el diseño ergonómico, la insistencia en los temas de orden y aseo, salud y seguridad, capacitaciones para el manejo de básculas, fábrica visual, entre otras, son claves para el éxito del proyecto y el mantenimiento de programas como las 5S, ISO 9000, ISO 14000 son claves para ello.

Cambios en los SOP: Los cambios deben ser oficializados a diferentes niveles en las áreas relacionadas con la(s) modificación(es) de los procedimientos y se mantienen a través de auditorias con los encargados de la ISO.

Capacitaciones Continuas: Programas establecidos con el personal de la ISO, con los Green Belts y el encargado de programas como Orden y Aseo, Utilización eficiente de recursos, etc.

Estandarización del Proceso: Este manejo de estandarización y mejoramiento continuo se establece a través de los programas que la compañía tiene establecidos como el de las 5S, Programas de Capacitaciones y capacitaciones realizadas en algunos temas estadísticos para personas como Green Belts para controles, retroalimentaciones y toma de acciones preventivas y/o correctivas.

Las 5S: En la organización se trabajan programas que a nivel empresarial completo y no solo relacionado con las procesos que se manejan en el proyecto, buscan aplicar y mantener los principios cobijados por las 5S, con el nombre de Orden y Aseo, dicho programa se ha venido manejando en la Compañía, para lograr la certificación ISO 14001, lo que implica aun mas compromiso de la Gerencia, líderes de áreas, dueños de procesos, etc.

Se busca asegurar que todo el trabajo sea adecuado y seguro, tanto para el producto como para el personal.

Fábrica Visual: Después de identificar los puntos críticos para el proyecto, se definen los siguientes ítems: Control de cantidades envasadas, gráficas de control (identificando # de unidades erradas), hoja para sugerencias, etc. En cada punto se darán difusiones de la información a los implicados en el proceso, para mantener clara la importancia de hacer control en esos puntos y la necesidad de dar a conocer información, por esta razón el Green Belt queda como responsable de la difusión, análisis y generar discusiones sobre los resultados obtenidos cada mes. Así se identifican las reales causas de estas fallas y es posible tomar acciones correctivas y preventivas para controlar y definitivamente estandarizar dichos procesos.

FIGURA 4.6. TABLERO PARA DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Mediciones Mensuales de Resultados: En las líneas de producción, se tomarán datos diarios en los puestos de envasado con modificaciones; con estos datos se identificaran principalmente dos situaciones: la variación en el proceso de envasado, el # de unidades o porcentaje de unidades que se están envasando con mas o menos cantidad de la requerida, permitiendo hacer diagnóstico de progreso en el proceso.

Sistemas de Recolección de Datos: La información inicial para identificar las variaciones de envasado se obtienen de reportes que tienen en la planta, son registros que llevan K/g teórico, peso de unidades envasadas, datos de lotes

envasado; de cada producto envasado se toman muestras aleatorias y se registran los datos de peso por unidad.

Requerimientos de Entrenamiento: Según las mediciones realizadas y analizadas a través de los Gage, es importante que se mantengan capacitaciones constantes con los operarios en aplicaciones de los procedimientos (de envasado, manejo y calibración de básculas), variables que pueden generar reproceso incrementando el costo y el tiempo del proceso, el riesgo de errores en los cantidades envasadas y demoras en las entregas a los clientes.

Programa de Mantenimiento Preventivo: Las actualizaciones de los procedimientos y la difusión de los mismos, son necesarios para lograr la estandarización buscada.

Los ajustes deben ser reportados a los implicados en los procesos y los responsables de actualizar los procedimientos de la ISO, para no tener que tomar acciones correctivas después.

Cada seis meses se deben realizar evaluaciones y revisión de métodos y SOP, al igual que el conocimiento de los responsables en dichos métodos y SOP. Auditorias de ISO.

La retroalimentación constante de cambios, equipos nuevos y sus requerimientos, son básicos para que las estandarizaciones se puedan lograr.

Para los equipos se cuenta con procedimientos de mantenimiento, montajes y metrología siendo una parte básica para asegurar que se sigue buscando la estandarización total del proceso.

Ítems Abiertos para Acción: Las capacitaciones para calibración y manejo de básculas, dependen de la coordinación del Green Belt y el Coordinador de Gestión Humana. Deben ser constantes y repetitivas.

Las actualizaciones y difusión de los SOP dependen del Green Belt, los dueños del proceso y el Coordinador de ISO.

Capacitaciones constantes dependientes de la gente de Calidad e ISO para asegurar aplicaciones adecuadas de procedimientos principalmente en el manejo de básculas y SOP envasado, registros de datos, esto a través de Gage.

Hoy se cuentan con dos puestos de envasado modificados, uno en planta base de agua y otro en planta base aceite. Para el mes de septiembre del 2008, se deben tener 4 puestos mas (de envasado, modificados), para un total de 6 puestos, 4 en base de agua y 2 en planta base aceite, y para el mes de octubre, entraran a trabajar dos puestos mas, para un total de 8 puestos de envasado con todas las modificaciones planteadas: soportes para las ollas, mesas para deslizar los tarro que se envasen, básculas con display visibles, iluminación adecuada, demarcación de zonas, identificación clara de flujo de materiales, etc. El responsable de estos montajes es el Green Belt (Luis Echeverría), la solicitud de las básculas y los sopotes para las ollas que falten, etc., se hará directamente a la Gerencia General y el personal de compras agilizará la adquisición de las mismas, pues ya entienden la urgencia de ello.

La Gerencia General y la Gerencia de Logística, se comprometen a definir varios puntos de almacenamiento dentro de la planta para PT, a estos lugares se llevará el producto terminado después de ser entregado por producción a logística, asegurando evacuar el producto de la planta inmediatamente se entregue y contando siempre

con espacio suficiente para realizar el proceso de fabricación y envasado como es debido. La definición de espacios y el traslado del producto, se realizará durante las dos últimas semanas del mes de agosto. Los responsables de esta acción serán: El Gerente General, el Director de Logística y el Director de Manufactura.

Las mediciones se realizarán todos los meses, en todos los puestos de envasado modificados. Los análisis de datos y las acciones preventivas y/o correctivas que surjan de dicho análisis deben ser realizados inmediatamente y asegurar el mantenimiento de las mismas. El Green Belt, se convierte en el dueño de dicho proceso y junto con los envasadores deben poner en marcha las acciones necesarias.

Cada quince días o cada mes, según el volumen de producción, el Green Belt se deberá reunir con los envasadores y analizar la información de la fábrica visual (Gráfica P), recibir sugerencias y trabajar con propuestas planteadas por ellos que permitan seguir mejorando.

