



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

APLICACIÓN DE WINQSB COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES PLASTICOS

Luis Rodrigo Bernal Cortez Gordillo

Asesorado por el Ing. Carlos René Berges Carío

Guatemala, junio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE WINQSB COMO HERRAMIENTA PARA
EL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD DE UN
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES PLASTICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS RODRIGO BERNAL CORTEZ GORDILLO

ASESORADO POR EL INGENIERO CARLOS RENÉ BERGES CARÍO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

APLICACIÓN DE WINQSB COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 28 de febrero de 2005.

Luis Rodrigo Bernal Cortez Gordillo

ACTO QUE DEDICO A:

Dios:

Por sus bendiciones, por permitir culminar mi carrera universitaria y por cada día de vida que me regala.

Virgen María:

Porque siempre ha sido un pilar en mi vida, intercediendo por mí y por ser la luz que me guía.

Mis Padres:

Luis Eduardo Cortez Salvatierra

Elisa Lucrecia Gordillo Coloma

Por ser fuente de inspiración en mi vida, por su gran amor, confianza y ejemplo.

Porque han puesto todo su empeño y esfuerzo en sembrar en mí las semillas, para que yo coseche los mejores frutos, para ser persona de bien.

Gracias Papá, gracias Mamá que sin ustedes y sin su incondicional apoyo esto no sería una realidad.

Mis hermanos:

Renato Cortez Gordillo

Alejandra Jose Cortez Gordillo

Porque siempre me apoyan y cuento con su cariño y confianza, porque son parte de este éxito.

Mis abuelos:

Ernesto Cortez (Q.E.P.D.)

Margarita Salvatierra de Cortez (Q.E.P.D.)

Luis Viviano Gordillo

Olga Coloma de Gordillo

Porque son una fuente inagotable de inspiración en mi vida, por su confianza, consejos y por su inmenso cariño.

Tíos:

Porque todos ustedes también forman parte de este logro, ya que cada uno de ustedes me han apoyado y brindado confianza e inspiración en mi vida.

Primos:

Quienes han contribuido en distintas formas a mi formación y han estado pendientes de mis logros.

Amigos:

Por su amistad y apoyo demostrado en todo momento.

Mi asesor

Ing. Carlos René Berges Carío

Por toda la ayuda brindada en la elaboración de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA	
1.1 Descripción de la empresa	1
1.1.1 Organigrama de la empresa	1
1.1.2 Diseño estratégico de la empresa	1
1.1.3 Descripción de puestos	4
1.1.4 Descripción del producto	17
1.1.5 Descripción del mercado	18
1.2 Descripción del proceso de producción	19
1.2.1 Maquinaria	19
1.2.2 Herramienta	20
1.2.3 Materiales	21
1.2.4 Diagrama de flujo	22
1.2.5 Diagrama de recorrido	23
2. DIAGNOSTICO: CONTROL DE CALIDAD EN LA EMPRESA	
2.1 Determinación de métodos actuales de control de calidad	25
2.1.1 Especificaciones técnicas del producto	25
2.1.1.1 Tamaño	25
2.1.1.2 Peso	27
2.1.1.3 Color	27

2.1.2 Control de calidad en producción	27
2.1.2.1 Temperatura	27
2.1.2.2 Materia Prima	28
2.1.2.3 Descripción del control de producción	28
2.1.2.4 Diagrama de operaciones	29
2.1.3 Inspección del producto final	30
2.1.3.1 Descripción de inspección del producto final	30
2.1.4 FODA	32

3. PROPUESTA: EL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES, APLICANDO WINQSB

3.1 Fundamentos para el control estadístico de la calidad	35
3.1.1 Metodología del control estadístico de los procesos	36
3.1.2 Gráficas de control para datos variables	37
3.1.2.1 Gráficas \bar{X} ("x media")	37
3.1.2.2 Gráficas \bar{X} Y s "Desviación estándar"	39
3.1.3 Análisis de patrones en diagramas de control	40
3.1.3.1 Puntos fuera de los límites de control	41
3.1.3.2 Desplazamiento súbito en el promedio del proceso	42
3.1.3.3 Ciclos	43
3.1.3.4 Tendencias	44
3.1.3.4.1 Abrazando la línea central	46
3.1.3.4.2 Abrazando los límites de control	47
3.1.3.4.3 Inestabilidad	48
3.1.4 Estimación de la capacidad del proceso	48
3.2 ¿Qué es WinQSB?	49
3.2.1 Descripción e historia del software	49

3.2.2 Aplicaciones para el control de calidad	53
3.2.2.1 Gráficos de control	53
3.2.2.2 Histogramas	54
3.2.2.3 Análisis de Pareto	54
3.2.2.4 Análisis de la capacidad del proceso	55
3.2.3 Oferta de software para el control estadístico en Guatemala	56

4. IMPLEMENTACIÓN DE WINQSB PARA REALIZAR EL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

4.1 Determinar las variables a medir	59
4.2 Realizar la toma de datos	59
4.3 Resultados y conclusiones	62
4.4 Manual de usuarios de WinQSB para el control estadístico de calidad	63

5. MEJORA CONTINUA

5.1 Enfoque sistemático del control estadístico de calidad	69
5.1.1 Identificación de los objetivos	69
5.1.2 Las etapas de la implantación	70
5.1.3 La estructura de seguimiento	71
5.2 Una formación adaptada	72
5.2.1 Movilización de la dirección	72
5.2.2 Formación del Management	73
5.2.3 Desdoblamiento	74
5.2.4 Formación del personal	74
5.3 Un entorno adaptado	75

5.3.1 La prevención de los defectos	76
5.3.2 El reconocimiento de los progresos	76
5.4 La evolución de la política de calidad	77
5.4.1 Nuevos métodos para la calidad	77
5.4.2 El management estratégico de la calidad	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama de la empresa	2
2. Envase con sobrante plástico después de procesos de soplado	17
3. Envase después de haber sido eliminado el sobrante plástico	18
4. Máquina Sopladora Voith Fischer modelo 89 y operarios removiendo sobrante de plástico	20
5. Sacos de Polietileno de alta densidad	21
6. Diagrama de flujo	22
7. Diagrama de recorrido	23
8. Dimensiones del envase plástico	26
9. Diagrama de operaciones	29
10. Descripción del proceso de inspección	31
11. Puntos fuera de control	42
12. Desplazamiento súbito en el promedio del proceso	43
13. Ciclos	44
14. Tendencias	45
15. Abrazando la línea central	46
16. Abrazando los límites de control	47
17. Inestabilidad	48
18. Histograma y análisis de Pareto en WinQSB	55
19. Análisis de la capacidad del proceso en WinQSB	55
20. Gráficas para datos variables X y R	62

21. Iniciar un nuevo problema en winQSB	64
22. Ventana de especificaciones del problema.	64
23. Ventana de ingreso de datos, modulo Gráficos de control	65
24. Barra de herramientas para el modulo de gráficos de control	65
25. Descripción de los iconos en la barra de herramientas	66
26. Ventana de configuración del gráfico de control	67
27. Características del gráfico de control de WinQSB	68
28. Etapas de implantación del control estadístico de calidad	71

TABLAS

I. Análisis del puesto de gerente general	5
II. Análisis del puesto de gerente de operaciones	6
III. Análisis del puesto de contador general	8
IV. Análisis del puesto de gerente de ventas	9
V. Análisis del puesto de gerente de producción	10
VI. Análisis del puesto de jefe de mantenimiento	12
VII. Análisis del puesto de supervisor de calidad	13
VIII. Análisis del puesto de jefe de planta	14
IX. Análisis del puesto de jefe de bodega	15
X. Análisis del puesto de operadores	16
XI. Datos experimentales para gráficos X y R	61
XII. Letras código del plan de muestreo MIL-EST-205D	89
XIII. Nivel de calidad aceptable MIL-EST-205D	90
XIV. Coeficientes para muestras de tamaño n	91
XV. Constantes para la determinación de límites de control	92

RESUMEN

Actualmente las empresas logran sobrevivir en los mercados competentes, gracias a que agregan valor a sus productos o servicios, diferenciándose de la competencia, innovando y optimizando procesos y recursos. Y para lograr obtener estos resultados deben aplicar tecnología de punta.

En el presente trabajo de investigación, se muestra como WinQSB, un software utilizado para la solución de problemas de administración, toma de decisiones, investigación de operaciones, producción y administración de operaciones, permite establecer si en la empresa de elaboración de envases plásticos el proceso de soplado esta bajo control.

En el primer capítulo se analiza como esta organizada la empresa, la historia, el mercado al que atiende, el producto que fabrica, la visión, la misión, y el proceso de producción.

En el segundo capítulo se analiza cual es la posición de la empresa respecto a la calidad, las especificaciones técnicas del producto, la materia prima, el mantenimiento a la maquinaria y las inspecciones al producto terminado.

En el tercer capítulo se determina los fundamentos del control estadístico de calidad y de WinQSB, y se explican los pasos para la aplicación del sistema cuantitativo para negocios WinQSB “Quality Control Chart” para aplicar el control estadístico.

En el cuarto capítulo se describen las variables que se midieron, se exponen los datos tomados y la planilla utilizada para la toma de los mismos; de igual manera las conclusiones y los resultados después de haber aplicado el software.

Y por último se describen los pasos para mantener una mejora continua de la calidad, proponiendo una clara identificación de los objetivos para alcanzar lograr una mejora continua, así como también el rol de cada persona de la organización en el mejoramiento continuo.

OBJETIVOS

- **General**

Aplicar WinQSB como una herramienta para realizar un estudio de control estadístico de la calidad en una empresa de producción de envases plásticos.

- **Específicos**

1. Determinar cual es la posición de la empresa con respecto al control de calidad.
2. Describir las especificaciones que debe tener el envase para ser aceptado.
3. Describir de manera detallada todas las aplicaciones que ofrece el WinQSB para la mejora de la productividad de una empresa.
4. Aplicar WinQSB como herramienta principal para el control estadístico de la calidad en la producción de envases plásticos.
5. Establecer por medio del control estadístico de calidad, si los procesos de producción de envases plásticos están bajo control.
6. Establecer con cuales nuevas tecnologías cuentan las empresas para la elaboración del control estadístico de la calidad.
7. Elaborar una referencia para los cursos de Controles Industriales y Análisis de Sistemas Industriales impartidos por la Escuela de Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad Guatemala esta por firmar tratados de libre comercio con países de la región, con el objetivo de ingresar al mercado global, lo cual obligara a las empresas nacionales que quieran sobrevivir, a mejorar todos sus procesos para ofrecer productos y servicio a buen precio y de gran calidad. Estas condiciones de mercado representan un desafío para la industria guatemalteca, pero de igual manera representa una oportunidad para acceder a nuevos mercados, ya que con las herramientas y la tecnología adecuada se puede competir de igual a igual con empresas mas grandes y así ganar nuevos clientes en el mercado internacional.

Las empresas medianas y pequeñas cuentan con recursos económicos limitados por lo que una forma de mejorar su competitividad es optimizar sus procesos. Una forma de lograrlo es utilizando herramientas sencillas pero poderosas: entre estas se puede mencionar el WinQSB (Sistema de consultas para negocios) que entre sus funciones podemos realizar Control estadístico de la calidad, que nos permite recopilar, analizar y estudiar la información de los procesos de producción de una empresa para tomar decisiones relacionadas a la mejora continua.

El presente documento se propone desarrollar un estudio en la empresa PLALSA dedicada a la producción de envases plásticos con el propósito de optimizar sus procesos, por lo cual se llevaran a cabo varias actividades orientadas al propósito señalado: realizar un diagnostico para determinar la situación actual de la empresa, con respecto a la calidad y la aplicación de

WinQSB para llevar a cabo un el control estadístico de calidad y poder establecer si sus procesos se encuentran bajo control.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Descripción de la empresa

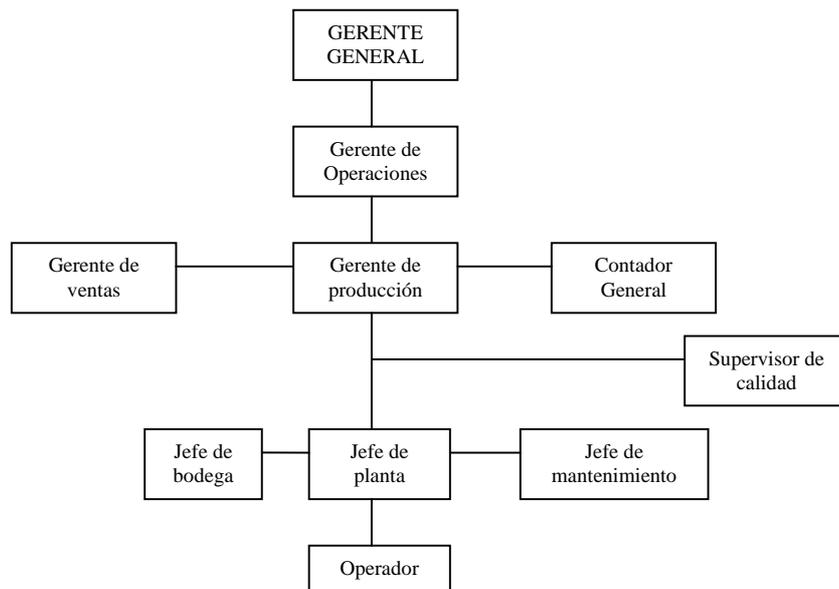
La empresa Plásticos Albores S.A. (PLALSA), ubicada en el kilómetro 22.5 carretera Amatitlán, complejo industrial, bodega No. 1, cuenta con sesenta empleados que se dividen en turnos diurnos y nocturnos.

PLALSA fue fundada en agosto de 1989, por el señor Julio Albores, quien visualizó en ese entonces un gran potencial en el mercado de plásticos en Guatemala. La actividad principal de la empresa es la fabricación de tapas y envases plásticos; así como, piezas industriales.

La empresa ha experimentado cambios y una expansión, resultado de la calidad de sus productos y buen servicio prestado a los clientes, lo cual ha sido desde el inicio la filosofía y razón de ser de PLALSA.

1.1.1 Organigrama de la empresa

Figura 1. Organigrama de la empresa



1.1.2 Diseño estratégico de la empresa

Actualmente la empresa no cuenta con un diseño estratégico como tal, pero posee las siguientes políticas:

- a. Las actividades realizadas en la empresa tienen por fin único la satisfacción total del cliente.
- b. Las actividades y procesos se deben enmarcar en el principio de innovación y mejoramiento continuo.

c. Todas las personas que laboran en la empresa son colaboradores activos y como tal, son considerados el principal elemento en la organización.

d. La principal fuente de hallazgos para la innovación y mejoramiento se basará en las experiencias y recomendaciones expuestas por los trabajadores, clientes y proveedores.

e. Toda decisión de cambio debe implicar, sustancialmente, una mejora en la calidad del producto.

f. Toda decisión que afecte o modifique las operaciones de una unidad de trabajo será previamente discutida y/o modificada conjuntamente con todos los miembros de dicha unidad.

g. Cada unidad programará reuniones periódicas de rutina, con todos sus colaboradores, para discutir asuntos de interés para esa dependencia y, cuando la situación lo amerite, se podrá convocar a reuniones extraordinarias, previo aviso.

h. La Gerencia General convocará a reuniones generales, comunicándolo a través del jefe de cada dependencia.

1.1.3 Descripción de puestos

Una de las partes más importante dentro de cualquier organización es sin duda el tenerla bien definida y saber perfectamente lo que cada persona, que forma dicha organización, hace o debe de hacer dentro de ella, es por eso que se vuelve imprescindible trabajar con descripciones de puestos.

Gerencia General:

La Gerencia General es el órgano encargado de la integración con todas las unidades de la empresa. Su función principal es de planeamiento, organización y creación de condiciones que favorezcan el logro de los objetivos de la empresa. La Gerencia debe garantizar un ambiente propicio para sus empleados, en el cual puedan auto realizarse y ser participes activos del éxito de la empresa.

La Gerencia también tiene una obligación previsor, lográndolo a través de una planeación estratégica efectiva; la realización de investigaciones de índole mercadológico, tecnológico, logístico y humanístico y el establecimiento de cursos alternativos de acción.