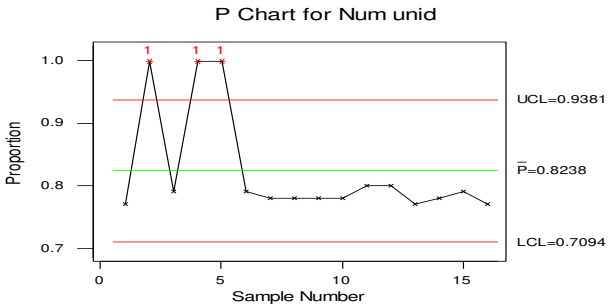


FIGURA 4.7. GRAFICA DE CONTROL P DEL PROCESO DE ENVASADO DE PINTURAS ABC

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS

5.1 Análisis Costo-Beneficio

5.1.1 Costos (Inversión)

Revisando en detalle los componentes de los costos, obteniendo información de los lotes fabricados en el año 2007, se observa que el mayor porcentaje de contribución se encuentra en los materiales (92%), el resto lo componen el costo indirecto de fabricación y la mano de obra.

A continuación se da un ejemplo de cómo se calcula el costo de un lote de pintura de 700 galones, pero para efectos del proyecto se trabaja con el costo promedio que es $ 5.14 / Galón.

TABALA 7

CÁLCULO DEL COSTO DE UN LOTE DE PRODUCCIÓN

Componente	Cantidad (Kgs.)	Costo ($ / Kilo)	Costo del lote ($)	Costo / Galón ($)
C211	0.068	0.68	0.046	
E232	6.939	8.86	61.478	
E464	6.122	7.3	44.694	
E466	5.102	3.05	15.561	
E624	28.163	2.65	74.633	
E742	29.592	11.7	346.224	
E846	16.327	2.79	45.551	
H1626	581.633	1.42	825.918	
N262	811.224	0.74	600.306	
N272	46.327	1.77	81.998	
N359	69.388	1.89	131.143	
N439	346.939	0.44	152.653	
S590	30.612	2.67	81.735	
S714	2629.728	0	0	
W830E	397.959	2.31	998.878	
TOTAL MATERIA PRIMA ($)			3,460.82	
TOTAL CIF ($)			239.34	
TOTAL MANO DE OBRA ($)			103.49	5.142

Para el mejoramiento del puesto de trabajo se construyeron mesas de madera que sirvan de soporte para tinas de envasado, tapas y balanza y otra para que sirva como banda para los envases.

TABLA 8

COSTOS DE JUEGOS DE MESAS

Descripción de Mesas	Unidades	Costo Unitario ($)	Costo Total ($)
Soporte de Tina	8	45	360
Banda	8	45	360
Soporte de Balanza	8	20	160
Soporte de Tapas	8	20	160
Costo Total de Juegos de Mesas			**$ 1040**

En total se mandaron a fabricar 8 juegos de mesas por un valor de $1040 mas IVA.

También se compraron bombas Neumáticas y balanzas electrónicas:

TABLA 9

COSTOS DE BOMBAS NEUMÁTICAS Y BALANZAS

Descripción	Unidades	Costo Unitario ($)	Costo Total ($)
Bomba Neumática, Diafragma y Bolas de Teflón, Absorción 1½" y Expulsión 1¼"	3	1135	3405
Bomba Neumática, Diafragma y Bolas de Neopreno, Absorción 1½" y Expulsión 1¼"	5	773	3865
Balanzas Electrónicas, Capacidad En Peso: De 0 a 30 Kgs. División De Escala: De Gramo En Gramo.	5	450	2250
Costo Total de Bombas Neumáticas y Balanzas			**$ 9520**

En total se compraron 3 Bombas Neumáticas Con Diafragma y Bolas de Teflón De Absorción 1½" y Expulsión 1¼" por un valor de $ 3405 más el IVA.; 5 bombas neumáticas con diafragma y bolas de neopreno de Absorción 1½" y expulsión 1¼" por un valor de $ 3865 más el IVA; y 5 balanzas electrónicas de capacidad en peso de 0 a 30 Kilogramos y de división de escala de gramo en gramo por un valor de $ 2250 más el IVA.

Además, se toman en cuenta los valores del viaje del Black Belt Colombiano, junto con la estadía y alimentación aquí en Ecuador. En total se invirtieron $ 2120.

5.1.2 Beneficios

Como se analiza en 4.3.1, los beneficios del control de la variación en el llenado de pinturas se calculan con base en las cantidades extras de pintura que se estaban entregando, la variación que tiene Pinturas ABC en promedio por encima del 1% es del 2.57% por unidad y el 64% de los datos analizados tenían una variación de éste tipo.

El valor del ahorro se calculará con base en los galones envasados de pintura de las líneas de producción base agua

y base solvente, multiplicado por el 64% que es la proporción de galones con variación por encima del 1%, multiplicados por la disminución en la variación por encima del 1% del envasado de pinturas, y multiplicado por el costo promedio de fabricación de un galón de pintura del mes. El costo promedio de fabricación será proporcionado mes a mes por el departamento financiero y se mostrará en el numeral 5.2.

Inicialmente se medirá el ahorro con los galones fabricados que sean envasados en los puestos de trabajo modificados (2 puestos en agosto); al siguiente mes estarán listos 6 puestos de envasado (2 del mes anterior y cuatro nuevos), llegando al tercer mes con los 8 puestos de envasado manual modificados.

5.2 Resultados

A continuación se detalla el resultado total del beneficio del año de medición del proyecto y los responsables de proporcionar los datos:

TABLA 10

VARIABLES DE MEDICIÓN DEL BENEFICIO CON RESPONSABLE DE MEDICIÓN

DESCRIPCIÓN DE DATOS	RESPONSABLE
Producción del mes en galones	Director Financiero
% de galones con variación por encima del 1%	Constante
Variación por encima del 1%	Constante
% de galones dentro del ± 1%	Green Belt
Costo promedio de fabricación por galón del mes	Director Financiero
Galones Envs. en puestos de trabajo	Green Belt

TABLA 11

CÁLCULO DEL BENEFICIO POR MES

Ago - 08	Sep - 08	Oct - 08	Nov - 08
57,894	67,551	73,511	211,958
64 %	64 %	64 %	64 %
2.57 %	2.57 %	2.57 %	2.57 %
99.89 %	99.92 %	99.99 %	100.00 %
$ 5.06	$ 5.20	$ 5.06	$ 5.00
$ 4,813.09	**$ 5,772.88**	**$ 6,117.24**	**$ 17,431.44**

Dic - 08	Ene - 09	Feb - 09	Mar - 09
241,978	230,104	162,010	150,719
64 %	64 %	64 %	64 %
2.57 %	2.57 %	2.57 %	2.57 %
100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
$ 5.14	$ 4.98	$ 5.30	$ 5.45
$ 20,457.45	**$ 18,848.09**	**$ 14,123.16**	**$ 13,510.67**

Abr - 09	May - 09	Jun - 09	Jul - 09
110,986	171,256	193,583	215,158
64 %	64 %	64 %	64 %
2.57 %	2.57 %	2.57 %	2.57 %
100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
$ 5.16	$ 5.10	$ 5.00	$ 5.21
$ 9,419.60	**$ 14,365.77**	**$ 15,920.30**	**$ 18,437.76**

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Ahorro del año en galones	**30,986**
Ahorro del año en dólares	**$ 159,217.45**

Para calcular el Beneficio real del proyecto se debe descontar todos los rubros descritos en 5.1.1:

TABLA 12

CÁLCULO DEL BENEFICIO REAL DEL PROYECTO

Descripción	Costos ($)
Juegos de mesa	1040
Balanzas	2250
Bombas Neumáticas	7270
Viajes, estadía y alimentación de Black Belt	2120
Total	12,680.00

Descripción	Ahorro ($)
Ahorro	159,217.45

Beneficio Total del Proyecto	**$ 146,537.45**

5.1.1 Beneficios Adicionales

A continuación, presentamos los beneficios que se presentaron en el desarrollo del proyecto, que no fueron tomados en cuenta al momento de cálculo:

- **Productividad:** La productividad del personal mejoró sustancialmente de 25 Glns./HrHbre. a 28.3 Glns./HrHbre., es decir, que por cada hora hombre trabajada se hicieron 3.3 Glns. Más.

- **# de Operarios Necesarios:** Al mejorar la productividad se requiere de menos mano de obra y se optimizan los costos, en total se requirió 7 personas menos.
- **Desperdicio en Material de Empaque:** El desperdicio de material de empaque se producía por la posición del operador, ya que se provocaban constantes derrames pequeños que involucraban cambios de etiquetas. Se redujo del 6 % habitual al 2.2%.
- **Salud del Personal:**

  Para medir el beneficio en cuanto a salud del personal se solicitó al departamento de Seguridad y Salud Ocupacional, el número de días de licenciamiento por dolores lumbares o de articulaciones que se hayan presentado por sobreesfuerzos o malas posturas en el personal de envasado. El resultado final es que se disminuyó de 135 días a 40, es decir, que los días de licenciamiento por este motivo se redujeron en un 70.4 %.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

6.1.1 Discusión de Resultados

- Se alcanzó el objetivo planteado, a partir del cuarto mes de medición el 100% de las presentaciones de los productos están dentro de los límites permitidos. Adicional a esto, cada mes se chequean 100 unidades al azar para comprobar el resultado obteniendo la misma medición.
- Inicialmente se analizó la base de datos recopilada. Al aplicar el Pareto según las variaciones en los distintos los tipos de envasado, se identificó el

envasado manual y sus diversas formas, como los puntos clave a controlar.

- Los cambios en los procedimientos permiten estandarizar el proceso y hacer más ágil algunas operaciones, por lo que es necesario hacer seguimiento constante, difusión y auditorias a través de la ISO para asegurar que los implicados apliquen en forma adecuada los SOP.
- Los resultados deben permanecer en el tiempo. El mejoramiento continuo en el procedimiento de envasado debe llevar a la compañía a tener un proceso más seguro y eficiente.
- La participación de los envasadores en las mejoras de los puestos de trabajo, ideas, sugerencias, etc., son muy importantes, pues pueden facilitar y mejorar notablemente el proceso y al saber que son tenidos en cuenta y que sus ideas son muy importantes, se convierten en dolientes y dueños reales de sus procesos.

6.2 Recomendaciones

- ✓ La inercia a la que se esta acostumbrado, puede bloquear frente a muchas situaciones que obvias para personas ajenas a la operación, son transparentes para los dueños de los procesos. Romper esta tendencia y generar actitudes de mente abierta en las personas del proceso, es difícil. Por esta razón es necesario hacerlos participes desde el principio del proyecto y construir en forma conjunta un objetivo concreto en el que todos estén comprometidos.
- ✓ Es importante ser concientes que no solo se deben cumplir los requerimientos de la empresa, igual existen una serie de requerimientos externos, que definen lineamientos adicionales que deben ser tenidos en cuenta, asegurando un buen servicio al cliente. (Como normatividad de cantidades a envasar).
- ✓ La estandarización de los procesos permite conocer las variaciones de la teoría vs. la realidad, logrando identificar generadores de fallas en el proceso a controlar y por ende costos, tiempos, propiedades o resultados no deseados.

6.2.1 Oportunidades Globales de Aplicación

- Un punto identificado como clave en el proyecto es la variación en el uso de básculas, la aplicación no

adecuada de los procedimientos y el desconocimiento o no cumplimientos de algunas normas propias del proceso de envasado. Por lo que una optimización de procedimientos, difusión de información, etc. permitiría evitar problemas que actualmente solo se identifican al final del proceso cuando los volúmenes envasados no son correctos y se generan costos mas elevados.

- Al realizar mediciones directas en los puestos de trabajo, generar espacios para intercambiar ideas entre operarios y coordinadores de producción sobre los procesos, tomar en cuenta sus sugerencias y realizar cambios que mejoren el desempeño de los mismos, establecimiento de programas de capacitación relacionados con su trabajo, manejo y análisis de la información, son herramientas importantes, que hacen que el operario se apropie de su trabajo, no limitándose solo al trabajo del día a día, sino de una manera integral donde busca mejoramiento sostenible en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. PANDRE, P., NEUMAN, R., CAVANAGH, R., *Las Claves de Seis Sigma,* 1ra Edición, McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, España, 2004.
2. WADE, V., ALDERETE, P., COLOMBO, P., DI ESTEFANO, A., "Six Sigma Ó de Cómo las Pinzas y Martillos se Tornan Tecnología de Punta", http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/XXVIiapuco/Trabajo19.doc, Septiembre 2003.
3. MURILLO, B., "Integración del Statgraphics Plus en un Programa Seis Sigma", http://www.statgraphics.net/SeisSigma.pdf, Febrero 2008.