Tabla I. Análisis del puesto de gerente general

Identificación	<p>Título del Puesto: Gerente general Área: Administrativa Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx</p>
Descripción Genérica	Identificar nuevas áreas de negocios, así como administrar los esfuerzos del personal para ejecutar los planes y lograr los objetivos establecidos para la organización.
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr la rentabilidad de los servicios que proporciona la empresa. • Supervisar la situación financiera de la empresa • Contar con información oportuna y confiable a través de los sistemas administrativos y computarizados. • Implantar estrategias de comercialización adecuadas al negocio.
Naturaleza y alcance	<p>Reporta: Asamblea de socios</p> <p>Puesto que le reporta: Gerente de operaciones, contador general, gerente de ventas, gerente de producción, jefe de mantenimiento, supervisor de calidad, jefe de planta, jefe de bodega, operadores.</p>
Funciones del titular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Que cada uno de los departamentos correspondientes cumpla con los Procedimientos y Políticas establecidos. 2. Proporcionar la información requerida de manera confiable y oportuna, en la verificación y autorización de presupuestos. 3. Verificar que se cumpla con las Obligaciones Fiscales y Legales correspondientes. 4. Atención adecuada a las personas que lo requieran de las diferentes Instituciones o Empresas dependencias oficiales, Bancos, Despachos, etc. 5. Vigilar la optimización de los recursos de la empresa. 6. Verificar y autorizar los pedidos o faltantes de material para los trabajos. 7. Hablar con los proveedores para las condiciones de crédito 8. Autorizar las compras de material faltante en almacén.
Relaciones del puesto	<p>Supervisa: Todas las áreas de la empresa Trabaja con: Todas las áreas de la empresa Fuera de la empresa: Clientes, autoridades, proveedores y directivos de otras empresas.</p>

Gerente de operaciones:

Gerencia de Operaciones es el área de la gerencia que se especializa en el diseño, operación, mejoras y control de sistemas de producción dirigidos a producir un producto o servicio en una organización.

Tabla II. Análisis del puesto de gerente de operaciones

Identificación	Título del Puesto: Gerente de operaciones Área: Administrativa Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	Gerencia de Operaciones es el área de la gerencia que se especializa en el diseño, operación, mejoras y control de sistemas de producción dirigidos a producir un producto o servicio en una organización.
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none">• Planificar, organizar, controlar, dirigir y supervisar los departamentos correspondientes, para el logro de los objetivos y la obtención de los resultados óptimos.• Que se cumplan los procedimientos y políticas establecidas.• Asegura el cumplimiento de la normatividad Administrativa, Financiera, Contable y Fiscal de la compañía.• Mantener un clima óptimo de trabajo con los departamentos correspondientes, así como empresas o instituciones externas que se tengan relaciones.• Mantener las condiciones óptimas para los sistemas productivos de la empresa.
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerencia General Puesto que le reporta: Contador general, gerente de ventas, gerente de producción, jefe de mantenimiento, supervisor de calidad, jefe de planta, jefe de bodega, operadores.
Funciones del titular	<ol style="list-style-type: none">1. Que cada uno de los departamentos correspondientes cumpla con los Procedimientos y Políticas establecidos.2. Proporcionar la información requerida de manera confiable y oportuna.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Verificar que se cumpla con las Obligaciones Fiscales y Legales correspondientes. 4. Hacer los depósitos de los ingresos en el banco 5. Atención adecuada a las personas que lo requieran de las diferentes Instituciones o Empresas dependencias oficiales, Bancos, Despachos, etc. 6. Realizar los cheques de pago a los trabajadores y enviarlos al gerente general para su autorización. 7. Realizar la verificación del inventario, de manera sorpresiva. 8. Estar pendiente de las prestaciones de los trabajadores; tanto legales como de las que ofrece la empresa. 9. Mantener actualizados los archivos del área.
Relaciones del puesto	<p>Supervisa: Todas las áreas de la empresa</p> <p>Trabaja con: Todas las áreas de la empresa</p> <p>Fuera de la empresa: Clientes, autoridades, proveedores y directivos de otras empresas.</p>

Contabilidad y Administración:

La unidad contable es el órgano fiscalizador y controlador de los ingresos y egresos la empresa. Además de su función fiscalizadora, Contabilidad presta asesoría a todas las demás unidades en la elaboración de presupuestos anuales y asuntos legales. Asimismo, vela por el mantenimiento de costos bajos operacionales, proponiendo oportunamente la reducción de los mismos a través de métodos y formulas matemáticas y decisorias, aplicables sin sacrificar la calidad de los productos y servicios y las prestaciones a los empleados. Por otro lado, la unidad administrativa se encarga de materializar los planes dedicados a la integración del recurso humano y recurso de materiales. Alguna de sus funciones es la contratación del personal adecuado para la empresa; mantener buenas relaciones humanas, efectuar operaciones en lo que respecta a sueldos, salarios, prestaciones, valuación, promociones y capacitación.

Tabla III. Análisis del puesto de contador general

Identificación	Título del Puesto: Contador General Área: Administrativa Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	Es el encargado de proporcionar información Financiera, Contable, Presupuestos, Costos, Estadísticas, etc., y Estados Financieros de manera oportuna y veraz, para la toma de decisiones Gerenciales, así como el cumplimiento de aspectos Fiscales y Legales ante dependencias oficiales, de acuerdo a los procedimientos, presupuestos y programas correspondientes.
Dimensiones	Su alcance general incluye las actividades Contables y Fiscales de la empresa.
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerencia general y gerente de operaciones Puesto que le reporta: Gerente de ventas y jefe de bodega.
Funciones del titular	<ol style="list-style-type: none"> 1. En lo contable es el responsable de que la información cumpla un estándar de conformidad a principios contables reconocidos en el ámbito nacional e internacional, de la información generada en las oficinas del interior de la república y en las oficinas centrales. 2. Es el encargado de analizar las cifras contenidas en los Estados Financieros generados en el proceso contable para determinar la eficiencia operacional de la sociedad. 3. En el aspecto fiscal es el responsable de vigilar y regular todos los aspectos impositivos de la entidad estableciendo las políticas fiscales de conformidad con las Leyes correspondientes, apegándose en su carácter de causante o retenedor respecto al ámbito Federal como Local de las contribuciones en cada plaza. 4. Elabora la declaración anual de la entidad en base a la información contable y fiscal. 5. Supervisión y control del cierre anual contable y fiscal con auditoría.
Relaciones del puesto	Supervisa: Jefe de bodega, ventas. Trabaja con: Todas las áreas de la empresa Fuera de la empresa: Auditores, SAT, Bancos, Notarios, Abogados, Clientes, Proveedores.

Gerente de Ventas:

El gerente de ventas es la persona encargada de dirigir, organizar y controlar un cuerpo o departamento de ventas.

El buen gerente de ventas debe agrupar todas las cualidades de un verdadero líder, como son la honestidad, ser catalizador, tomar decisiones, ejecutarlas, en fin un gerente deber ser muchas cosas, para muchas personas.

Dentro de sus funciones, tenemos la más importante:

Preparar planes y presupuestos de ventas, de modo que debe planificar sus acciones y las del departamento, tomando en cuenta los recursos necesarios y disponibles para llevar a cabo dichos planes.

Tabla IV. Análisis del puesto de gerente de ventas

Identificación	Título del Puesto: Gerente de ventas Área: Ventas Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	Responsable de un determinado número de vendedores, realiza el control de la gestión de los vendedores, se encarga de la formación del personal del departamento, elabora informes cuantitativos y cualitativos con respecto a las ventas. Analiza el material soporte para las ventas, en colaboración con el área de marketing.
Dimensiones	Debe de informar a producción la cantidad de pedidos, así como todas las características que el cliente desea del producto, debe de desarrollar planes de ventas.
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerente general, gerente de operaciones y gerente de producción. Puesto que le reporta: Producción.
Funciones del titular	<ol style="list-style-type: none">1. Determinación de las cuotas de venta, de los miembros del equipo.2. Supervisión y control de los vendedores3. Control de actuación en equipo.4. Elaboración de informes de la actividad del equipo.5. Supervisión de tareas administrativas: Partes, contratos, cobros, citas, los objetivos de ventas

	propios.
Relaciones del puesto	Supervisa: vendedores Trabaja con: producción. Fuera de la empresa: Clientes.

Gerente de Producción:

El departamento de producción es la columna vertebral de la empresa. Su finalidad máxima es de eficiencia operativa, para alcanzar la calidad total. No obstante todas las unidades de la empresa trabajan conjuntamente para alcanzar los objetivos, la relevancia de la unidad productiva radica en que se aquí donde se ven materializados los objetivos generales de la empresa. En esta dependencia se vela por el buen funcionamiento técnico de toda la maquinaria, por la constante actualización profesional de todos sus empleados, por una modernización de procesos y procedimientos y por una innovación continua en cualquier elemento que propicie un mejor desempeño. Las sub-áreas que conforman esta unidad son mantenimiento, serigrafía, planta de producción y operaciones manuales. Los productos que se realizan en esta planta es todo tipo de envases plásticos como por ejemplo están los pachones, botes para shampoo, etc.

Tabla V. Análisis del puesto de gerente de producción

Identificación	Título del Puesto: Gerente de producción Área: producción Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	Lograr que nuestros productos lleguen al mercado en las mejores condiciones de calidad, costo y utilidad en base a la simplificación de procesos y recursos materiales, humanos, técnicos, etc., tomando en consideración el concepto de productividad que medirá la relación entre los insumos y los resultados o productos.
Dimensiones	Debe de velar porque los pedidos de producción salgan en el tiempo estipulado y la cantidad estipulada.

	Debe de planificar la cantidad de materia prima necesaria por pedido y determinar que todos los recursos de la empresa estén alineados con las especificaciones técnicas del producto.
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerente general, gerente de operaciones. Puesto que le reporta: Ventas, jefe de mantenimiento.
Funciones del titular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Producción y acondicionamiento del producto. 2. Mantenimiento industrial. 3. Ingeniería y servicios generales de planta. 4. Logística Industrial. 5. Planificación de la producción. 6. Determinar la materia prima.
Relaciones del puesto	Supervisa: Jefe de bodega, jefe de planta, supervisor de calidad y operadores. Trabaja con: ventas. Fuera de la empresa: Clientes, proveedores y directivos de otras empresas.

Jefe de mantenimiento:

La función de mantenimiento es una función técnica y un servicio que se presta a la función producción de envases plásticos.

El mantenimiento esta considerado como un órgano funcional y técnico, cuyo encuadre depende del menor o mayor alcance de las funciones que le sean asignadas según la política de mantenimiento de la empresa.

El servicio de mantenimiento es el encargado de la función de mantenimiento.

El máximo responsable del mantenimiento es el jefe de mantenimiento que es el encargado de que se cumpla correctamente la gestión de mantenimiento en la planta de producción.

El mantenimiento ha de tener una visión a corto medio y largo plazo.

Tabla VI. Análisis del puesto de jefe de mantenimiento

Identificación	<p>Título del Puesto: Jefe de Mantenimiento Área: administrativa Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx</p>
Descripción Genérica	Realizar proyectos de mantenimiento general y dirigir el funcionamiento, conservación y reparación de máquinas, maquinaria e instalaciones, equipos y sistemas, para conseguir unos óptimos resultados en la producción y la seguridad en general.
Dimensiones	<p>Debe de planificar y controlar el funcionamiento correcto de todo el recurso productivo de la empresa. Diseñar planes de mantenimiento preventivo y correctivo. Diseñar planes de seguridad e higiene industrial.</p>
Naturaleza y alcance	<p>Reporta: Gerente general, gerente de operaciones. Puesto que le reporta: Producción.</p>
Funciones del titular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer normas y procedimientos de control para garantizar el eficaz funcionamiento y la seguridad de máquinas, mecanismos herramientas, motores, dispositivos, instalaciones y equipos industriales. 2. Organizar y dirigir el mantenimiento y reparación. 3. Coordinar y supervisar el diseño, construcción y montaje de las nuevas instalaciones o maquinaria, así como vigilar el mantenimiento de las existentes. 4. Localizar y corregir deficiencias. 5. Diseñar o reajustar la maquinaria, piezas o herramientas necesarias para adaptarse a las necesidades de producción y a las tendencias del mercado. 6. Realizar planes de mantenimiento a corto, medio y largo plazo según las necesidades de la maquinaria y supervisar su cumplimiento.
Relaciones del puesto	<p>Supervisa: jefe de planta. Trabaja con: producción. Fuera de la empresa: Proveedores y directivos de otras empresas.</p>

Supervisor de Calidad:

Supervisa el producto terminado de acuerdo a especificaciones de calidad en recepción de materia prima, en los procesos y en el producto final. Entregando el producto defectuoso a molienda para su reproceso.

Tabla VII. Análisis del puesto de supervisor de calidad

Identificación	Título del Puesto: Supervisor de Calidad Área: Producción Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	Supervisa el producto terminado de acuerdo a especificaciones de calidad. Entregando el producto defectuoso a molienda para su reproceso.
Dimensiones	Tomar resoluciones conjuntamente con gerente general de producción con problemas que se presenten en la calidad de los productos. Regresar los envases que no cumplan con la calidad requerida. Autoridad para detener el proceso si se incurre a no conformidades según especificaciones. Tramitar modificaciones del producto que afecten a la especificación. Tramitar amonestaciones al personal que frecuentemente incurra en la falta de calidad
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerente de producción. Puesto que le reporta: Operarios.
Funciones del titular	<ul style="list-style-type: none">• Recibir especificaciones y cambios de los mismos.• Verificar las segundas con el cliente interno• Verificar problemas de medida de acuerdo a patrones• Verificar que todos los documentos se estén utilizando correctamente.• Verificar indicadores de calidad y llevar a cabo un plan para corregirlos.• Verificar desglose de segundas y graficas semanales con supervisores de calidad de cada

	línea.
Relaciones del puesto	Supervisa: Producto terminado. Trabaja con: Producción. Fuera de la empresa: Clientes, proveedores.

Jefe de Planta:

La función principal del jefe de planta es cumplir con los objetivos de producción, tanto en calidad, cantidad y tiempo, así como verificar el uso adecuado de la maquinaria y equipo asignado al personal.

Tabla VIII. Análisis del puesto de jefe de planta

Identificación	Título del Puesto: Jefe de Planta Área: Producción Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	La función principal del jefe de planta es cumplir con los objetivos de producción, tanto en calidad, cantidad y tiempo, así como verificar el uso adecuado de la maquinaria y equipo asignado al personal.
Dimensiones	Planear, programar, detección de fallas y Solución de problemas en el área de producción.
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerente de producción. Puesto que le reporta: Operarios.
Funciones del titular	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con la producción Programada en tiempo, cantidad, calidad y bajo costo. • Verificar que los materiales que se va a utilizar sean los correctos. • Apoyo al departamento de calidad a prevenir y reparar Fallas. • Supervisar las funciones de los subordinados. • Verificar que los envases que Procesa la línea sean correctos. • Verificar que la materia prima sea la correcta y que los colorantes sen de acuerdo con las especificaciones del pedido. • Verificar que los moldes sea los correctos. • Solicitar al mecánico a reparar la maquina más

	urgente. <ul style="list-style-type: none"> • Entregar productos (envases) completos. • Reportar maquinas descompuestas.
Relaciones del puesto	Supervisa: Planta de producción. Trabaja con: Producción. Fuera de la empresa: Clientes, proveedores.

Jefe de Bodega:

El jefe de bodega esta encargado de realizar la gestión de bodega, negociar con proveedores y controlar las existencias de materia prima y producto terminado, para que el ciclo de producción en la empresa fluya de manera constante y las exigencias del cliente sean atendidas de la mejor manera, ya sea este interno o externo.

Tabla IX. Análisis del puesto de jefe de bodega

Identificación	Título del Puesto: Jefe de Bodega Área: Producción Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	Confirmar que los materiales vengan de acuerdo al control de calidad, entrega a tiempo de los materiales a producción. Verificar etiquetas y números de pedidos que corresponden al control de producción.
Dimensiones	Supervisar el proceso de empaque y embarque.
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerente de producción. Puesto que le reporta: Operarios.
Funciones del titular	solicitar piezas faltantes Regresar envases que no vengan completos. No embarcar sin comprobante de faltantes. Únicamente se embarca cuando este firmada la Auditoria de liberado.
Relaciones del puesto	Supervisa: Bodega. Trabaja con: Producción. Fuera de la empresa: Clientes, proveedores.

Operadores:

Son el principal elemento de la organización y son los encargados de recibir el envase plástico después que la máquina lo produce y debe eliminar los excesos de plástico que el envase tenga y trabajar de la manera más eficiente y ordenada para lograr las metas establecidas de producción y calidad.

Tabla X. Análisis del puesto de operadores

Identificación	Título del Puesto: Operadores Área: Producción Nombre: xxxxx Fecha: xxxxx
Descripción Genérica	Producir envases plásticos con la calidad y cantidad convenida de acuerdo al pedido.
Dimensiones	Supervisar el proceso de producción, siendo el encargado de que los envases cumplan con todas las especificaciones técnicas.
Naturaleza y alcance	Reporta: Gerente de producción. Puesto que le reporta: N/A.
Funciones del titular	<ul style="list-style-type: none">• Mostrar interés en el funcionamiento de su compañía, para aportar sin reservas su plena colaboración.• Hacer sugerencias dirigidas al mejoramiento de los métodos.• Trabajar a un ritmo normal y debe introducir el menor número de elementos extraños y movimientos adicionales.• Seguir con exactitud el método prescrito.• Eliminar excesos de plástico de los envases.
Relaciones del puesto	Supervisa: Planta. Trabaja con: Producción. Fuera de la empresa: N/A.

1.1.4 Descripción del producto

La empresa cuenta con una gran variedad de productos plásticos, siendo la de los envases su especialización, dicho producto cuenta con la característica que puede realizarse en el color, durabilidad, peso y tamaño que el cliente desee.

El producto evaluado en el siguiente trabajo de investigación es un envase plástico con capacidad para 300 ml sin etiqueta para un Acondicionador, el cual se realiza en una máquina sopladora de 4 cavidades con una producción por hora de 800 envases y una producción diaria de 17,600 envases.

Por lo general los pedidos son de 70,000 a 80,000 envases y se entrega al cliente en bolsas de 230 envases cada una.

Figura 2. Envase con sobrante plástico después de procesos de soplado



Figura 3. Envase después de haber sido eliminado el sobrante plástico



1.1.5 Descripción del mercado

En Guatemala el mercado del plástico es relativamente nuevo ya que su mayor auge se da en el año de 1975 cuando se introduce la elaboración de plásticos en el ámbito industrial, dándose así un mayor uso y un nivel más alto de producción.

Podemos decir que hay varios factores que influyen en el campo industrial plástico, entre ellos encontramos:

- a. La Industria Plástica.
- b. El precio del petróleo.
- c. Materia prima para elaboración de productos plásticos.

- d. Influencia de la materia prima reciclada.
- e. Diferencia entre materia prima virgen y reciclada.
- f. Crecimiento y evolución del mercado plástico.
- g. Avance tecnológico en el área de producción.

En la actualidad se encuentra con un mercado bastante competitivo por lo que la industria del plástico esta buscando nuevos campos de acción aparte de la fabricación de exclusivamente envases, por lo que se han desarrollado productos que sean sustitutos como pueden ser: suelas de zapatos, postes, lentes, aislantes, etc.

1.2 Descripción del proceso de producción

La producción del envase plástico empieza con la recepción de la materia prima en bodega, esta luego es trasladada a la máquina sopladora hidráulica, donde el supervisor de planta dosifica dicha máquina con el polietileno de alta densidad, luego la máquina con un molde de 4 cavidades produce los envases a una velocidad de producción de 800 unidades por hora y cuatro envases cada ciclo, siendo el operario el encargado de recibir los envases y eliminar los sobrantes de plástico; luego son empacados en bolsas con capacidad de 230 envases y son enviados a bodega de producto terminado, donde después de haber terminado el pedido son sometidos a una inspección de calidad, para ver si el producto puede ser embarcado y enviado al cliente.

1.2.1 Maquinaria

Para la realización de todos los productos en esta planta se utiliza una maquina sopladora específicamente una Máquina *Sopladora Voith*

Fischer modelo 89, la cual tiene modificaciones hechas por el propietario, entre las cuales esta la instalación de un sistema PLC (programmable logic controllers) por sus siglas en inglés, sistema que permite regular la temperatura y los ciclos de la máquina de forma precisa.

Figura 4. Máquina *Sopladora Voith Fischer modelo 89* y operarios removiendo sobrante de plástico



1.2.2 Herramienta

Para la producción el operario utiliza como herramienta una cuchilla para remover los sobrantes de plástico.

Y en el proceso se encuentra entre la maquinaria auxiliar un molino el cual es utilizado para mezclar la materia prima con algún color en específico si este es necesario y una torre de enfriamiento.

1.2.3 Materiales

La materia prima que se utiliza en general para todo tipo de procesos plásticos será:

- a. Polietileno de alta densidad (costales de 25 kilos importado de Colombia y EEUU)
- b. Colorantes (Master Batch por kilos)
- c. Pintura para serigrafía

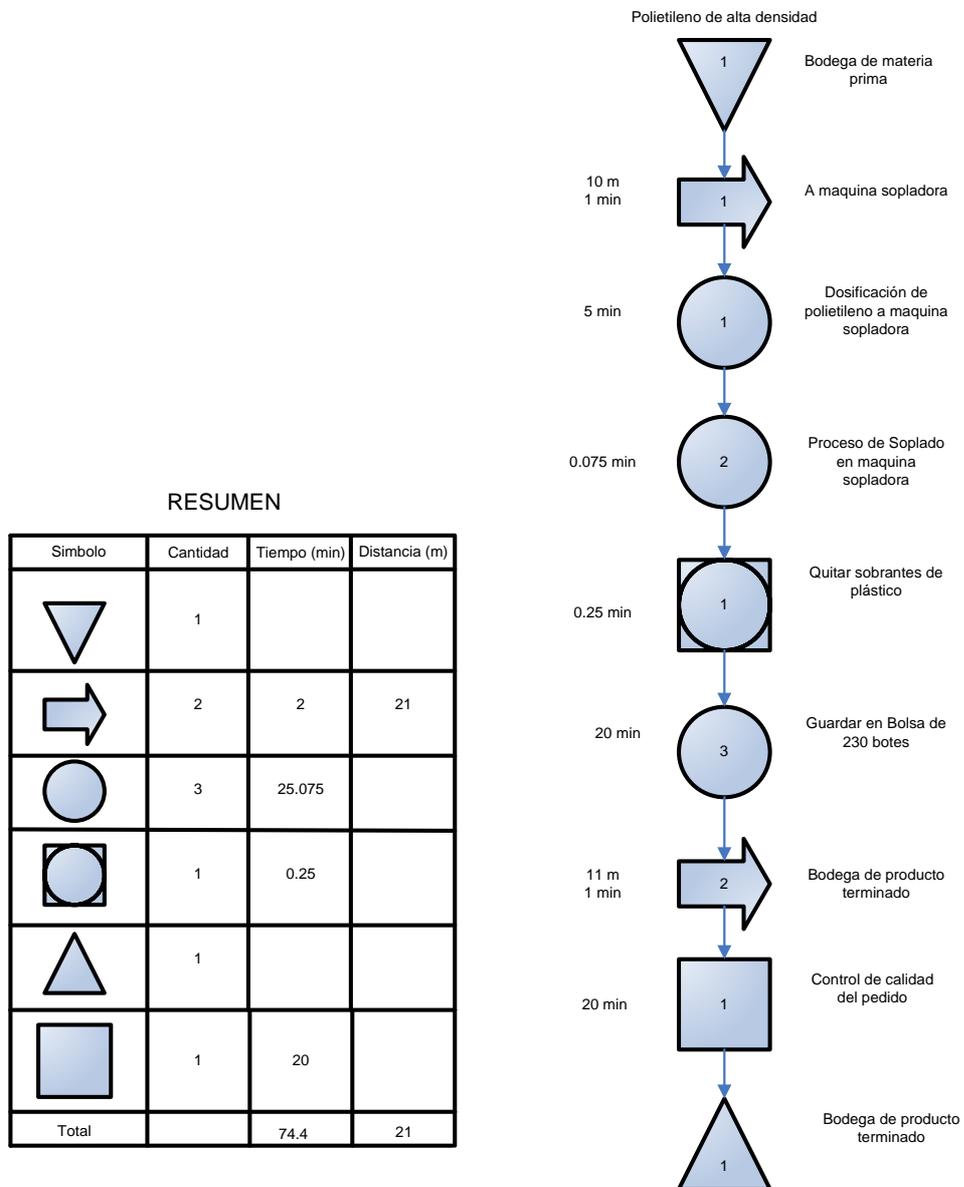
Figura 5. Sacos de Polietileno de alta densidad



1.2.4 Diagrama de flujo

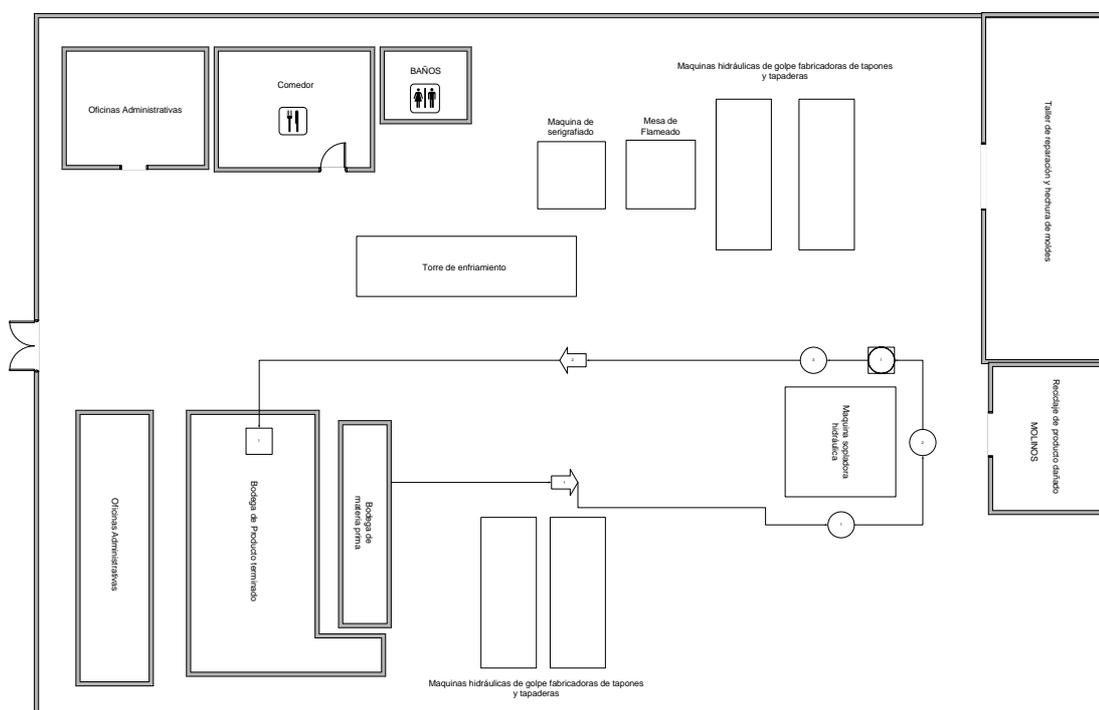
Figura 6. Diagrama de flujo

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE UN ENVASE PLÁSTICO	FECHA: 16 de enero del 2006
Analista: Luis Rodrigo Bernal Cortez Gordillo	Inicio: Bodega de Materia Prima
Proceso: Método actual en la producción de envases plásticos.	Finalización: Bodega de producto terminado
Empresa: Plalsa.	
Páginas: 1 de 2	



1.2.5 Diagrama de recorrido

Figura 7. Diagrama de recorrido



2. DIAGNÓSTICO: CONTROL DE CALIDAD EN LA EMPRESA

2.1 Determinación de métodos actuales de control de calidad

En las políticas de la empresa se encuentra estipulado el mejoramiento continuo y la satisfacción del cliente y en el organigrama y la descripción de puestos esta descrito el puesto de supervisor de calidad, en la actualidad en la empresa el encargado de realizar todas las actividades relacionadas con la calidad es el gerente de producción. Siendo el Gerente de Producción el encargado de revisar la calidad de la materia prima, del proceso de producción y del producto final.

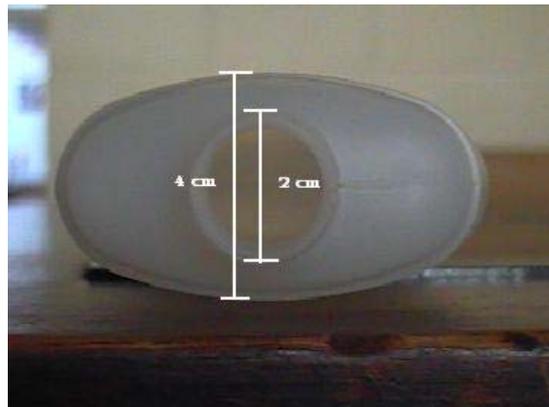
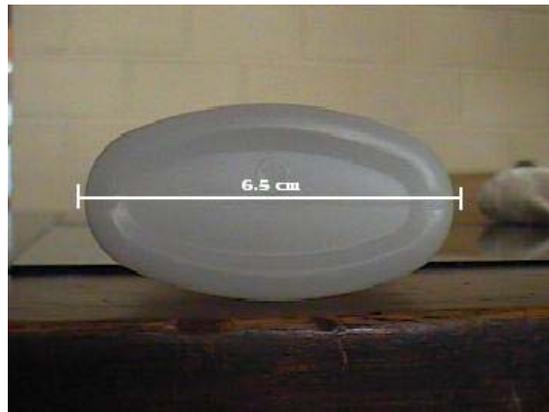
2.1.1 Especificaciones técnicas del producto

El producto en general es clasificado según sus especificaciones técnicas las cuales son descritas por la empresa como el número de cavidades del molde, el peso del producto, el ciclo, la producción por hora y la producción diaria.

2.1.1.1 Tamaño

El envase que se tomará como muestra para este estudio tiene las siguientes medidas:

Figura 8. Dimensiones del envase plástico



2.1.1.2 Peso

El peso que se especifica para este envase es de 29.5 gramos. Con una tolerancia de +/- 0.02 gramos.

2.1.1.3 Color

El color del envase es natural, por lo que no hay que aplicar ningún tipo de colorante.

2.1.2 Control de calidad en Producción

En el proceso de producción es donde se dan los mayores esfuerzos para el control de calidad, ya que se debe de cumplir con todas las especificaciones del cliente. Para que estas se cumplan debe de tomarse en cuenta la temperatura del cañón de producción, la calidad y la fluidez del polietileno de alta densidad y las características técnicas del producto cada ciclo.

2.1.2.1 Temperatura

La temperatura que debe de mantener la maquina para una adecuada producción de envases es de 175 ° C en el cañón, ya que si esta es mayor el envase puede perder forma o mostrar manchas de quemaduras.

2.1.2.2 Materia Prima

Para revisar la calidad de la materia prima el gerente de producción se encarga de pesar los sacos que utilizará para establecer si estos tienen el peso especificado por los proveedores.

Luego debe revisar el melindex (determina el nivel de fluidez del polietileno) del polietileno de alta densidad, esta medida determina la dureza de los granos que tiene un rango de 0 a 100 siendo 0 el más suave y 100 el más duro, ya que hay variedad de dureza en los envases que se producen y dependiendo de la dureza del mismo se debe de calibrar la temperatura del cañón de la máquina ya que si este es mas duro el plástico fluirá de forma mas lenta.

2.1.2.3 Descripción del control en producción

En el proceso de producción es donde se lleva a cabo el mayor control de calidad y especificaciones del producto, ya que el gerente de producción debe de revisar aproximadamente cada 18 minutos, que es lo que dura el ciclo del producto, si este no ha sufrido alguna transformación, siendo estas las características que debe revisar:

- a. Color (en caso que el envase requiera colorantes)
- b. Rosca
- c. Paredes del envase

- d. Forma
- e. Estabilidad
- f. Fugas de agua
- g. Peso

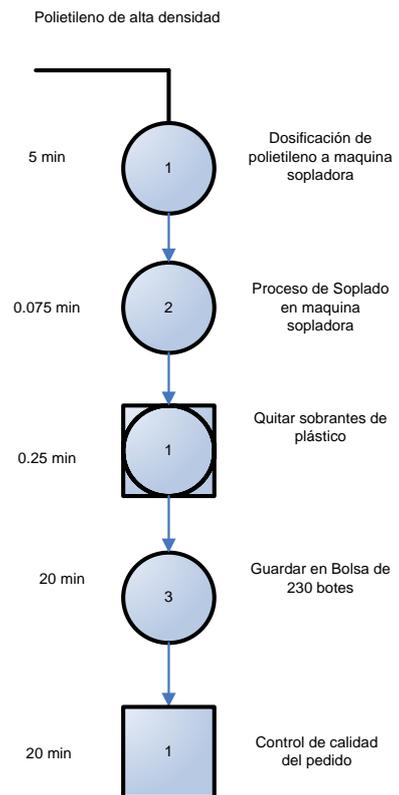
2.1.2.4 Diagrama de operaciones

Figura 9. Diagrama de operaciones

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE UN ENVASE PLÁSTICO Analista: Luis Rodrigo Bernal Cortez Gordillo Proceso: Método actual en la producción de envases plásticos. Empresa: Plalsa. Paginas: 1 de 1	FECHA: 16 de enero del 2006 Inicio: Bodega de Materia Prima Finalización: Bodega de producto terminado
--	--

RESUMEN

Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
○	3	25.075
◻	1	0.25
◻	1	20



2.1.3 Inspección del producto final

El encargado de realizar la inspección del producto final es el Gerente de producción tomando como base para dicho procedimiento la norma militar estándar 105D que es un plan de muestreo simple.