APÉNDICE A

DATOS PARA OBTENER LA VARIACIÓN DEL PROCESO

RANGO STD		Ref.	PESO DE LAS MUESTRAS														
MAX	MIN		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15
0,82	0,8	0,81	0,81	0,82	0,82	0,81	0,8	0,81	0,81	0,82	0,8	0,81					
0,82	0,8	0,81	0,82	0,81	0,82	0,8	0,83	0,81	0,82	0,82	0,81	0,83					
0,83	0,81	0,82	0,83	0,84	0,82	0,82	0,83	0,82	0,84	0,85	0,81	0,8					
0,83	0,84	0,835	0,8	0,81	0,8	0,81	0,8	0,79	0,8	0,82	0,81	0,8					
0,85	0,83	0,84	0,85	0,84	0,84	0,8	0,82	0,84	0,81	0,82	0,83	0,82					
0,86	0,84	0,85	0,82	0,8	0,82	0,8	0,82	0,82	0,81	0,8							
0,88	0,83	0,855	0,82	0,81	0,8	0,82	0,82	0,8	0,82	0,81	0,81	0,8					
0,89	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,89	0,86	0,86	0,84	0,86	0,84	0,84					
0,89	0,87	0,88	0,86	0,87	0,8	0,85	0,84	0,82	0,84	0,84							
0,91	0,89	0,9															
0,92	0,9	0,91	0,91	0,9	0,9	0,91	0,89	0,9	0,86	0,91	0,91	0,9					
1	0,98	0,99	1,02	1	1,02	1,01	1	1,01	1,02	0,99	1	1,01					
1,02	0,94	0,98	0,99	0,98	0,97	0,98											
1,07	1,05	1,06	1,06	1,08	1,08	1,09	1,05	1,09	1,05	1	1,04	1					
1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07					
1,1	1,13	1,115	1,1	1,07	1,25	1,2	1,1	1,1	1,19	1,13	1,16	1,13	1,16	1,18	1,18	1,16	
1,11	1,09	1,1	1,1	1,12	1,11	1,11	1,1	1,12	1,1	1,09	1,11	1,1	1,11				
1,11	1,09	1,1	1,1	1,11	1,11	1,12	1,1	1,09	1,08	1,09	1,1	1,11					

1,13	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,1	1,12	1,11	1,12	1,13	1,13	1,12					
1,16	1,12	1,14	1,14	1,15	1,16	1,13	1,14	1,14	1,14	1,13	1,14	1,14					
1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,18	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,77					
1,2	1,2	1,2	1,2	1,21	1,19	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,21	1,19					
1,2	1,16	1,18	1,2	1,18	1,18	1,17	1,2	1,19	1,2	1,2	1,19	1,18					
1,2	1,18	1,19	1,2	1,2	1,19	1,18	1,21	1,18	1,2	1,2	1,21	1,18	1,18	1,19	1,2	1,21	1,19
1,22	1,18	1,2	1,23	1,24	1,22												
1,22	1,2	1,21	1,21	1,21	1,22	1,2	1,21	1,23	1,2	1,22	1,22	1,22					
1,24	1,2	1,22	1,22	1,21	1,23	1,22	1,22	1,24	1,24	1,23	1,23	1,23					
1,25	1,17	1,21	1,22	1,2	1,19	1,21	1,25	1,23	1,22	1,22	1,21	1,2					
1,26	1,24	1,25	1,25	1,26	1,26	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25					
1,26	1,23	1,245	1,25	1,29	1,24	1,21	1,23	1,25	1,25	1,25	1,24	1,25					
1,3	1,28	1,29	1,28	1,28	1,3	1,3	1,31	1,31	1,28	1,29	1,28	1,3					
1,32	1,3	1,31	1,32	1,3	1,29	1,32	1,32	1,31	1,3	1,3	1,32	1,29					
1,32	1,3	1,31	1,31	1,32	1,3	1,3	1,3	1,29	1,3	1,31	1,31	1,32					
1,32	1,29	1,305	1,32	1,31	1,33	1,3	1,32	1,3	1,32	1,33	1,35	1,32	1,33	1,33	1,33		
1,33	1,3	1,315	1,32	1,3	1,34	1,32	1,32	1,3	1,32	1,34	1,33	1,31					
1,33	1,3	1,315	1,32	1,31	1,3	1,31	1,33	1,33	1,32	1,34	1,33	1,32					
1,33	1,29	1,31	1,3	1,31	1,35		22,6	1,33	1,33	1,34	1,33	1,32					
1,33	1,3	1,315	1,31	1,33	1,32	1,32	1,33	1,32	1,31	1,31	1,31	1,32					
1,33	1,31	1,32	1,34	1,32	1,32	1,32	1,35	1,32	1,32	1,32	1,3	1,33					
1,34	1,32	1,33	1,32	1,33	1,35	1,33	1,32	1,32	1,31	1,32	1,33	1,32					
1,34	1,32	1,33	1,3	1,32	1,32	1,3	1,31	1,32	1,33	1,34	1,33	1,34					
1,35	1,33	1,34	1,34	1,36	1,34	1,32	1,32	1,33	1,34	1,35	1,31	1,36					
1,37	1,35	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36					
1,4	1,32	1,36	1,38	1,37	1,38	1,36	1,36	1,37	1,38	1,36	1,37						
1,4	1,04	1,22	1,06	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,06	1,06					
3,19	3,11	3,15	3,13	3,1	3,12	3,15	3,12	3,1	3,14	3,18	3,1	3,12					
3,31	3,23	3,27	3,3	3,3	3,29	3,29	3,3	3,31	3,3	3,28	3,3	3,29					
3,31	3,25	3,28	3,31	3,32	3,3	3,31	3,33	3,32	3,32	3,31	3,31	3,31					

3,32	3,24	3,28	3,3	3,31	3,3	3,34	3,31	3,31	3,3	3,32	3,34	3,3					
3,33	3,25	3,29	3,3	3,32	3,29	3,3	3,3	3,29	3,3	3,3	3,32	3,3					
3,43	3,35	3,39	3,36	3,3	3,32	3,32	3,33	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3					
3,44	3,35	3,395	3,4	3,4	3,42	3,41	3,41	3,4	3,38	3,36	3,4	3,39					
3,45	3,37	3,41	3,48	3,5	3,49	3,51	3,41	3,48	3,44	3,46							
3,5	3,44	3,47	3,5	3,52	3,5	3,52	3,5	3,52	3,5	3,52	3,51	3,48					
3,57	3,49	3,53	3,52	3,5	3,51	3,52	3,54	3,49	3,52	3,82	3,54	3,51					
3,7	3,62	3,66	3,64	3,66	3,65	3,64	3,62	3,66	3,64	3,66	3,61	3,66					
3,94	3,91	3,925	3,96	3,97	3,96	3,97	3,96	3,97	3,96	3,96	3,97	3,98					
3,94	3,86	3,9	3,9	3,92	3,9	3,91	3,93	3,94	3,9	3,91	3,92	3,9					
4,03	4,95	4,49	4,01	4	3,99	4,01	4										
4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,17	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16					
4,31	4,23	4,27	4,3	4,3	4,29	4,3	4,29	4,3	4,29	4,3	4,33	4,31					
4,44	4,43	4,435	4,6	4,4	4,43	4,46	4,4	4,44	4,45	4,4	4,4	4,4	4,4	4,46	4,43	4,42	
4,46	4,38	4,42	4,46	4,5	4,45	4,44	4,46	4,46	4,49	4,46	4,46	4,47					
4,47	4,39	4,43	4,42	4,4	4,43	4,42	4,41	4,42	4,42	4,41	4,43	4,45					
4,54	4,46	4,5	4,51	4,12	4,5	4,52	4,51	4,48	4,53	4,85	4,51	4,5					
4,64	4,54	4,59	4,54	4,53	4,56	4,55	4,56	4,56	4,58	4,57	4,57	4,57					
4,64	4,54	4,59	4,59	4,6	4,59	4,6	4,59	4,58	4,58	4,59	4,59	4,59					
4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67									
4,67	4,59	4,63	4,64	4,63	4,62	4,64	4,63	4,62	4,64	4,63	4,63	4,63	4,62				
4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7					
4,71	4,71	4,71	4,71	4,72	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71					
4,8	4,8	4,8	4,8	4,79	4,8	4,8	4,8	4,8	4,79	4,82	4,8	4,8					
4,83	4,75	4,79	4,82	4,77	4,79	4,81	4,83	4,82	4,82	4,78	4,78	4,8					
4,83	4,75	4,79	4,74	4,79	4,8	4,78	4,78	4,81	4,82	4,78	4,76	4,77	4,8	4,78	4,81	4,78	4,8
4,84	4,74	4,79	4,8	4,79	4,81	4,82	4,83										
4,84	4,74	4,79	4,81	4,83	4,81	4,8	4,82	4,78	4,81	4,78	4,8	4,76	4,78	4,78	4,78	4,8	4,82
4,88	4,8	4,84	4,87	4,82	4,86	4,81	4,87	4,86	4,85	4,85							
4,88	4,58	4,73	4,8	4,83	4,84	4,8	4,84	4,81	4,53	4,85	4,81	4,83	4,81	4,8	4,83	4,81	4,83