2.1.3.1 Descripción de inspección del producto final

El método utilizado para la inspección final es el MIL-EST-205D el cual utilizan para determinar la proporción de defectuosos por lote.

Como primer paso es determinar el nivel de inspección, el cual está relacionado con el tamaño muestral. Usualmente se utiliza el nivel II pero el nivel III se usa cuando el costo de inspección es bajo y el nivel I cuando el costo es alto. Los planes especiales se utilizan con ensayos son destructivos, en los cuales se desean tamaños mínimos.

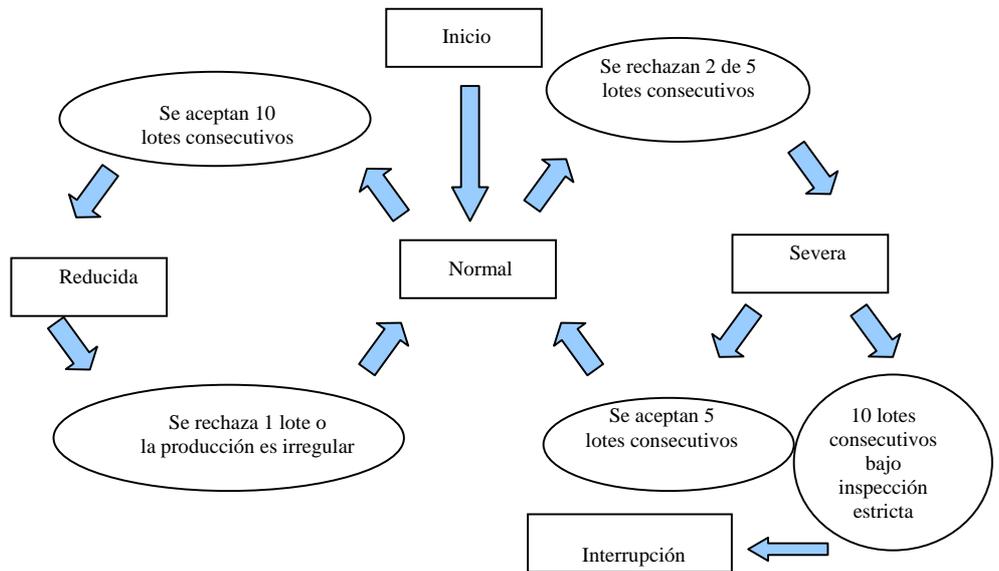
Al determinar el tamaño de lote se establece la letra código del plan la cual se encuentra en tabla 13 en los anexos.

Luego se elige el número de muestras del plan de muestreo: simple, doble o múltiple; se determina el NAC (nivel de aceptación en porcentaje) que la empresa ha establecido de un

10%, y se selecciona el tipo de inspección (normal, reducida o severa).

Usando el NAC y la letra código se determina el plan a partir de las tablas.

Figura 10. Descripción del proceso de inspección



Si en la posición correspondiente no se encuentra ningún plan, seguir la flecha hasta encontrar uno. Se debe tomar entonces el nuevo tamaño muestral y el nuevo número de aceptación (Ver tabla 14 en anexos).

Si tamaño muestral es mayor que el del lote, se realiza inspección al 100%.

2.1.4 FODA

A. FORTALEZAS

- Cuenta con una experiencia de 17 años en el mercado.
- Cuenta con una buena cartera de clientes en el mercado local e internacional.
- Cuenta con personal capacitado.
- Hay un buen ambiente organizacional.
- La maquinaria se encuentra en buen estado.

B. OPORTUNIDADES

- El tratado de libre comercio con Estados Unidos, Centroamérica y Republica Dominicana.
- Crear Joint Ventures con pequeñas y medianas empresas para aumentar competitividad y afrontar de mejor manera el TLC.
- Implementar una cultura de calidad para que se vea reflejada en el servicio que la empresa ofrece y agregar valor a la empresa.
- Aprovechar los cursos de capacitación que se están dando en el país para afrontar con mayor preparación el TLC.
- Se ha reducido los costos de herramientas y materia prima provenientes de China.

C. DEBILIDADES

- No cuenta con una cultura de calidad como tal y el gerente de producción debe encargarse de la calidad del producto.
- Es una empresa familiar y todavía no a pasado de la segunda generación, en la cual solamente el 50% de las empresas logra sobrevivir.
- No hay inversión en investigación y desarrollo, con lo cual agregarían valor a sus productos y servicios.
- El método de control de calidad es empírico.

D. AMENAZAS

- Pronto se abrirán las puertas a una competencia bastante dura contra los países del TLC.
- El alza en los precios del petróleo, hace que aumenten los costos.
- Las condiciones del clima que han afectado al país.
- La economía y la inseguridad nacional.

3. PROPUESTA: EL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES, APLICANDO WINQSB

3.1 Fundamentos para el control estadístico de la calidad

El control estadístico de los procesos es una metodología para vigilar un proceso, para identificar las causas especiales de variación y para señalar la necesidad de tomar alguna acción correctiva cuando sea apropiado. El proceso se considera fuera de control cuando están presentes causas especiales. Si la variación en el proceso sólo se debe a causas comunes, se dice que el proceso está bajo control estadístico. Una definición práctica del control estadístico es que a través del tiempo tanto los promedios del proceso como las varianzas son constantes.

El control estadístico de los procesos se apoya en las gráficas de control, una de las herramientas básicas de mejora de la calidad. El control estadístico de los procesos es una técnica probada para mejorar tanto la calidad como la productividad. Dado que el control estadístico de los procesos requiere que los procesos muestren una variación medible no es efectivo en caso de niveles de calidad que se acerquen a seis sigma. Sin embargo, el control estadístico de los procesos resulta bastante efectivo para aquellas empresas en sus primeras etapas de esfuerzos de calidad.¹

¹ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 649.

3.1.1 Metodología del control estadístico de los procesos

Las gráficas de control, como las demás herramientas básicas de mejora de la calidad, son relativamente fáciles de utilizar. Las gráficas de control tienen tres aplicaciones básicas: (1) establecer un estado de control estadístico, (2) vigilar un proceso y avisar cuando el proceso se salga de control, y (3) determinar la capacidad del proceso. A continuación aparece un resumen de los pasos requeridos para desarrollar y utilizar las gráficas de control:

a. Preparación

- Escoja la variable o atributo a medir
- Determine la base, tamaño y frecuencia de la muestra
- Defina la gráfica de control

b. Recolección de datos

- Registre los datos
- Calcule estadísticas relevantes: promedios, rangos, proporciones.
- Trace los datos estadísticos sobre la gráfica

c. Determinación de los límites de control de prueba

- Dibuje la línea central (promedio del proceso) sobre la gráfica
- Calcule los límites de control superior e inferior

d. Análisis e interpretación

- Investigue la gráfica para buscar falta de control
- Elimine puntos fuera de control
- Vuelva a calcular, si es necesario, los límites de control

- e. Utilización como herramienta para la solución de problemas
- Continúe con la recolección de datos y con el trazado
 - Identifique situaciones fuera de control y tome acción correctiva
- f. Utilización de los datos de las gráficas de control para determinar la capacidad del proceso, si así se requiere.²

3.1.2 Gráficas de control para datos variables

Los datos variables son los que se miden en una escala continua. Ejemplos de datos variables son longitud, el peso y la distancia. Las gráficas que se utilizan más comúnmente para datos variables son las gráficas \bar{X} (“x media”) y R (gráfica de rango). La gráfica \bar{X} se utiliza para vigilar el centrado de un proceso, y la gráfica R para vigilar la variación en el proceso.

3.1.2.1 Gráficas \bar{X} (“x media”)

El primer paso para el desarrollo de gráficas \bar{X} y R es la recolección de datos. Por regla general, se obtienen aproximadamente de 25 a 30 muestras y se utilizan tamaños de muestras entre 3 y 10, siendo las más comunes las de 5. El número de muestras se indica mediante la letra k , y n es el tamaño de la muestra. Para cada muestra i se calcula la media (identificada como \bar{X}_i) y el rango (R_i). A continuación estos valores se trazan en sus gráficas de control respectivas y luego se realizan los cálculos del promedio o media general y del rango

² Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 652.

promedio. Estos valores definen la línea central para las gráficas \bar{X} y R respectivamente. La media general es el promedio de las medias de las muestras \bar{X}_i .

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

El rango promedio se calcula de manera similar, mediante la fórmula

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

El rango promedio y la media promedio se utilizan para calcular los límites de control de las gráficas \bar{X} y R. Los límites de control se calculan utilizando las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} UCL_R &= D_4 \bar{R} & UCL_{\bar{X}} &= \bar{x} + A_2 \bar{R} \\ LCL_R &= D_3 \bar{R} & LCL_{\bar{X}} &= \bar{x} - A_2 \bar{R} \end{aligned}$$

Donde las constantes D_3 , D_4 , y A_2 dependen del tamaño de la muestra y pueden localizarse en la tabla 13 en los anexos.

Los límites de control representan el rango dentro del cual se espera estén todos los puntos, si el proceso está bajo control estadístico. Si cualquier punto cae afuera de los límites de control o se observa cualquier patrón fuera de lo común, entonces probablemente alguna causa especial ha afectado el proceso.

Para determinar si un proceso está bajo control estadístico, siempre se estudia primero la gráfica R. Dado que los límites de control de \bar{X} dependen del rango promedio, las causas especiales

en la gráfica R pueden producir patrones fuera de la común en la gráfica \bar{X} , aun cuando el centrado del proceso esté bajo control.³

3.1.2.2 Gráficas \bar{X} Y s “Desviación estándar”

Una alternativa al uso de la gráfica R junto con la gráfica \bar{X} es calcular y trazar la desviación estándar s de cada muestra. Aunque tradicionalmente se haya utilizado el rango, ya que involucra un menor esfuerzo de cálculo y es fácil de comprender para el personal del taller, tiene sus ventajas usar s en vez de R. La desviación estándar de la muestra es un indicador más sensible y mejor de la variabilidad del proceso, especialmente para muestras mas grandes, por lo que cuando se requiere un control estricto de la variabilidad, debe utilizarse s.

La desviación estándar de la muestra se calcula de la siguiente manera

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Para elaborar una gráfica s, se calcula la desviación estándar de cada muestra. A continuación se calcula la desviación estándar promedio \bar{s} promediando las desviaciones estándar de la muestra en todas las muestras (siendo el calculo análogo al cálculo de \bar{R}). Los límites de control para la gráfica s están dados por

³ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 653.

$$UCL_s = B_4\bar{\sigma}$$

$$LCL_s = B_3\bar{\sigma}$$

Para la gráfica \bar{X} correspondiente, los límites de control deducidos de la desviación estándar general son

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{x} + A_3\bar{\sigma}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{x} - A_3\bar{\sigma}$$

Donde A_3 , B_3 y B_4 son constantes y se encuentran en la tabla 14 en los anexos.

3.1.3 Análisis de patrones en diagramas de control

Cuando un proceso está bajo control estadístico, los puntos de una gráfica de control fluctúan al azar entre los límites sin un patrón reconocible. La siguiente lista de verificación da un conjunto de reglas generales para examinar un proceso, con el fin de determinar si está bajo control:

- a. No hay algún punto fuera de los límites de control.
- b. La cantidad de puntos por encima y por debajo de la línea central es aproximadamente la misma.
- c. Los puntos parecen concurrir aleatoriamente por encima y por debajo de la línea central.
- d. La mayoría de los puntos, pero no todos, aparecen cerca de la línea central, y solo unos cuantos se ubican cerca de los límites de control.

En las gráficas de control aparecen varios tipos de patrones fuera de lo común, que se revisarán a continuación, junto con una explicación de las causas típicas de dichos patrones.⁴

3.1.3.1 Puntos fuera de los límites de control

Un solo punto fuera de los límites de control generalmente se produce por una causa especial. A menudo, la gráfica R nos da una indicación similar. De vez en cuando, este tipo de puntos es parte normal del proceso y ocurre simplemente al azar.

Una razón común para que un punto esté fuera del límite de control es un error en el cálculo de \bar{X} o de R para la muestra. Siempre que esto ocurra, se deben verificar los cálculos. Otras posibles causas son una oscilación súbita en la energía eléctrica, una herramienta rota, un error de medición o una operación del proceso incompleta u omitida.⁵

⁴ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 671.

⁵ Crf. Ibid, 659.

Figura 11. Puntos fuera de control



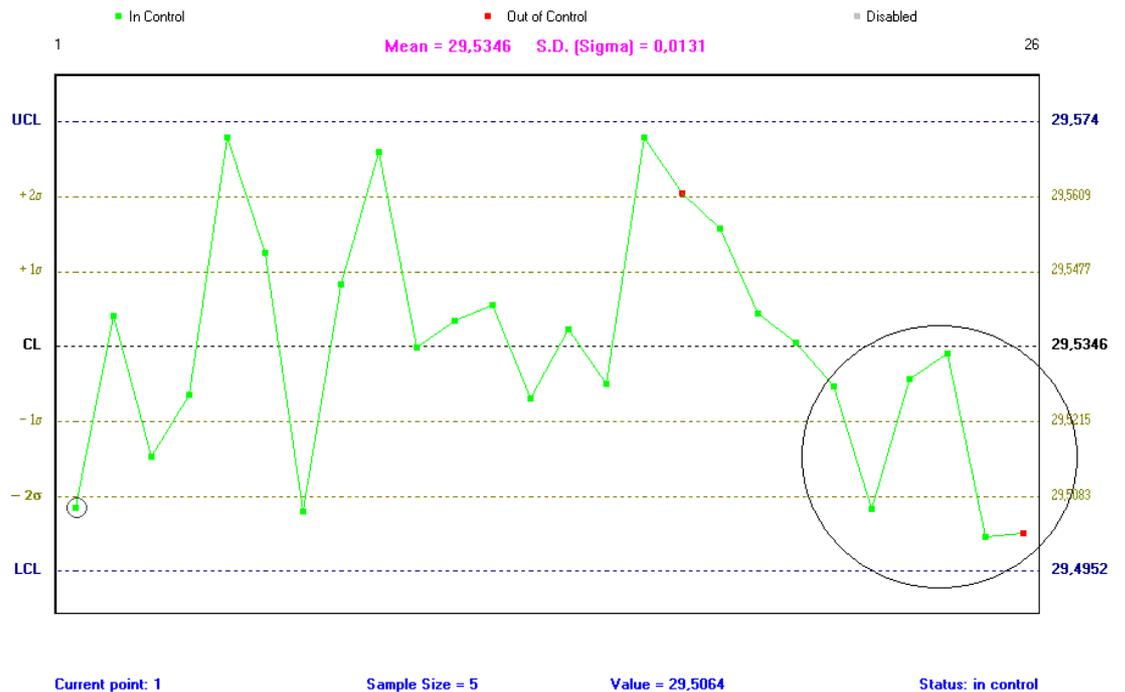
3.1.3.2 Desplazamiento súbito en el promedio del proceso

Un número fuera de lo común de puntos consecutivos que caen a un lado de línea central por lo general es indicación de que el promedio del proceso se ha desplazado súbitamente. Por lo común, es resultado de alguna influencia externa que afectó al proceso, y que debería considerarse como causa especial. Tanto en las gráficas \bar{X} y R, las causas posibles pudieran ser un operador nuevo, un inspector nuevo, un nuevo ajuste de máquina o un cambio de puesta en marcha o en algún método.