4,9	4,82	4,86	4,9	4,87	4,88	4,86	4,9	4,88	4,87	4,89	4,86						
4,9	4,81	4,855	4,86	4,85	4,86	4,85	4,86	4,86	4,86	4,85	4,86	4,84					
4,95	4,85	4,9	4,9	4,91	4,91	4,93	4,91	4,9	4,9	4,91	4,93	4,9					
5	4,96	4,98	5														
5	4,96	4,98	1,16	1,16	1,16	1,16	1,18	1,16	1,16	1,16	1,16	1,19					
5	4,9	4,95	4,98	4,94	4,95	4,94	4,95	4,96									
5,04	4,96	5	4,96	4,95	4,94	4,94	4,95	4,97	4,97	4,96	4,96	4,96					
5,06	4,97	5,015	4,99	4,96	5	4,92	4,96	5	5,02	5,05	4,92	4,96					
5,07	4,97	5,02	5,04	5	5,02	5,02	4,99	5,02	5	5	4,99	5,03					
5,07	4,97	5,02	4,91	5,03	5,01	5,05	5,04	5,02	4,94	4,98	5,07	5,05					
5,14	5,03	5,085	5,09	5,11	5,12	5,08	5,09	5,1	5,1	5,1	5,07	5,1					
5,14	5,04	5,09	5,09	5,1	5,11	5,08	5,09	5,1	5,09	5,09	5,1	5,09					
5,14	5,04	5,09	5,09	5,08	5,1	5,1	5,1	5,09	5,09	5,09	5,1	5,1					
5,15	5,07	5,11	5,12	5,09	5,08	5,1	5,12	5,09	5,11	5,11	5,13	5,12					
5,16	5,06	5,11	5,14	5,13	5,1	5,08	5,11	5,1	5,14	5,14	5,11	5,11					
5,16	5,06	5,11	5,08	5,14	5,12	5,1	5,11	5,13	5,13	5,13	5,09	5,11					
5,17	5,09	5,13	5,14	5,15	5,16	5,15	5,15	5,14	5,16	5,15	5,16						
5,22	5,14	5,18	5,15	5,16	5,17	5,15	5,18	5,15	5,18	5,2	5,15	5,15					
5,23	5,13	5,18	5,2	5,18	5,22	5,17	5,16	5,2	5,18	5,18	5,2						
5,23	5,13	5,18	5,18	5,2	5,2	5,22	5,21	5,18	5,2	5,17	5,18	5,15					
5,25	5,15	5,2	5,18	5,22	5,19	5,26	5,22	5,23	5,18	5,18	5,18	5,21					
5,25	5,15	5,2	5,17	5,2	5,21	5,2	5,17	5,2	5,23	5,23	5,2	5,24					
5,29	5,21	5,25	5,21	5,22	5,21	5,2	5,19	5,2	5,21	5,21	5,22	5,21					
5,29	5,21	5,25	5,2	5,21	5,23	5,19	5,22	5,2	5,25	5,26	5,26	5,24					
5,3	5,25	5,275	5,28	5,26	5,3	5,27	5,27	5,28	5,3	5,3	5,31	5,25					
5,3	5,2	5,25	5,22	5,25	5,28	5,27	5,26	5,27	5,25	5,25	5,22	5,27					
5,3	5,19	5,245	5,23	5,25	5,28	5,22	5,26	5,27	5,27	5,26	5,22	5,23	5,22	5,24	5,22	5,24	5,23
5,31	5,23	5,27	5,28	5,28	5,22	5,25	5,28	5,29	5,27	5,25	5,23	5,28					
5,32	5,22	5,27	5,25	5,27	5,27	5,29											
5,33	5,22	5,275	5,27	5,32	5,31	5,28	5,25	5,28	5,28	5,3	5,28	5,27					

5,33	5,25	5,29	5,32	5,31	5,33	5,3	5,28	5,3	5,29	5,3	5,27	5,29					
5,33	5,25	5,29															
5,33	5,25	5,29	5,32	5,29	5,31	5,33	5,29	5,3	5,31	5,31	5,29	5,3					
5,33	5,25	5,29	5,27	5,28	5,28	5,25	5,28	5,27	5,27	5,28	5,29	5,31					
5,34	5,23	5,285	5,3	5,29	5,29	5,29	5,28	5,29	5,27	5,27	5,3	5,32					
5,34	5,21	5,275	5,29	5,26	5,24	5,25	5,26	5,21	5,26	5,26	5,29	5,28					
5,38	5	5,19	5,3	5,33	5,31	5,3	5,3	5,31	5,33	5,35	5,3	5,31					
5,38	5	5,19	5,29	5,3	5,28	5,3	5,32	5,3	5,3	5,38	5,32	5,3					
5,44	5,34	5,39	5,38	5,36	5,36	5,36											
5,45	5,37	5,41	5,4	5,41	5,41	5,4	5,42	5,44	5,42	5,4	5,4						
5,47	5,39	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43					
5,49	5,41	5,45	5,46	5,45	5,46	5,46	5,46	5,46	5,47	5,47	5,48	5,48	5,45	5,48			
5,51	5,43	5,47	5,47	5,47	5,45	5,43	5,43	5,43	5,44	5,43	5,44	5,43					
5,86	5,76	5,81	5,8	5,78	5,82	5,75	5,84	5,79	5,81	5,81	5,82	5,83					
5,89	5,78	5,835	5,85	5,86	5,86	5,85	5,86	5,86	5,86	5,85	5,86	5,84					
5,9	5,82	5,86	5,8	5,8	5,82	5,86	5,85	5,82	5,82	5,82	5,83	5,85					
5,92	5,84	5,88	5,87	5,9	5,91	5,9	5,86	5,85	5,86	5,9	5,9	5,88					
6,25	6,13	6,19	6,2	6,18	6,14	6,2	6,2	6,19	6,19	6,19	6,18	6,19					
6,25	6,12	6,185	6,2	6,22	6,2	6,21	6,2	6,23	6,23	6,17	6,19	6,26	6,3	6,26	6,23	6,19	6,2
15,87	15,72	15,795	15,8	15,8	15,8												
17,8	17	17,4	17,5	17,4	17,4	17,42	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4					
18,29	17,93	18,11	18,13	18,14	18,11	18,11	18,1	18,11	18,11	18,12	18,11						
23,18	22,72	22,95	22,7	22,8	22,7	22,5	22,6	22,5	22,7	22,6	22,7	22,8					
24	22,95	23,475	23	24	22	23	24	24									
25,81	25,3	25,555	25	25,25	25	25	25	25,3									
26,08	26	26,04	26,5	26	26,2	26,8	26,7	26,5	26,2	26,2	26,3	26,2					
26,1	25,58	25,84	26,1	26,1	26,1	26	25,78										
26,27	26,21	26,24	26,2	26,2													
26,51	25,99	26,25	26,2	26,18	26,2												
26,6	25,8	26,2	26	26,1	25,9	25,9	25,1	25,2	25,2	25,3	26	25,9					

27,42	26,88	27,15	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,4	27,4	27,2	27,2					
29,19	28,91	29,05	28,91	28,92	28,91	28,92	28,92	28,91									
29,6	29,02	29,31	29,3	29,3	29,4	29	29,2	29,2	29,3	29,3	29,4	29,4					
29,99	28,91	29,45	30,4	30,5	29,5	29,4	29	29	29	28,4	30	29					

APÉNDICE B

DIFERENCIAS MENORES, IGUALES Y MAYORES AL 1%

Diferencia (Peso de la muestra - Ref.)	Diferencia Menor, Igual o Mayor al 1%	Diferencia (Peso de la muestra - Ref.)	Diferencia Menor, Igual o Mayor al 1%	Diferencia (Peso de la muestra - Ref.)	Diferencia Menor, Igual o Mayor al 1%	Diferencia (Peso de la muestra - Ref.)	Diferencia Menor, Igual o Mayor al 1%	Diferencia (Peso de la muestra - Ref.)	Diferencia Menor, Igual o Mayor al 1%	Diferencia (Peso de la muestra - Ref.)	Diferencia Menor, Igual o Mayor al 1%
0,973	0,027	0,985	0,015	0,989	0,011	0,991	0,009	0,997	0,003	1	0
0,976	0,024	0,986	0,014	0,989	0,011	0,991	0,009	0,998	0,002	1	0
0,976	0,024	0,987	0,013	0,989	0,011	0,991	0,009	0,998	0,002	1	0
0,976	0,024	0,987	0,013	0,989	0,011	0,991	0,009	0,998	0,002	1	0
0,976	0,024	0,987	0,013	0,989	0,011	0,991	0,009	0,998	0,002	1	0
0,977	0,023	0,987	0,013	0,989	0,011	0,991	0,009	0,998	0,002	1	0
0,977	0,023	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,998	0,002	1	0
0,978	0,022	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,998	0,002	1	0
0,978	0,022	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,998	0,002	1	0
0,978	0,022	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,998	0,002	1	0
0,979	0,021	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,998	0,002	1	0
0,979	0,021	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,998	0,002	1	0
0,979	0,021	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,999	0,001	1	0

0,979	0,021	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,999	0,001	1	0
0,979	0,021	0,987	0,013	0,989	0,011	0,992	0,008	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,987	0,013	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	0,999	0,001	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,993	0,007	1	0	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,980	0,020	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,981	0,019	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,981	0,019	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,981	0,019	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,981	0,019	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,981	0,019	0,988	0,012	0,989	0,011	0,994	0,006	1	0	1	0
0,981	0,019	0,988	0,012	0,989	0,011	0,995	0,005	1	0	1	0
0,982	0,018	0,988	0,012	0,989	0,011	0,995	0,005	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,995	0,005	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,995	0,005	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0

0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,996	0,004	1	0	1	0
0,982	0,018	0,989	0,011	0,989	0,011	0,997	0,003	1	0	1	0
0,983	0,017	0,989	0,011	0,989	0,011	0,997	0,003	1	0	1	0
0,985	0,015	0,989	0,011	0,990	0,010	0,997	0,003	1	0	1	0
0,985	0,015	0,989	0,011	0,990	0,010	0,997	0,003	1	0	1	0
0,985	0,015	0,989	0,011	0,990	0,010	0,997	0,003	1	0	1	0
0,985	0,015	0,989	0,011	0,990	0,010	0,997	0,003	1	0	1	0
0,985	0,015	0,989	0,011	0,990	0,010	0,997	0,003	1	0	1	0
0,985	0,015	0,989	0,011	0,990	0,010	0,997	0,003	1	0	1	0
0,985	0,015	0,989	0,011	0,990	0,010	0,997	0,003	1	0	1	0
1	0	1,001	0,001	1,006	0,006	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012
1	0	1,001	0,001	1,006	0,006	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,002	0,002	1,006	0,006	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,002	0,002	1,006	0,006	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,002	0,002	1,006	0,006	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,002	0,002	1,006	0,006	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,002	0,002	1,006	0,006	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,002	0,002	1,007	0,007	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,007	0,007	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,007	0,007	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,007	0,007	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,007	0,007	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,007	0,007	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012

1	0	1,003	0,003	1,007	0,007	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,008	0,008	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,008	0,008	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,008	0,008	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,008	0,008	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,008	0,008	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,008	0,008	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,008	0,008	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,009	0,009	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,009	0,009	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,003	0,003	1,009	0,009	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,009	0,009	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,009	0,009	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,009	0,009	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,010	0,010	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,010	0,010	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,010	0,010	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,010	0,010	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,010	0,010	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,010	0,010	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,010	0,010	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,004	0,004	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,012	0,012
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013

1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,005	0,005	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,013	0,013
1	0	1,006	0,006	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,014	0,014
1	0	1,006	0,006	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,014	0,014
1,001	0,001	1,006	0,006	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,014	0,014
1,001	0,001	1,006	0,006	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,014	0,014
1,001	0,001	1,006	0,006	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,014	0,014
1,001	0,001	1,006	0,006	1,011	0,011	1,011	0,011	1,012	0,012	1,014	0,014
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019

1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,014	0,014	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,019	0,019
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,017	0,017	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02