Si en la gráfica R el desplazamiento es hacia arriba, el proceso se ha hecho menos uniforme. Causas típicas serían descuido de los operadores, mantenimiento inadecuado o defectuoso, o posiblemente un dispositivo que necesita

reparación. Si el desplazamiento en la gráfica R es hacia abajo, la uniformidad del proceso ha mejorado.⁶

Figura 12. Desplazamiento súbito en el promedio del proceso



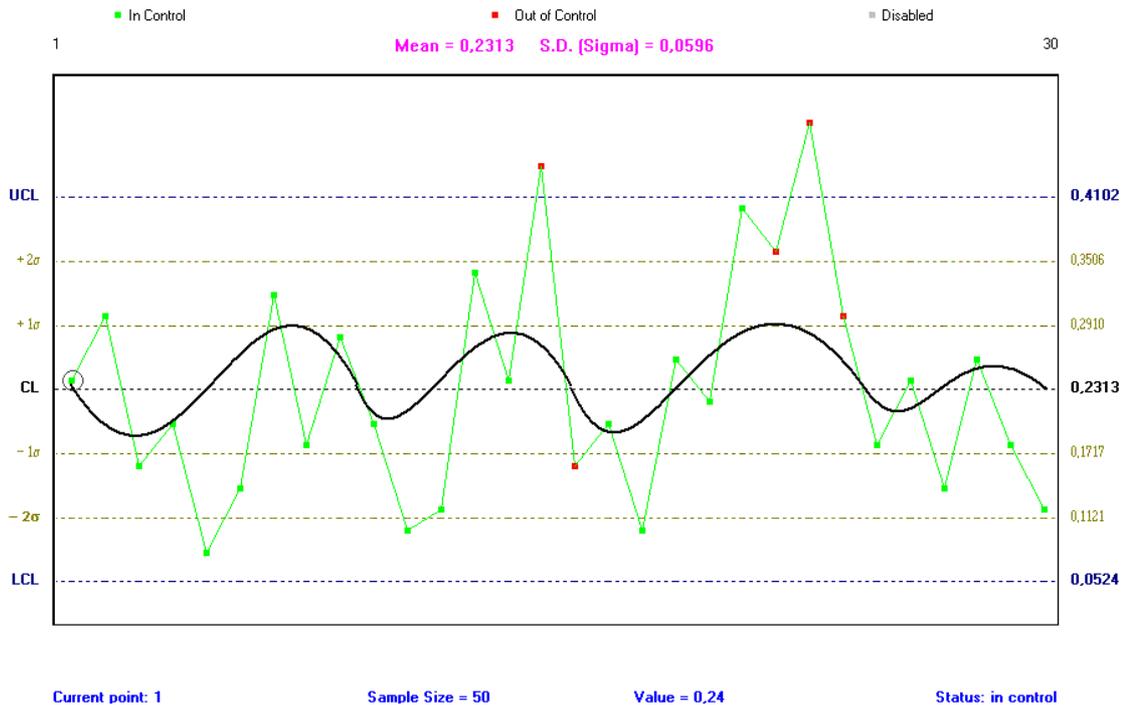
3.1.3.3 Ciclos

Los ciclos son patrones breves y repetitivos en la gráfica, que alternan picos elevados y valles profundos. Estos patrones son resultado de causas que varían periódicamente. En la gráfica \bar{X} , los ciclos fueron resultado del cambio de operador o por fatiga al final de turno, de calibradores distintos utilizados por inspectores diferentes, de efectos estacionales como temperatura o humedad, o de diferencias entre los turnos diurnos y nocturno. En la gráfica R, los ciclos pueden ocurrir debido a programas de mantenimiento,

⁶ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 659.

rotación de dispositivos o calibradores, diferencias entre turnos o fatiga del operador.⁷

Figura 13. Ciclos



3.1.3.4 Tendencias

Una tendencia es resultado de alguna causa que afecta gradualmente las características de calidad del producto y hace que los puntos de una gráfica de control poco a poco se muevan hacia arriba o hacia abajo a partir de la línea central. Conforme un nuevo grupo de operadores va adquiriendo experiencia en el puesto, o conforme mejora el mantenimiento del equipo, puede ocurrir alguna tendencia. En la gráfica \bar{X} , las tendencias pueden ser resultado de mejora en la destreza del operador, en la

⁷ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 662.

acumulación de suciedad o rebabas en dispositivos, desgaste en herramientas, cambios en la temperatura o en la humedad, o por envejecimiento del equipo. En la gráfica R, una tendencia creciente puede deberse a una disminución gradual en la calidad de los materiales, a fatiga del operador, el aflojamiento gradual de alguna herramienta o dispositivo, o el desafilado de una herramienta. Una tendencia decreciente a menudo es resultado de mejoras de la destreza del operador o de mejores materiales.⁸

Figura 14. Tendencias

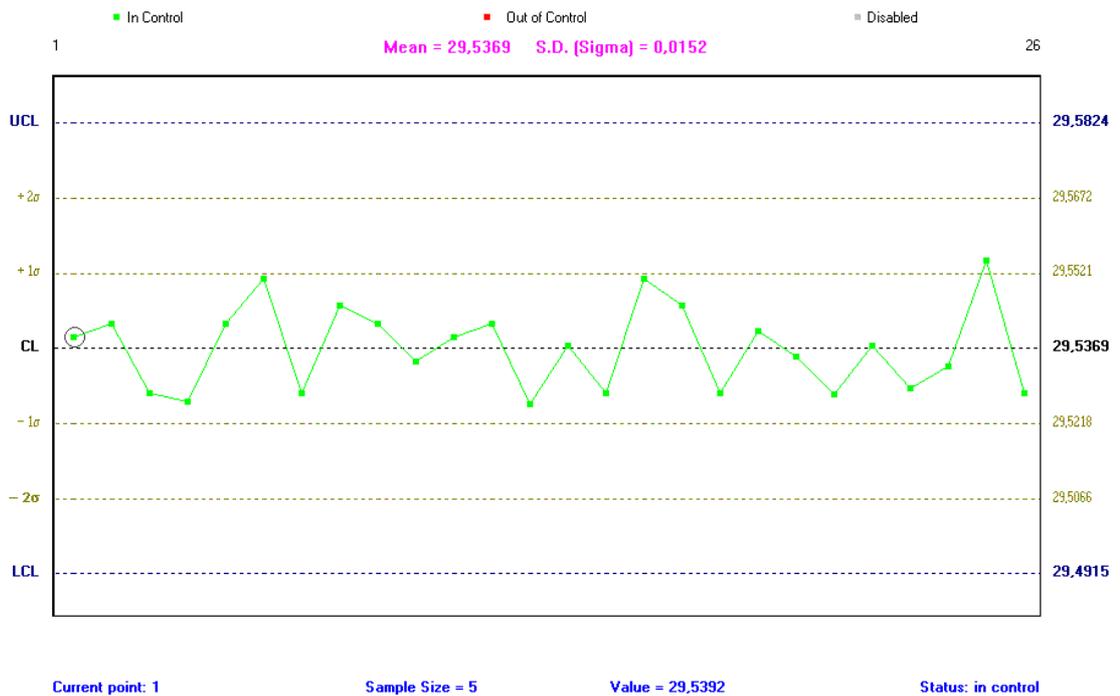


⁸ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 662.

3.1.3.4.1 Abrazando la línea central

Abrazar la línea central ocurre cuando prácticamente todos los puntos se ubican cerca de la línea central. En la gráfica de control parece que los límites de control son demasiado amplios. Una causa común de abrazar la línea central es que la muestra incluye un elemento que sistemáticamente se ha tomado de sólo una de entre varias máquinas, husillos u operadores.⁹

Figura 15. Abrazando la línea central

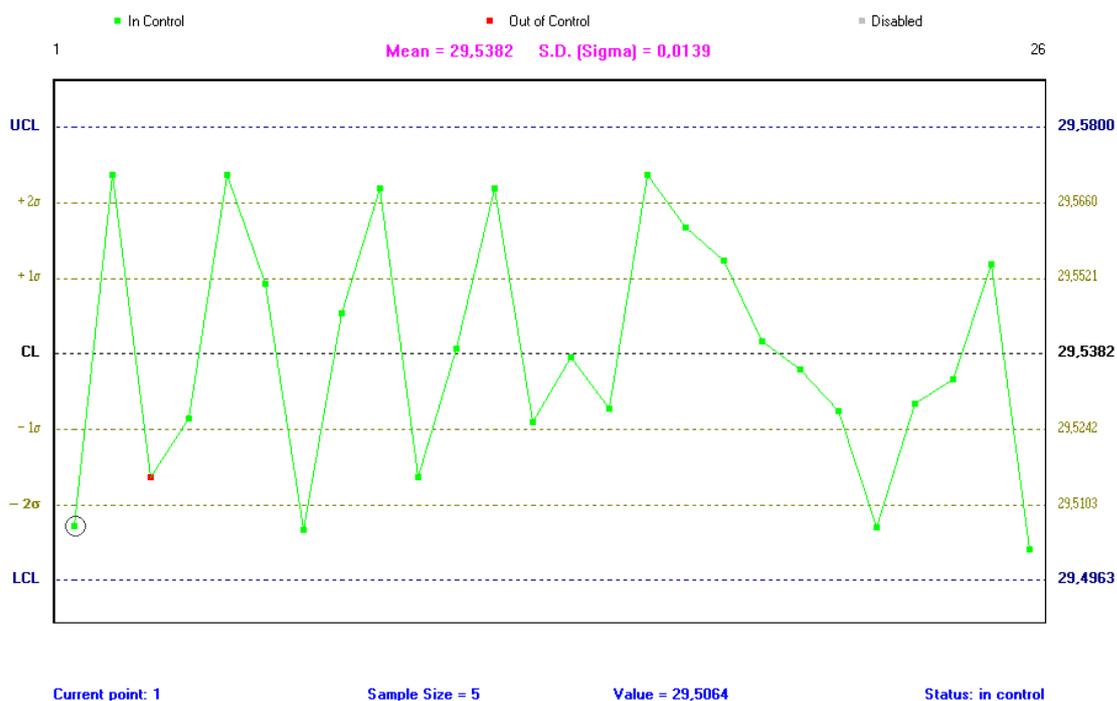


⁹ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 664.

3.1.3.4.2 Abrazando los límites de control

Este patrón se pone de manifiesto cuando muchos puntos aparecen cerca de los límites de control, con muy pocos lejos de ellos. Se conoce como una mezcla y resulta cuando se utilizan en un proceso diferentes lotes de materias primas o cuando los componente se producen en maquinas diferentes, pero se envían a un grupo de inspección común.¹⁰

Figura 16. Abrazando los límites de control

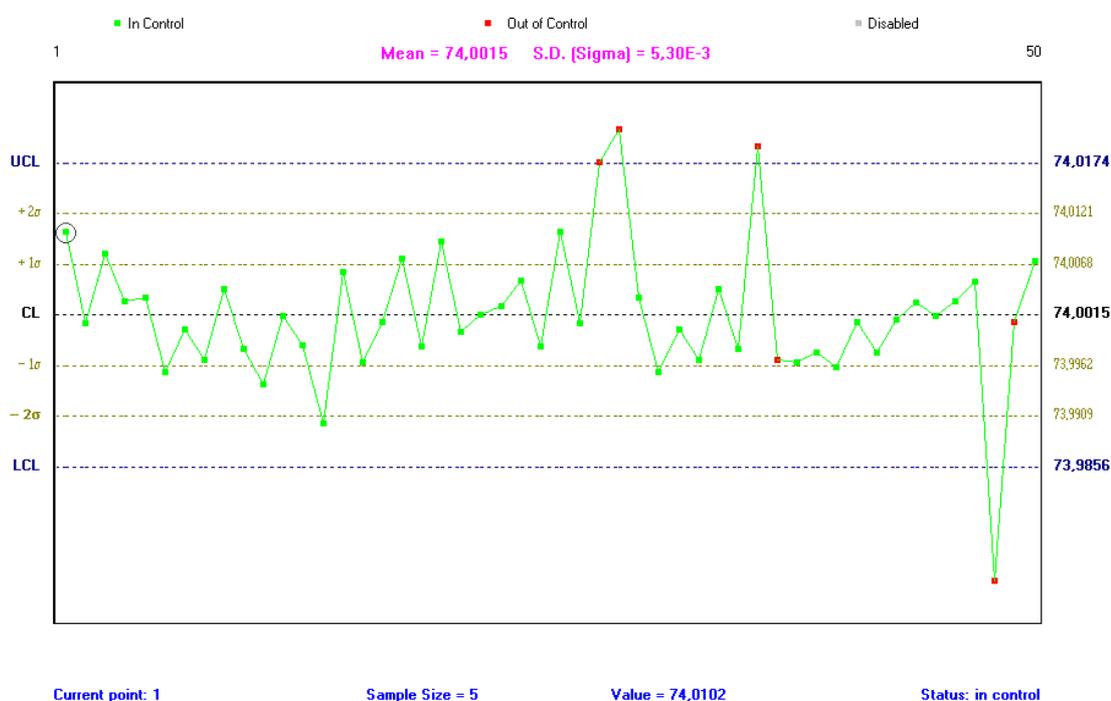


¹⁰ Crf. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 664.

3.1.3.4.3 Inestabilidad

La inestabilidad está caracterizada por fluctuaciones no naturales erráticas a ambos lados de la gráfica, a través del tiempo. Una causa frecuente de inestabilidad es un exceso en el ajuste de una máquina.¹¹

Figura 17. Inestabilidad



3.1.4 Estimación de la capacidad del proceso

La capacidad del proceso es el rango en el cual ocurre la variación natural de un proceso, según queda determinado por el sistema de causas comunes; esto es lo que puede lograr el proceso en condiciones estables. La capacidad del proceso sólo tiene sentido si se han

¹¹ Cfr. Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, 665.

eliminado todas las causas especiales de variación y el procesos está en control estadístico.

Entonces si el proceso se encuentra bajo control casi todas las unidades producidas bajo esas circunstancias se encuentran en el intervalo $(\mu - 3\sigma; \mu + 3\sigma)$ es decir en un intervalo centrado en μ y con una amplitud de 6σ .

Siendo esta la capacidad del proceso 6σ .

3.2 ¿QUÉ ES WINQSB?

El WinQSB es un software que contiene las herramientas más usadas en Investigación de Operaciones para la toma de decisiones.

Este programa contiene los más útiles y populares métodos cuantitativos usados en las ciencias administrativas, investigación de operaciones y administración de operaciones.

Por medio de una interfase interactiva, los profesionales y estudiantes tienen fácil acceso a los diferentes módulos de decisión para resolver una gran variedad de problemas.

3.2.1 Descripción e historia del software

WinQSB fue creado por Yih-Long Chang profesor del instituto tecnológico de Georgia con el objetivo de ayudar a estudiantes y empresarios a resolver problemas básicos de programación lineal ya que

este programa contiene los mas útiles y populares métodos cuantitativos usados en las ciencias administrativas, investigación de operaciones y administración de operaciones. WinQSB puede ser utilizado en cualquier computadora, que utilice el sistema operativo de Windows 95, 98, Me, 2000 Professional o XP. Este paquete de software esta diseñado para resolver problemas de administración, toma de decisiones, investigación de operaciones, producción y administración de operaciones.

WinQSB se utiliza para tomar decisiones y solución de problemas sobre:

Programación lineal (LP) y programación lineal entera (ILP): Este programa resuelve los problemas de LP usando el método simplex o el método gráfico y los problemas de ILP usando el procedimiento branch-and-bound.

Programación lineal por objetivos (GP) y programación lineal por objetivos entera (IGP), Programación cuadrática (QP) y programación cuadrática entera (IQP): Este programa resuelve los problemas de GP usando el método simplex modificado o el método gráfico y los problemas de IGP usando el procedimiento branch-and-bound.

Modelación de redes (NET): Este modulo resuelve los problemas de red incluyendo flujo de red (transbordo), transporte, asignación, caminos cortos, máximo flujo, cruces mínimos y problemas de viajes de vendedores.

Programación no lineal (NLP): Este programa resuelve los problemas no lineales no forzados usando el método de búsqueda y los problemas no lineales forzados usando el método de la función de castigo.

Programación dinámica (DP): Resuelve 3 tipos populares de problemas dinámicos: Diligencia, mochila y problemas de planeación de producción e inventarios.

PERT/CPM: Este módulo resuelve los problemas de planeación de proyectos usando el método de ruta crítica y la técnica de evaluación y revisión. Así mismo realiza análisis de choque, análisis de costos, análisis de probabilidad y simulación.

Análisis de líneas en espera/en cola (QA): Este programa resuelve el rendimiento de sistemas de colas de etapa simple usando la fórmula de cercanía, aproximación o simulación.

Simulación de sistemas en espera/en cola (QSS): Este programa modela y simula sistemas de colas simples y multietapas con componentes, incluyendo poblaciones de clientes arribando, servidores, colas y/o colectores de basuras.

Sistemas y teoría de inventarios (ITS): Resuelve problemas de control de inventarios, como problemas de cantidades económicas a pedir (EOQ), problemas de descuento de cantidad de la orden, problemas de periodos probabilísticos simples y problemas de tamaño dinámico de lotes; y evalúa y simula 4 sistemas de control de inventarios: (s, Q) , (s, S) , (R, S) y (R, s, S) .

Pronósticos (FC): Este módulo resuelve proyecciones de series de tiempo usando 11 diferentes métodos y además utilizando regresiones lineales de múltiples variables.

Toma de decisiones (DA): El programa resuelve 4 típicos problemas de decisión, el análisis Bayesiano, análisis de tablas de rentabilidad, análisis de árbol de decisión y la teoría del juego de cero suma.

Procesos de Markov (MKP): Este programa resuelve y analiza el proceso de Markov.

Gráficos de control de calidad (QCC): Construye gráficos de control de calidad para variables y datos de atributos y así mismo realiza análisis de gráficas relacionadas.

Análisis de aceptación de muestreo (ASA): Este programa desarrolla y analiza los planes de muestreos de tolerancias para atributos y características de calidad variable.

Programación de trabajo (JOB): Este programa resuelve los problemas de taller de tareas y programación del flujo de trabajo usando generación heurística y aleatoria.

Planificación agregada (AP): Soluciona los problemas de planeamiento agregado a las demandas de satisfacción del consumidor con mínimos o aceptables costos relacionados.

Diagramas de recorrido (FLL): Este módulo resuelve los problemas de facilidades de localización, disposición funcional y balanceo de línea de producción.

Planificación del requerimiento de materiales (MRP): El programa efectúa la planeación de requerimiento de materiales y determina que, cuanto y cuanto cuestan los materiales y componentes que son requeridos para satisfacer un plan de producción de productos finales para un horizonte de planeación.

3.2.2 Aplicaciones para el control de calidad

Esta herramienta realiza análisis estadístico y construye gráficos de control. El programa puede construir 21 gráficos de control diferentes, incluyendo las gráficas X, R, p y c. Además de realizar la estimación de la capacidad del proceso que se este estudiando. Esta herramienta puede desplegar los datos en forma de tabla o gráfica.

3.2.2.1 Gráficos de control

WinQSB tiene la capacidad de construir 21 diferentes gráficos de control para variables, entre las cuales se encuentran los gráficos X barra, R barra, desviación estándar, varianza, individuales, medias, rango medio; sumas acumulativas para media, rango y desviación estándar; tendencias para media e individuos; promedio móvil y promedio móvil geométrico para individuos y media; medias modificadas y gráficos de aceptación. La herramienta de gráficos de control también cuenta con 15 gráficos para atributos entre los cuales se encuentra la grafica p, np; C y u; el gráfico U; suma acumulativa para la grafica p y C; promedio móvil y promedio móvil geométrico para p y C; y gráficos estandarizados para p, np, C y u.

3.2.2.2 Histogramas

Un histograma es un resumen gráfico de la variación de un conjunto de datos. La naturaleza gráfica del histograma nos permite ver pautas que son difíciles de observar en una simple tabla numérica. Esta herramienta se utiliza especialmente en la comprobación de teorías y pruebas de validez.

WinQSB cuenta con esta opción y se utiliza de una manera muy sencilla ya que con los datos observados, en el menú de herramientas se encuentra la opción de desplegar el histograma como puede observarse en la figura.

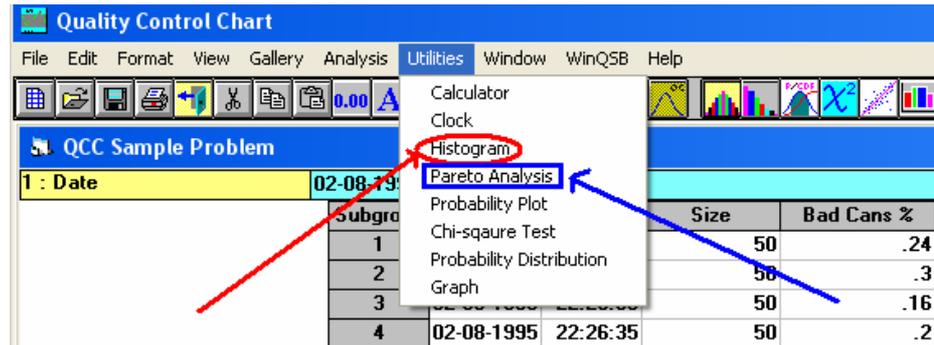
3.2.2.3 análisis de Pareto

Este análisis fue nombrado así por el economista italiano Vilfredo Pareto quien propuso que la mayoría de la riqueza del país estaba en una pequeña cantidad de personas. En el contexto de Control de calidad, se sostiene que la mayoría de errores o problemas de calidad son producidos una pequeña cantidad de causas.

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

WinQSB cuenta con esta herramienta como puede observarse en la figura.

Figura 18. Histograma y análisis de Pareto en WinQSB

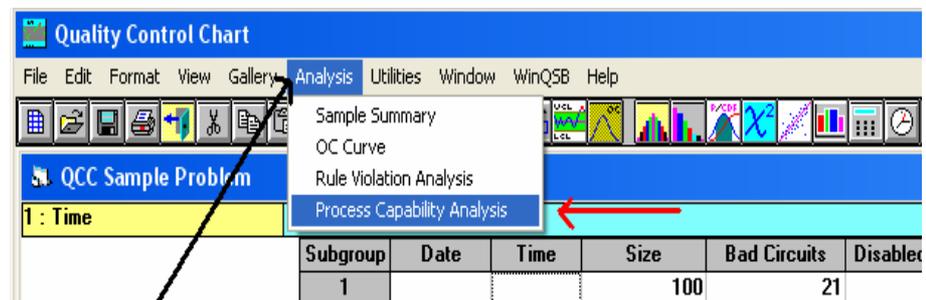


3.2.2.4 Análisis de la capacidad del proceso

WinQSB cuenta con el comando “Process Capability Analysis” que se encuentra en el menú “Analysis” (análisis) de la barra de herramientas como se muestra en la figura.

Dados los límites de tolerancia y especificando las variables a medir se puede realizar el análisis de la capacidad del proceso en estudio.

Figura 19. Análisis de la capacidad del proceso en WinQSB



3.2.3 Oferta de Software para el control estadístico en Guatemala

En Guatemala en la actualidad no se encuentra una empresa que se dedique específicamente en la creación de software para el control de calidad. Pero se encuentra con una cantidad bastante grande de empresas que se dedican al desarrollo de software a la medida, en el cual el cliente le especifica cuales son sus necesidades y que procedimientos quiere realizar, para que la empresa pueda desarrollar el programa que cumpla con las necesidades del cliente.

Dentro de las principales empresas dedicadas a la creación de software a la medida se encuentran:

- E-Group S.A.
www.esagroup.net
- DemoSoft.
- Sistemas Di Chiara.
www.sistemasDiChiara.com
- Soluciones Digitales.
www.solucionesdigitales.com
- Servicios Integrados y Tecnología, S.A.
www.sitsagua.com
- PC Solutions
www.pcsolutions.com.gt

ACENTO S.A.

Tel: (502) 23 84 08 22

ALPHA.

C.Com.Plaza Sn.Cristobal Niv.2 Loc.18

Tel: (502) 24 85 42 98

APOYO ADMINISTRATIVO EMPRESARIAL

Calzada San Juan 38-32 Zona 7 Of.204

Tel: (502) 24 38 09 49

ASGR COMPUTACION

Tel: (502) 52 01 88 21 / 24 40 65 47

ASPRADCO

11 Calle 10-56 Zona 1

Tel: (502) 22 20 32 85 - 88 / 22 38 05 25 / 22 38 05 26 / 22 51 71 32 /
55 10 36 62

AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS.

Tel: (502) 24 06 30 24

AVENSIS

12 Calle 2-04 Zona 9 Ed. Plaza de Sol Of.10 Nivel 1

Tel: (502) 23 31 57 89 / 23 31 46 74

BIZMART S.A.

1 Ave. 10-43 Zona 9

Tel: (502) 23 39 32 92 - 4 / 52 01 98 53

BLANCO SILVA CONSULTARIA INFORMATICA S.A.

20 Calle 18-23 Zona 10

Tel: (502) 23 66 19 81

CAD STUDIO S.A.

2 Calle 18-79 Zona 15 Vista Hermosa I
PBX: (502) 23 69 40 83

CADS

4 Ave. 3-68 Zona 9
Tel: (502) 23 34 84 44

CENTRAL DE COMUNICACIONES, S.A.

2a Calle 18-79 Z.15 Vista Hermosa I.
Tel: (502) 23 69 40 54

COINSA.

4ta Avenida "A" 6-01 Zona 14.
Tel: (502) 23 67 17 98

4. IMPLEMENTACIÓN DE WINQSB PARA REALIZAR EL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

4.1 Determinar las variables a medir

Para implementar el control estadístico de la calidad utilizando WinQSB es necesario la selección de la variable a estudiar, esta variables debe de tener representatividad y debe de ser controlable como característica de calidad.

La variable que se medirá es el peso, ya que está variable esta derivada de la materia prima principal del proceso de producción y también porque al estar el proceso fuera de control puede causar que se este desperdiciando polietileno de alta densidad y la materia prima no alcance, haciendo que los costos de producción aumenten y por otra parte si se esta empleando menos materia prima puede que el envase no cumpla con las especificaciones técnicas de forma y dureza.

4.2 Realizar la toma de datos

Para la toma de datos se utiliza la metodología descrita en el capítulo 3, punto 3.1.1, Metodología del control estadístico de los procesos, para la forma de cómo realizar la prueba necesaria para la variable seleccionada, tomando en cuenta los pasos del 1 al 4.

Dado que el producto se empaca por lotes de 260 envases, el ciclo es de 18 envases y al terminar el ciclo se debe de revisar si el envase esta cumpliendo con las especificaciones técnicas, se tomarán 26 muestras, cada

una de estas muestras tendrá cinco observaciones, realizando así una muestra por ciclo.

La toma de muestras se realizó durante dos días, en el primer día se tomó una muestra por hora en el turno diurno y en el turno nocturno, en el segundo día se tomaron 8 muestras en el turno diurno.

Para realizar las mediciones se utilizó una balanza de precisión MI-620 CBC con una capacidad máxima de 620 g y una sensibilidad de 0.001 g. Se tomó el peso del envase entregado por el operario y el análisis se realizó en la planta de producción.

A continuación se muestran los datos obtenidos en una tabla diseñada especialmente para la recolección de datos para el control estadístico de la calidad.

Tabla XI. Datos experimentales para gráficos X y R



Producto:
 Inspeccionado por:
 Maquina:

Codigo:
 Fecha de inspección:
 Hora de inspección:

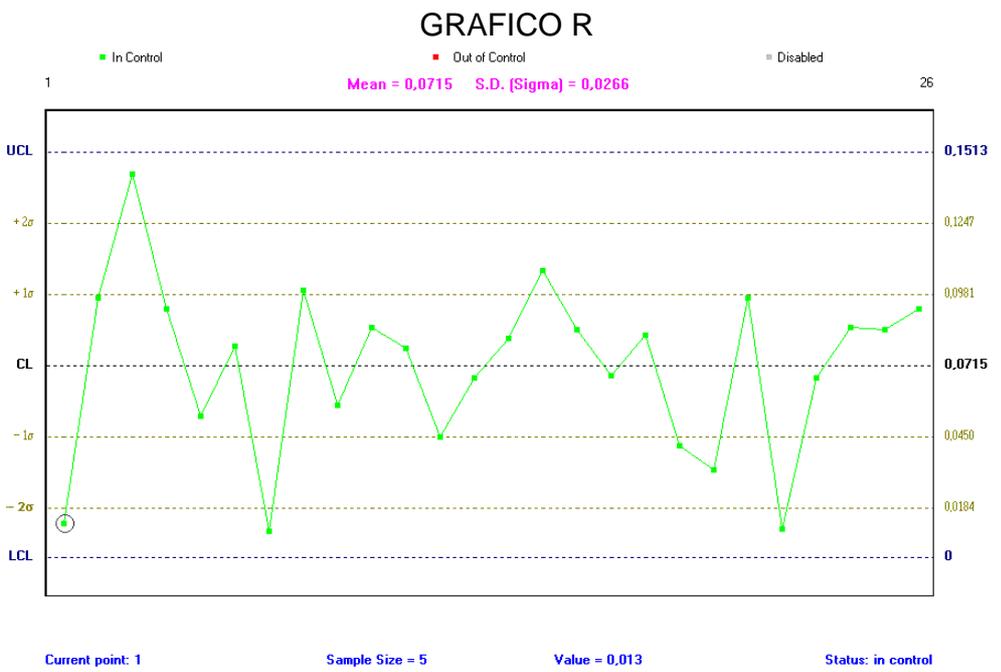
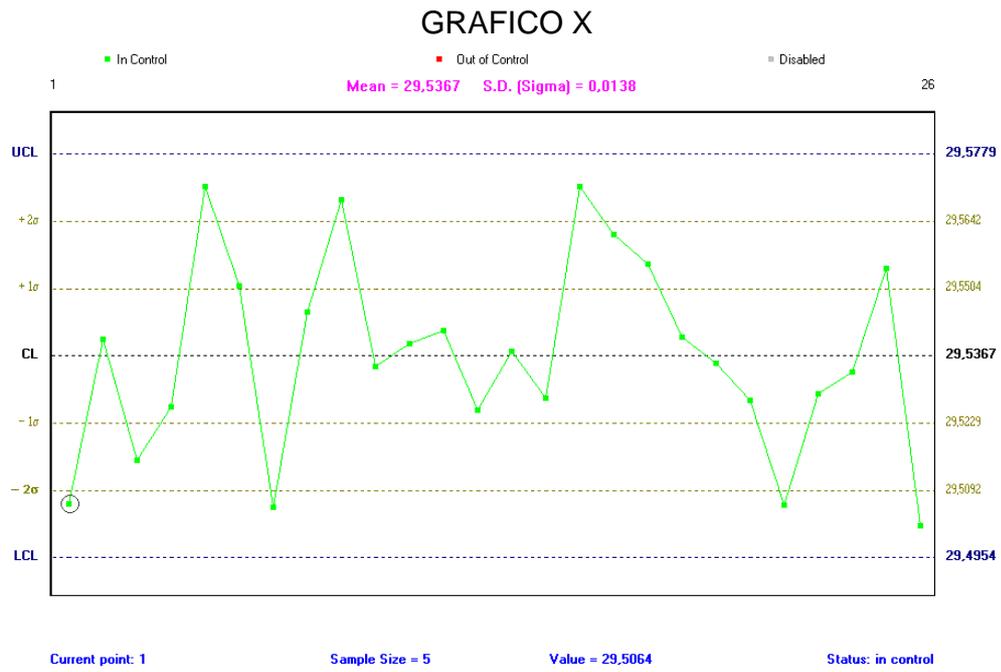
No. De Ciclo	Peso de muestra (gramos)				
	1	2	3	4	5
1	29.514	29.502	29.513	29.502	29.501
2	29.503	29.502	29.509	29.599	29.587
3	29.599	29.456	29.489	29.478	29.555
4	29.489	29.478	29.562	29.531	29.571
5	29.544	29.562	29.564	29.589	29.597
6	29.543	29.561	29.513	29.546	29.592
7	29.501	29.503	29.511	29.503	29.511
8	29.546	29.477	29.641	29.481	29.569
9	29.548	29.541	29.578	29.578	29.598
10	29.529	29.514	29.541	29.587	29.501
11	29.527	29.511	29.579	29.578	29.501
12	29.574	29.532	29.541	29.533	29.529
13	29.513	29.512	29.511	29.514	29.578
14	29.546	29.514	29.505	29.536	29.587
15	29.564	29.511	29.547	29.561	29.457
16	29.536	29.539	29.588	29.572	29.621
17	29.599	29.549	29.546	29.531	29.582
18	29.568	29.549	29.584	29.575	29.501
19	29.534	29.567	29.535	29.525	29.541
20	29.521	29.526	29.534	29.541	29.554
21	29.564	29.468	29.565	29.478	29.563
22	29.512	29.502	29.501	29.509	29.507
23	29.529	29.513	29.511	29.514	29.578
24	29.501	29.502	29.584	29.582	29.498
25	29.587	29.572	29.541	29.502	29.571
26	29.451	29.544	29.501	29.503	29.511
Notas:					

 Firma

Gerente de producción

4.3 Resultados y conclusiones

Figura 20. Gráficas para datos variables X y R



Interpretación y conclusiones:

Como se puede observar en los gráficos de control X y R, ningún punto de ambas gráficas se encuentra fuera de los límites de control establecidos; lo que indica que el proceso de inyección de envases plásticos se encuentra bajo control.

Sin embargo se puede observar en el gráfico X cierto tipo de comportamiento o desplazamiento súbito en el promedio del proceso y esto puede ser debido a que la toma de datos que se realizó fue hecha con el primer pedido, lo que implica que el molde era nuevo y la temperatura debía de ajustarse.

4.4 Manual de usuario de WinQSB para el control estadístico de calidad

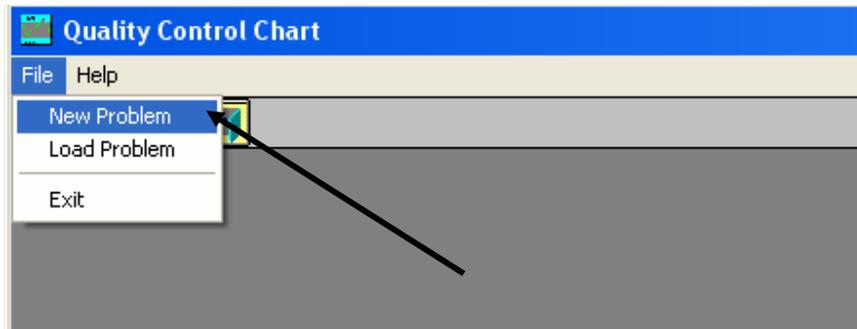
WinQSB cuenta con un ambiente bastante amigable para el usuario y cuenta con herramientas de gran utilidad para la ingeniería industrial.