1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,015	0,015	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,02	0,02
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,015	0,015	1,016	0,016	1,017	0,017	1,018	0,018	1,019	0,019	1,021	0,021
1,021	0,021	1,021	0,021	1,023	0,023	1,027	0,027	1,032	0,032	1,04	0,04
1,021	0,021	1,021	0,021	1,023	0,023	1,027	0,027	1,032	0,032	1,04	0,04
1,021	0,021	1,021	0,021	1,023	0,023	1,027	0,027	1,032	0,032	1,04	0,04
1,021	0,021	1,021	0,021	1,023	0,023	1,027	0,027	1,032	0,032	1,04	0,04
1,021	0,021	1,021	0,021	1,023	0,023	1,027	0,027	1,033	0,033	1,04	0,04
1,021	0,021	1,021	0,021	1,023	0,023	1,027	0,027	1,033	0,033	1,04	0,04
1,021	0,021	1,021	0,021	1,024	0,024	1,027	0,027	1,033	0,033	1,058	0,058
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,027	0,027	1,033	0,033	1,058	0,058
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,027	0,027	1,033	0,033	1,058	0,058
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,027	0,027	1,033	0,033	1,058	0,058
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,028	0,028	1,033	0,033	1,058	0,058
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,028	0,028	1,033	0,033	1,058	0,058
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,028	0,028	1,033	0,033	1,067	0,067

1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,028	0,028	1,033	0,033	1,067	0,067
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,028	0,028	1,034	0,034	1,067	0,067
1,021	0,021	1,022	0,022	1,024	0,024	1,028	0,028	1,034	0,034	1,076	0,076
1,021	0,021	1,022	0,022	1,025	0,025	1,028	0,028	1,034	0,034	1,076	0,076
1,021	0,021	1,022	0,022	1,025	0,025	1,028	0,028	1,034	0,034	1,076	0,076
1,021	0,021	1,022	0,022	1,025	0,025	1,028	0,028	1,034	0,034	1,078	0,078
1,021	0,021	1,022	0,022	1,025	0,025	1,028	0,028	1,036	0,036	1,078	0,078
1,021	0,021	1,022	0,022	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,078	0,078
1,021	0,021	1,022	0,022	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,078	0,078
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,078	0,078
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,078	0,078
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,078	0,078
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,082	0,082
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,082	0,082
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,082	0,082
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,121	0,121
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,029	0,029	1,036	0,036	1,121	0,121
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,036	0,036	1,121	0,121
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,036	0,036	1,121	0,121
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,321	0,321
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,321	0,321
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,321	0,321
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,321	0,321
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,321	0,321
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,321	0,321
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,321	0,321
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,364	0,364
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,364	0,364

1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,364	0,364
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,364	0,364
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037	1,364	0,364
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,03	0,03	1,037	0,037		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,031	0,031	1,037	0,037		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,025	0,025	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,026	0,026	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,026	0,026	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,026	0,026	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,026	0,026	1,031	0,031	1,04	0,04		
1,021	0,021	1,023	0,023	1,026	0,026	1,032	0,032	1,04	0,04		

APÉNDICE C

CUADRO DE RESULTADOS DE LAS DIFERENCIAS (± 1%)

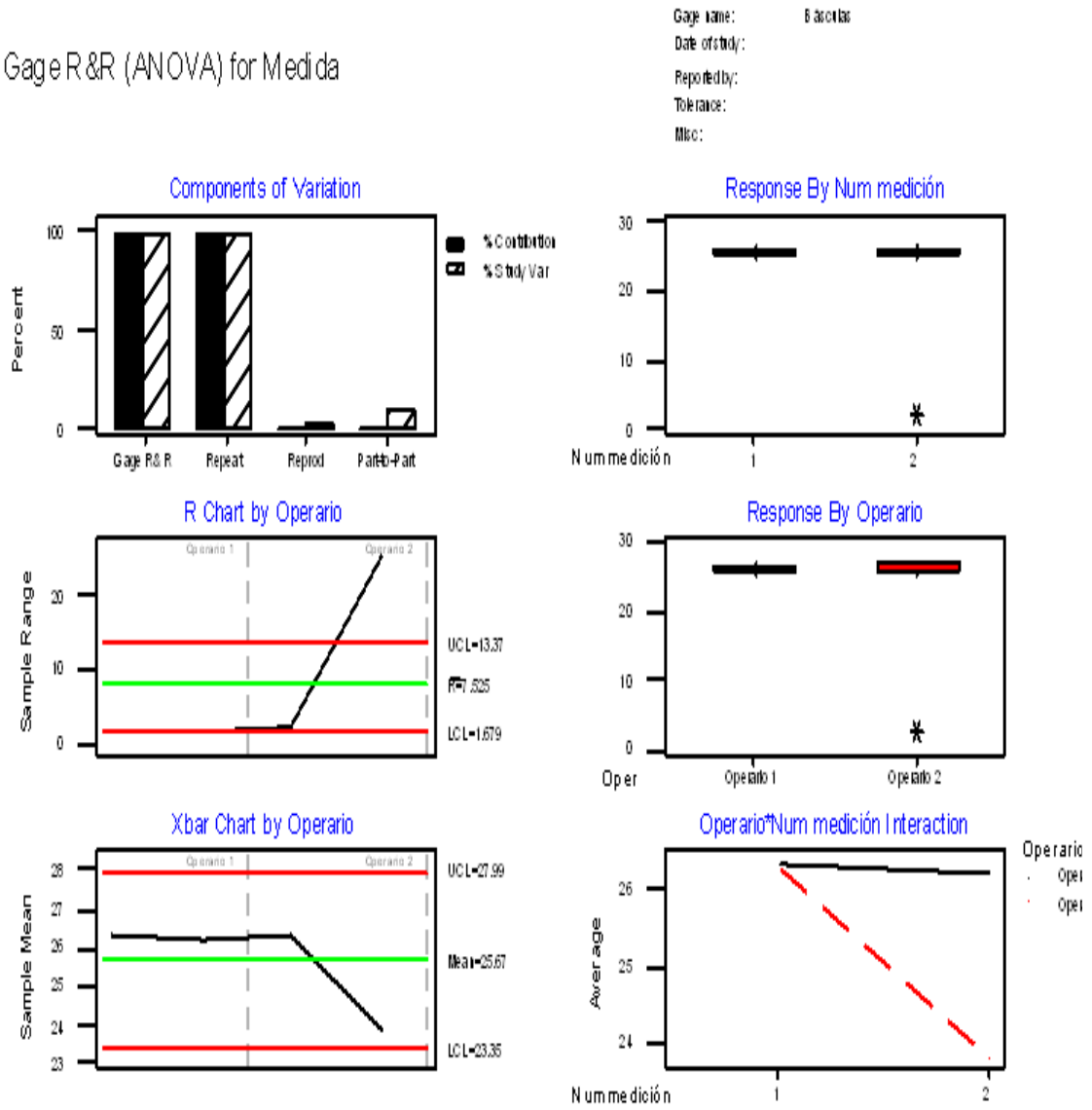
Total de datos analizados	1332

Datos con variación por debajo del 1%	161
Datos con variación normal	320
Datos con variación por encima del 1%	851