El objetivo que se persigue con la aplicación del presente manual es:

- Que el alumno de la facultad de ingeniería o los usuarios finales conozcan las características y las formas de funcionamiento del software WinQSB, el módulo de Gráficos de Control.

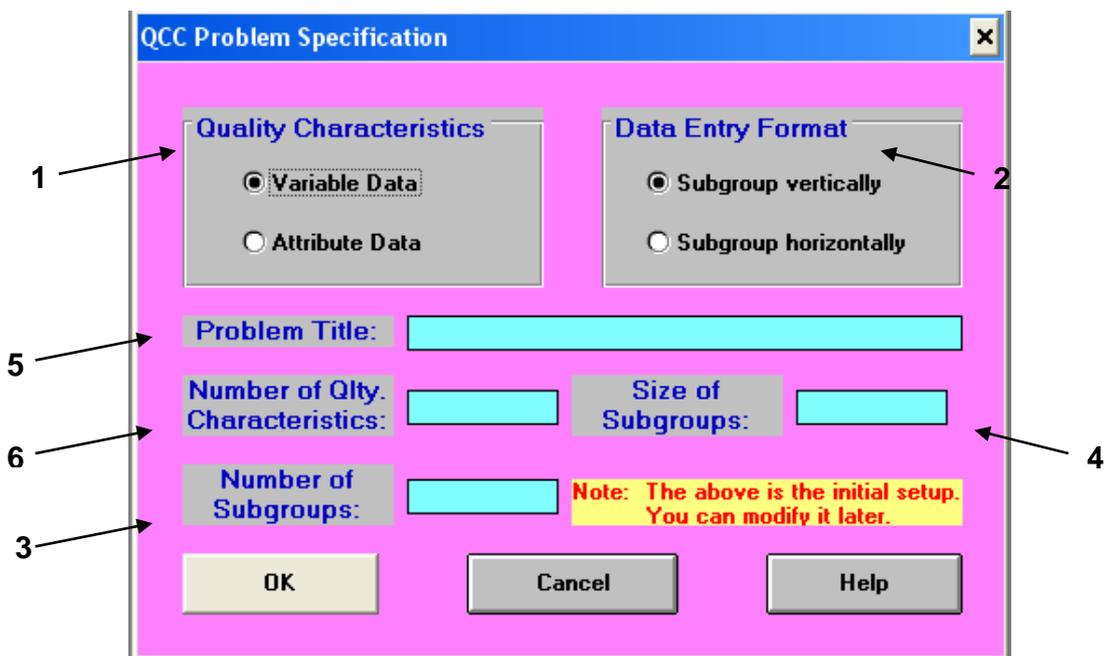
En WinQSB se debe de seleccionar el modulo “Quality Control Chart” que es el módulo de gráficos de control. Luego presionar con clic izquierdo en **File** y después en **New Problem**; como se muestra en la figura 12.

Figura 21. Iniciar un nuevo problema en WinQSB



Ahora aparece una nueva ventana en la cual hay que colocar las especificaciones del problema a resolver; se debe de establecer si la característica de calidad a medir es variable o por atributos (1), si los datos se quieren ingresar de forma horizontal o vertical (2), el número de muestras (3), el tamaño de las muestras (4), el nombre del problema (5) y la cantidad de características de calidad que se evaluarán (6).

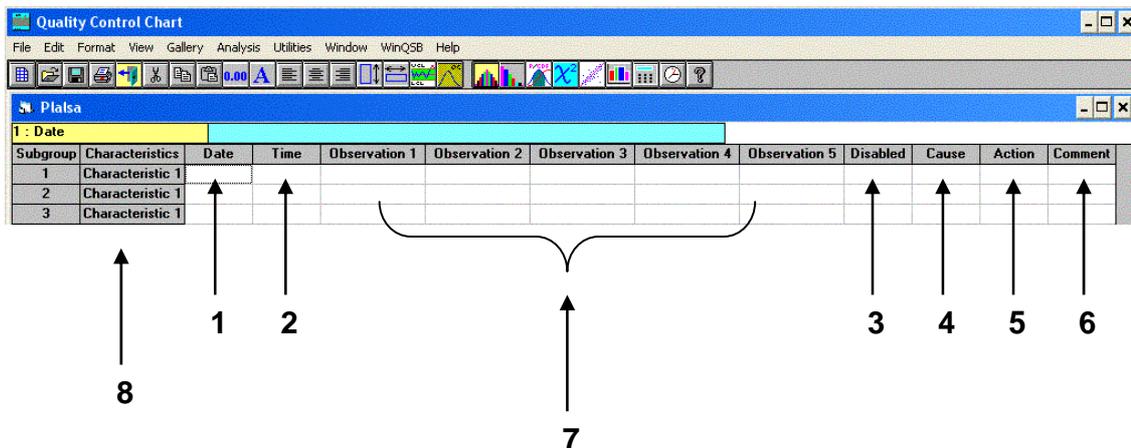
Figura 22. Ventana de especificaciones del problema.



Al haber especificado las características en la ventana, se debe de presionar **OK** para pasar a la tabla en donde se ingresan los datos observados.

La tabla que se presenta es la que se muestra en la figura 14; en esta se puede observar siete columnas en donde se ingresa la fecha en la que se hicieron las mediciones (1), la hora en las que se realizaron (2), si es aceptada o rechazada la muestra (3), la causa del rechazo (4), la acción a tomar (5) y comentarios (6). Y las columnas de las observaciones dependen del tamaño de las muestras (7), también la columna de las características a evaluar (8).

Figura 23. Ventana de ingreso de datos en WinQSB, modulo Gráficos de control



WinQSB cuenta con una barra de herramientas gráfica la cual se muestra a continuación y se especifica la función de cada icono en la misma:

Figura 24. Barra de herramientas para el modulo de gráficos de control



Figura 25. Descripción de los iconos en la barra de herramientas

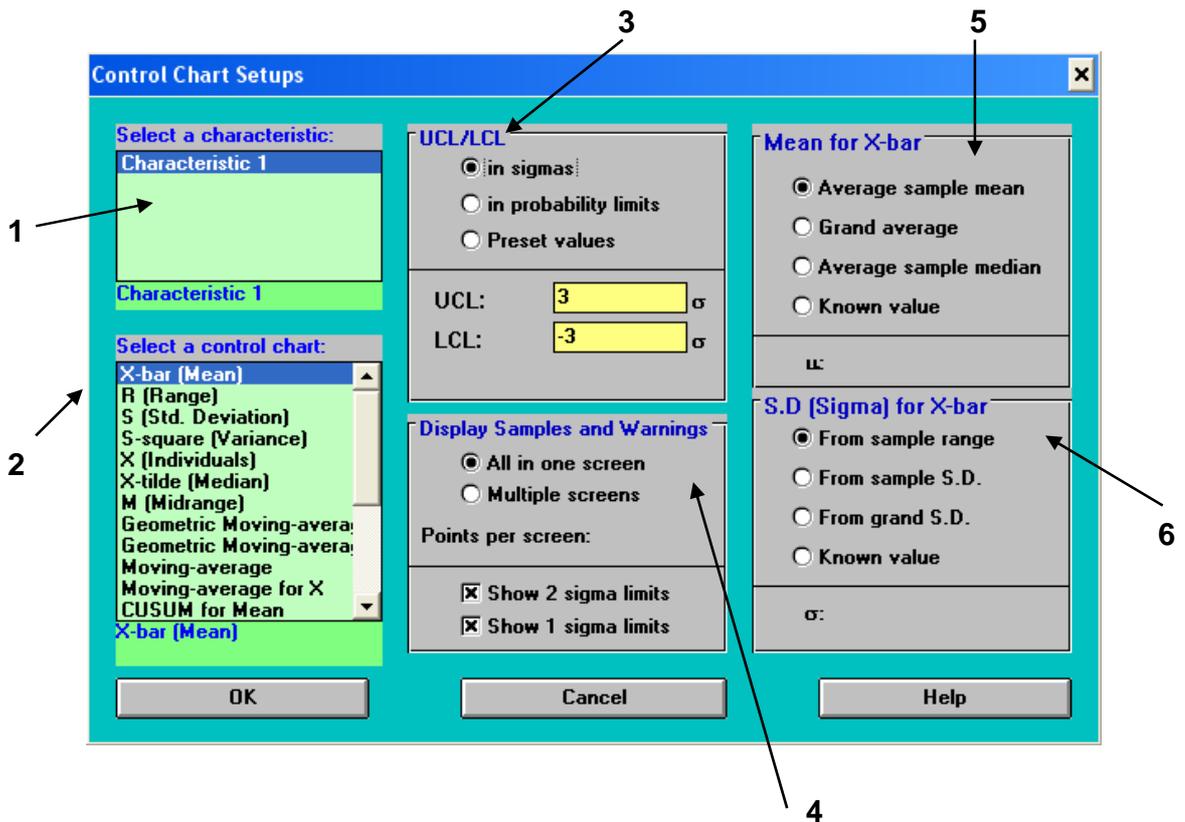


Después de haber ingresado los datos observados, se proceda a realizar la gráficas X y R, esto se realiza presionando el icono de gráficos de control que se muestra en la figura anterior de la barra de herramientas.

Al presionar el icono de gráficos de control se abre una ventana de configuración, en la cual se debe de especificar la característica que se desea medir en caso de haber más de una (1); el tipo de gráfico de control que se desea realizar (2); los limites superior e inferior de control, los cuales pueden ser establecidos en sigmas, limites de probabilidad o por valores determinados previamente (3); la forma en la que despliegan los avisos y las muestras (4); la media para la X-barra, la cual puede ser de las muestras, población o un valor establecido(5); y la desviación estándar de la X-barra, la cual puede ser del

rango de la muestra, la desviación estándar de la muestra, la desviación estándar de la población o un valor ya establecido (6).

Figura 26. Ventana de configuración del gráfico de control



Luego de haber realizado la configuración, se presiona **OK** y aparece la gráfica seleccionada.

Figura 27. Características del gráfico de control de WinQSB



Como se puede observar en la gráfica se despliegan los límites de control central, superior e inferior (1), si el proceso esta bajo control (2), la media y desviación estándar (3) y cada uno de los puntos que representa a las muestras.

Este proceso puede repetirse para cada una de las diferentes gráficas que se desee realizar sin que haya cambios en la tabla de datos.

5. MEJORA CONTINUA

5.1 Enfoque sistemático del control estadístico de calidad

Para tener éxito en la integración mediante la organización de una acción que implique cambios de comportamiento personal, es imperativo definir clara y precisamente los objetivos que se persiguen. A continuación se debe mostrar que los instrumentos propuestos se corresponden con esos objetivos y que aportan a todos y cada uno un elemento que enriquece su trabajo. Una vez acabada con éxito esta primera etapa, será posible la evolución de los valores gracias al apoyo en la conformidad sobre los objetivos desarrollada en el seno de la organización.¹²

5.1.1 Identificación de los objetivos

En el seno de la empresa todos trabajan por lo que consideran el bien de la organización. Los nuevos valores, que favorecen nuevas normas complementarias, no han sido difundidos con suficiente persuasión como para hacer que evolucionaran las opiniones del personal. No basta con cubrir las paredes con carteles sobre la calidad para convencer al personal de que debe de trabajar de forma diferente. La respuesta debe de ser encontrada en el exterior de la empresa. Haciendo que la organización tome conciencia de la evolución de la demanda de sus clientes y de las necesidades de mejora continua, tanto

¹² Vachette, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 261.

en calidad como en reducción de costes, para hacer frente a la competencia.

Los objetivos de una acción de control estadístico de calidad pueden ser múltiples. En todos ellos subyace la voluntad de mejorar la calidad mediante un mejor dominio de los procesos de fabricación. Teniendo en cuenta el desarrollo de la organización y la especificidad de las producciones, pueden identificarse varios sub objetivos, entre los cuales:

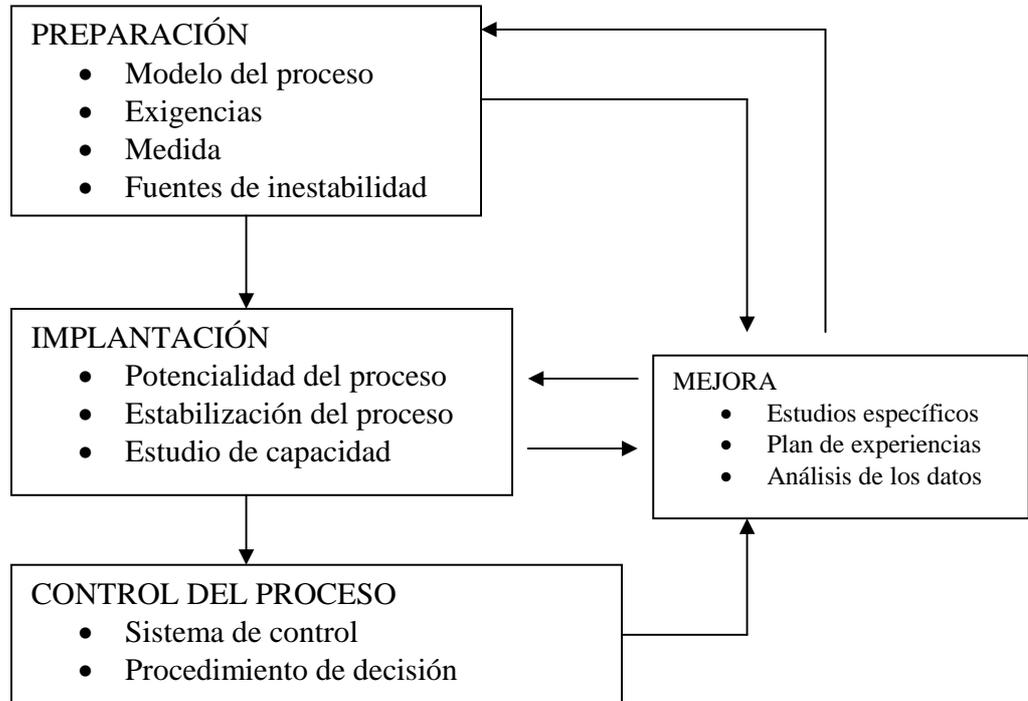
- a. Valorar la medida del rendimiento
- b. Facilitar la comunicación, entre los servicios y entre los diferentes niveles jerárquicos,
- c. Profundizar en el conocimiento de los procesos,
- d. Seguir y garantizar la estabilidad de la producción,
- e. Preparar la implantación de sistemas automáticos.¹³

5.1.2 Las etapas de la implantación

La implantación del control estadístico de calidad, exige una gestión progresiva y estructurada; además, tiene que poder inscribirse en un proceso continuo. Cuatro grandes etapas permiten responder a estos objetivos; estas etapas se organizan de acuerdo con un proceso iterativo como el que se muestra en el siguiente esquema:

¹³ Crf. Vachett, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 626.

Figura 28. Etapas de implantación del control estadístico de calidad



Fuente. Vachette, Jean-Luc. Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC), pagina 268.

5.1.3 La estructura de seguimiento

La implantación de esta estructura es esencial para definir las orientaciones de la acción y para asegurar que todos los medios estarán a disposición para garantizar el éxito; sin embargo, en especial será para el personal la prueba evidente del compromiso operativo de la dirección en el desarrollo de la acción.¹⁴

¹⁴ Crf. Vachett, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 272.

5.2 Una formación adaptada

El éxito de la formación es una de las etapas críticas para el control estadístico de la calidad. Al igual que en toda acción de desarrollo de las organizaciones cuyo fin sea el de hacer cambiar los comportamientos, el plan de formación debe ser definido de arriba abajo, desde la dirección general hasta los operadores.

El plan de formación comprende tres grandes etapas:

- a. La movilización de la dirección
- b. La formación del management y de los responsables técnicos,
- c. El desdoblamiento para los mandos intermedios, con el fin de formar jefes de líneas, ajustadores y conductores de máquinas.¹⁵

5.2.1 Movilización de la dirección

El objetivo de esta primera fase de formación consiste en convencer a la dirección y al conjunto de responsables de las diferentes funciones de que la implantación del control estadístico de la calidad debe ir acompañada de un cambio de valores en la empresa. La acción de movilización dura una jornada y reúne a todos los miembros del comité de dirección de la empresa o del establecimiento. Durante esta fase se abordarán los siguientes temas:

- a. La política de calidad de la empresa,
- b. La diferencia entre la detección y la prevención,

¹⁵ Crf. Vachett, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 273.