% Datos con variación por debajo del 1%	12%
% Datos con variación normal	24%
% Datos con variación por encima del 1%	64%

Promedio de variación por debajo del 1%	1,63%
Promedio de variación por encima del 1%	2,57%

APÉNDICE D
GAGE R&R PARA BÁSCULAS

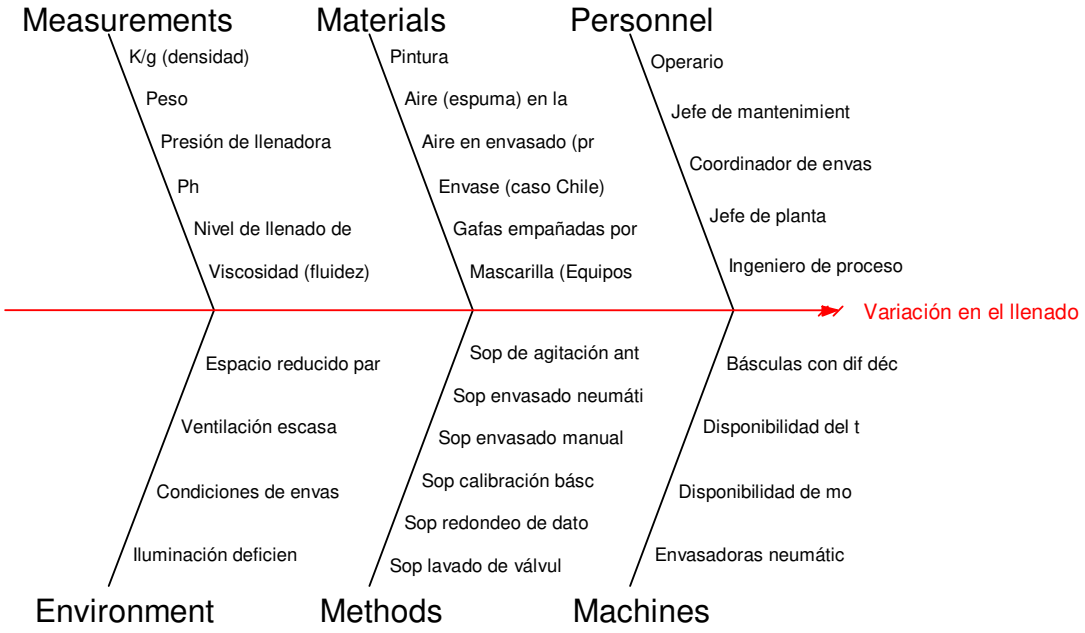


APÉNDICE E

MAPA DE PROCESO: ENVASADO DE PINTURAS

Etapa	Entradas →		→ Salidas
1		**Coordinador de envasado - Operario / Pcc**	
	Analista de control de calidad Sello verde	Receptar pintura aprobada por control de calidad	Fórmula con sello verde Coordinador de envasado
2		**Coordinador de envasado / Producción**	
	Fórmula aprobada Coordinador de envsado Etiquetadores Impresora de Código de Barras. Cajas, bandejas, láminas Envases Formatos Espeificaciones de Control De Calidad Envasadores SOP procedimiento de Envasado. R4	Generar orden de producción Para envasar producto. Envasar Producto	Orden de envasado con Cantidades reales envasadas Producto Terminado. Formatos diligenciados. Muestras o retenes de Control De Calidad.
3		**Coordinador de envasado /Producción**	
	Producto terminado Ordenes de entrega de Producción Coordinador de Envasado Coordinador de Producción Asistente de Bodega R4	Entregar Producto Terminado A bodega.	Conteo de unidades reales Ingreso de unidades en R4 Producto Terminado listo para La venta.

APÉNDICE F
ESPINA DE PESCADO
Diagrama Causa Efecto



APÉNDICE G

MATRIZ DE DESPLIEGUE DE FUNCIONES

			1	2	3
		Caracteristica Clave para el Cliente	Equivalencia K/g vs Peso	Productividad	Presentación ok
		Ranking de Prioridad del Cliente	10	9	6
	Variable de Entrada del Proceso				
1	Producto aprobado por calidad		10	10	1
2	Formula o formato con Sello verde		2	10	1
3	Formula aprobada p´envasado		5	10	1
4	Coordinador de envasado		1	10	10
5	SOP procedimiento envasado		10	10	10
6	Producto terminado		8	2	2
7	Formato de pesos y datos totales lote		10	10	1
8	Formato de tiempos de envasado y # unidades totales		10	10	1
9	Operario		10	10	10

APÉNDICE H
AMEF

#	Funcion del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	S E V	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	O C C	Controles de Proceso Actuales	D E T	R P N
1	Recepción de pintura aprobada por calidad	Confusión de datos con lotes igual ref Laboratorio no confirmación de calidad de producto aprobado	Lotes demorados mucho tiempo Cambios en propiedades por tpo (k/g) No sacar urgencias al no saber que está aproado por calidad Exceso de inventario en proceso y costos Básculas con dif # decimas, redondeos dif	7	Error humano (confusión) No está definido procedimiento	7	La gente de pcc va al laboratorio y pregunta si ya está aprobado el producto	10	490
3	Entrega a P.T.	Formatos con datos no correctos Entrega de información no real (Produc físico vs datos) Demora en entrega de datos a log	Costo de oportunidad Ocupar espacio físico en pcc dificultando el envasado Información errada al sistema Confirmación de unidades envasadas errada Diferencia de inventario	7	Error humano Coordinador con muchas función que hace que se demore en entregar a pt el prod listo Demoras en cerrar la orden de pcc por nuevos precios, actualizaciones, etc	7	Ninguno	10	490
2	Orden de envasado y Envasado	Ordenes de envasado erradas Ordenes de envasado (lotes de = ref, no aprobados) Demora en def de envasado porque no se conoce el tamaño a envasar (prog semana se cumple entonces toma del mes) Excesos de pcc en gal (multiplicación de panes), define coordinador en que unidades a envasar Errores en etiquetado (cod de barras, refs) Cajas marcadas con una ref y el contenido es otro	Servicio al cliente deficiente Excesos de inventario Costo de oportunidad Reetiquetado Demoras en entregas	8	Error humano Falta de cuidado del envasador Envasado de excesos lo def pcc porque logística no les da políticas de inventario	6	Reuniones con operarios informativas sobre problemas.Todos los lunes. "Reuniones de Seguridad" Verificación de cantidad a envasar desde lab, real para separar m.e (multiplica) Pcc busca a Planificación para envasar excesos o define solo	9	432