- c. El Control estadístico de la calidad como herramienta de prevención.
- d. La prevención, exigencia para el management
- e. La gestión de implantación,
- f. Las estructuras de acompañamiento,
- g. La gestión de los comportamientos,
- h. La prevención de potenciales dificultades.

Al finalizar la sesión, cada responsable ha de ser capaz de evaluar el nivel de implicación de su función como motor de la evolución cultural.¹⁶

5.2.2 Formación del Management

Esta destinada esencialmente al management directamente implicado en la fabricación; se deberá impartir una formación técnica complementaria a los técnicos de calidad y métodos. Su objetivo mínimo consiste en permitir que los participantes comprendan la filosofía de la implementación del control estadístico de calidad, la lógica global del sistema y el encadenamiento de las herramientas. En forma general, en un cursillo de tres o cuatro días se imparte al management de producción los conocimientos necesarios para dominar las herramientas y poder animar a sus colaboradores a utilizarlos.¹⁷

¹⁶ Crf. Vachett, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 276.

¹⁷ Crf. *Ibid*, 279-280.

5.2.3 Desdoblamiento

Para tener pleno éxito en la introducción de instrumentos que precisan de cambios de comportamiento hasta el nivel de los operadores es imperativo que la formación de estos sea efectuada por los mandos intermedios y no por un consultante externo que siempre proporciona una imagen teórica al mensaje difundido. Los mandos intermedios deben garantizar por completo su papel de animadores, haciendo que sus colaboradores descubran los instrumentos y, a continuación, ayudándoles a implantarlos.¹⁸

5.2.4 Formación del personal

Este proceso permite que la propia empresa se encargue de su proceso de cambio. La preparación de los mandos intermedios para redifundir una secuencia de formación ha de ser doble. En primer lugar, una formación de tres días en las técnicas del control estadístico de la calidad cuyo desarrollo es similar al plan de animación del management, y una formación para la animación de jefes de línea y operadores. Esta formación de dos días para la animación comparta las siguientes secuencias:

- a. *Identificación de los conocimientos* que deben ser adquiridos por las poblaciones a formas; separación entre los aprendizajes en aula y los aprendizajes en el puesto de trabajo.

¹⁸ Crf. Vachett, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 281.

- b. *Presentación de instrumentos pedagógicos* que permita motivar al personal de producción y descubrir las herramientas del control estadístico de la calidad.
- c. *Establecimiento de uno (o dos) plan (es) de formación.* Los cuales pueden ser:
 - Un plan de una jornada para los jefes de línea.
 - Un plan de cuatro horas para los ajustadores y los conductores de máquinas.
- d. *Estudio de un puesto y análisis de las dificultades potenciales* para la implantación de los instrumentos del control estadístico de la calidad en las diferentes máquinas seleccionadas en los proyectos piloto.

5.3 Un entorno adaptado

El control estadístico de la calidad puede ser aprendido de forma muy limitada, reduciéndolo únicamente a la mera vigilancia de las cartas de control. La herramienta se reduce entonces a un papel de detección de eventuales accidentes que pueden desestabilizar el proceso. Por el contrario, si se integra el control estadístico de la calidad en una dinámica de mejora continua, cada situación fuera de control que se detecte dará lugar, si la causa no es evidente, a la creación de un grupo de trabajo encargado de hallar la causa de esa situación y de hacer propuestas de mejora para que no pueda reaparecer. Para

que esta dinámica tenga éxito es necesario dotar a quienes participan en ella de herramientas apropiadas para triunfar.¹⁹

5.3.1 La prevención de los defectos

El control estadístico de la calidad es una herramienta de prevención y la prevención es la clave de la mejora continua de la calidad. Para ser plenamente eficaz e integrarse en la cultura de la empresa, el control estadístico de la calidad debe ser implantado en un entorno en que la prevención sea un valor clave.²⁰

5.3.2 El reconocimiento de los progresos

Para perpetuar el sistema implantado y animar al personal a proseguir con su esfuerzo, es importante poner en funcionamiento un instrumentó de retorno de información que haga visibles los progresos realizados. El medio más simple de hacerlo consiste en publicar en los talleres la evolución de cada uno de los procesos sometidos a control. Esta publicación de los resultados puede ser completada por reuniones informativas regulares, mensuales o trimestrales, durante las cuales se analicen los resultados y se planifiquen las acciones de mejora. Puede darse mayor difusión a los resultados publicando periódicamente una hoja informativa sobre la mejora continua.

Finalmente, puede establecerse un reconocimiento de mayor carácter institucional mediante la organización de una jornada de mejora continua

¹⁹ Crf. Vachett, *Mejora continúa de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 284.

²⁰ Crf. *Ibid*, 286.

en la que se presenten al conjunto del personal de la empresa los resultados significativos.²¹

5.4 La evolución de la política de calidad

Bajo la presión de los imperativos económicos, la garantía de calidad debe evolucionar desde una filosofía de detección a una filosofía de prevención. En la actualidad debe pasar del nivel de garantía de calidad, gestionada por el servicio de calidad, al de management estratégico de la calidad, cuyas orientaciones están definidas por la dirección general. Esta evolución va acompañada por la implantación de nuevos métodos de investigación y por la definición de nuevas prioridades.²²

5.4.1 Nuevos métodos para la calidad

Los objetivos principales de los instrumentos del control estadístico de la calidad que hemos descrito consisten en dominar los procesos, analizar los problemas de calidad y mejorar el rendimiento de los procesos. Entre estos instrumentos existe tres que son entradas:

1. La materia prima y los componentes,
2. factores controlables, como temperaturas, presiones, velocidades, etc,
3. factores incontrolables, como parámetros del entorno o la calidad variable de la materia prima.

²¹ Crf. Vachett, *Mejora continúa de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 287.

²² Crf. *Ibid*, 290.

Para dominar totalmente el proceso, tenemos que contestar a tres preguntas:

- ¿Qué factores de entrada influyen en el parámetro de salida?
- ¿Cuál es la relación entre los parámetros de entrada y los de salida?
- ¿Cómo puede controlarse la salida?

Los planes de experiencia, y en especial el enfoque Taguchi, son herramientas potentes para dar respuesta a estas preguntas. Esto puede observarse en la cultura japonesa ya que ellos estiman que en 1990, el 80% de las mejoras en materia de calidad serían debidas a la aportación de los planes de experiencia.²³

5.4.2 El management estratégico de la calidad

La evolución de las políticas de calidad durante este siglo muestra como el management estratégico de la calidad se integra en la política general de la empresa. La calidad ha dejado de ser la preocupación por una función para convertirse en la mayor preocupación de todos los responsables de la empresa. La calidad se convierte en un factor de posicionamiento de la empresa en los mercados, es gestionada en el marco de una filosofía de mejora continua y finalmente exige un elevado nivel de comunicación, interna y externa, además de la implicación de todos.²⁴

²³ Crf. Vachett, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*, 290-291.

²⁴ Crf. *Ibid*, 293.

CONCLUSIONES

1. La empresa contiene dentro de sus políticas la mejora continua y la calidad, como medio de satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes, además cuenta con una metodología de control de calidad, la cual es empírica, no cuenta con un supervisor de calidad como tal, ya que dicha función la debe de cumplir el gerente de producción, siendo en dicho departamento, en donde se le da mayor enfoque a la calidad.
2. Para ser aceptado el envase en el control de calidad que se realiza al producto terminado, este debe de cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por el cliente, siendo estas: color, peso, forma, paredes del envase, fugas de agua, rosca y estabilidad.
3. WinQSB es un programa que contiene los más útiles y populares métodos cuantitativos, usados en las ciencias administrativas, investigación de operaciones y administración de operaciones, los cuales son de gran utilidad para los gerentes para solucionar problemas dentro de las empresas.
4. Las aplicaciones son las siguientes:
 - Programación lineal y programación lineal entera
 - Programación lineal por objetivos y programación lineal entera por objetivos
 - Modelación de redes
 - Programación no lineal

- Programación dinámica
- PERT/CPM
- Análisis de colas
- Simulación de sistemas de cola
- Sistemas y teorías de inventarios
- Pronósticos
- Toma de decisiones
- Gráficos de control de calidad
- Análisis de aceptación de muestreo
- Programación de trabajo
- Planificación agregada
- Diagramas de recorrido
- Planificación de requerimiento de materiales

5. WinQSB es una herramienta poderosa para el control estadístico de la calidad, ya que cuenta con distintos tipos de gráficos de control y herramientas que facilitan el análisis de los datos obtenidos en estudios de calidad. Y cuenta con la ventaja de ser una plataforma en ambiente Windows que facilita el manejo del programa.

6. Como se puede observar en el capítulo 4, tras haber realizado los gráficos de control \bar{X} media y R, el proceso de producción de envases plásticos se encuentra bajo control.

7. Actualmente, existen en el mercado nacional e internacional diversos software que permiten a las empresas implementar el Control Estadístico de Proceso, con sistemas poderosos que le permite realizar, por medio de una PC, todos los análisis, gráficas, cálculos y reportes que requiere una empresa para poder conocer, analizar, controlar y mejorar la calidad

de los productos, procesos y servicios. También se cuenta con sistemas de tipo PLC's que permiten mandar información de forma automática, desde la máquina de producción hasta la computadora y realizar los análisis en tiempo real. Además nos ayudan a aplicar esta herramienta obteniendo datos más reales y acordes a nuestras necesidades, permitiendo a los encargados reaccionar de manera inmediata ante cualquier cambio de los procesos.

8. Dado que nos encontramos en la era de la información es importante que los estudiantes de ingeniería industrial se encuentren actualizados y familiarizados con este tipo de herramientas informáticas, que les permita aplicarlas en sus estudios y posteriormente en sus trabajos, ya que pueden aumentar la productividad de las empresas que las aplican, así como agilizar el aprendizaje de las herramientas del control estadístico de la calidad.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a la Dirección de la empresa que se enfoque en crear una cultura de calidad y que no sólo esté considerada la calidad como un departamento auxiliar de producción sino involucrar a todo el personal de la empresa en conseguir los niveles más altos de calidad y que logren diferenciar sus productos en un mercado tan competitivo.
2. Se aconseja a la Dirección de la empresa invertir en más tecnología, para realizar estudios de control de calidad, ya que sirve para llevar a la empresa del Control de Calidad "Correctivo" por inspección, dependiente de una sola área, al Control de Calidad "Preventivo" por producción, dependiente de las áreas productivas, y posteriormente al Control de Calidad "Predictivo", por diseño, dependiendo de todas las áreas de la empresa.
3. Implementar un Sistema de la Calidad, según las Normas ISO 9000, ya que trae consigo distintos beneficios. Por ejemplo, conduce a construir y desarrollar la Calidad dentro del producto, evitando costosas inspecciones posteriores a la producción, costos de garantía y costos de reproceso. Además, se genera una fuerte confianza del cliente en la empresa acreditada, acceso al mercado, reducción de costos operativos, ventajas competitivas y reducción del número de auditorías por parte del cliente. Cada vez más los clientes están aceptando como una garantía la certificación de los Sistema de la Calidad de los proveedores, realizada por un organismo acreditado en base a las Normas ISO 9000, por lo cual

se recomienda aplicar sistemas de control de calidad para realizar la documentación pertinente y agilizar la acreditación.

4. Se sugiere a la Dirección que para lograr alcanzar las metas de calidad invierta también en capital humano, ya que este es parte fundamental del funcionamiento de la empresa y de la calidad que esta ofrece con sus productos.
5. Dada la naturaleza del comercio exterior en la actualidad, se recomienda a la Dirección de la empresa, investigar otros mercados, no sólo para la venta de productos, si no que también para la compra de insumos y tecnología, tomando en cuenta países en los que se producen a bajos costos como china que puede ser un buen proveedor de materia prima e insumos o India que puede ser un proveedor de tecnología.
6. Se sugiere a la Facultad de Ingeniería facilitar a los estudiantes mayor conocimiento de las tecnologías de punta, para el mejoramiento de la productividad de las industrias en la actualidad, ya que este tipo de software es utilizado solamente en un curso, el cual es optativo para la carrera de Ingeniería Industrial.
7. Se aconseja a la Escuela de Mecánica Industrial, que se tomen en cuenta programas como el antes descrito para los cursos de Investigación de Operaciones I y II, Controles Industriales y Control de la Producción, ya que contienen herramientas que le pueden facilitar al estudiante la aplicación de la teoría aprendida en clase por medio de simulación en la computadora.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jerry Banks. **Control de calidad**. México: Limusa, 2002.
2. Charbonneau, Harvey C. y Webster, Gordon L. **Control de la calidad**. México: Nueva Editorial Interamericana, 1984.
3. Acherson J, Duncan. **Control de calidad y estadística industrial**. México: Alfaomega, 1989.
4. Feigenbaum, A.V. **Control total de la calidad: ingeniería y administración**. México: Continental, 1971.
5. Grant, Eugenel y Leavenworth, Richards. **Control estadístico de calidad**. 4a. ed. México: Continental, 1977.
6. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad**. México: McGraw Hill, 1997.
7. Pérez López, Cesar. **Control estadístico de la calidad: teoría, práctica y aplicaciones informáticas**. España: Alfaomega, 1999.
8. Vaughn, Richard. **Control de calidad**. México: Limusa, 1987.
9. Ishikawa, Kouru. **¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa**. Barcelona: Norma, 1991.

10. Jurán, J.M. y Gruna, Frank. **Análisis y planeación de la calidad; del desarrollo del producto al uso**. 3ª. Ed. México: McGraw Hill, 1997.
11. Vachette, Jean Luc, **Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)**, España: CEAC, 1992.
12. Evans, James y William M. Lindsay. **Administración y control de la calidad**, 4ta ed. México: Thomson South-Western, 1999.
13. Subuyuj Gutierrez, Carlos Enrique, Diseño de un sistema para controlar la calidad en una empresa productora de envases plásticos basado en control estadístico de calidad. Tesis ing. Ind. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 125 pp.
14. Barahona Garrido, Tania Lucrecia, Propuesta de control estadístico de calidad en la producción de camisas de exportación para bebe. Tesis Ing. Ind. Guatemala, universidad de san Carlos de Guatemala, facultad de Ingeniería. 2002. 77 pp.
15. Constanza Soberanis, Alejandra Marisol, Desarrollo e implementación de normas y procedimientos para un sistema de control de calidad en una fabrica de envases plásticos. Ing. Ind. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Ingeniería. 2003. 140 pp.

Referencia electrónica

- La pagina de la calidad, 2006
www.calidad.com.ar
- Administración moderna, Jurgen E. Schuldt 1998 – Luxembourg

<http://www.geocities.com/WallStreet/Exchange/9158/sqc.htm>

- SQC, Control estadístico de la calidad, Leadtec Systems, 2002
http://www.leadtec.com/spanish/p_sqc_ov.htm

ANEXOS

Tabla XII. Letras código del plan de muestreo MIL-EST-205D.

Tamaño del lote		Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
De	A	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	8	A	A	A	A	A	A	B
9	15	A	A	A	A	A	B	C
16	25	A	A	B	B	B	C	D
26	50	A	B	B	C	C	D	E
51	90	B	B	C	C	C	E	F
91	150	B	B	C	D	D	F	G
151	280	B	C	D	E	E	G	J
281	500	B	C	D	E	F	H	K
501	1200	C	C	E	F	G	J	
1201	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001	Mayores	D	E	H	K	N	Q	R

Tabla XIII. Nivel de calidad aceptable MIL-EST-205D

Letra de código de tamaño de muestra	Tamaño muestral	NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE (INSPECCIÓN NORMAL)																											
		0.01	0.015	0.025	0.04	0.065	0.1	0.15	0.25	0.4	0.65	1	1.5	2.5	4	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
A	2	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
B	3	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
C	5	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
D	8	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
E	13	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
F	20	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
G	32	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
H	50	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
J	80	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
K	125	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
L	200	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
M	315	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
N	500	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
P	800	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
Q	1250	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
R	2000	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re

Tabla XIV. Coeficientes para muestras de tamaño n

n	d_2	A_2	d_3	D_3	D_4
2	1.128	1.880	0.853	0.000	3.267
3	1.693	1.023	0.888	0.000	2.575
4	2.059	0.729	0.880	0.000	2.282
5	2.326	0.577	0.864	0.000	2.115
6	2.534	0.483	0.848	0.000	2.004
7	2.704	0.419	0.833	0.076	1.924
8	2.847	0.373	0.820	0.136	1.864
9	2.970	0.337	0.808	0.187	1.816
10	3.078	0.308	0.797	0.223	1.777
11	3.173	0.285	0.787	0.256	1.744
12	3.258	0.266	0.778	0.284	1.716
13	3.336	0.249	0.770	0.308	1.692
14	3.407	0.235	0.763	0.329	1.671
15	3.472	0.223	0.756	0.348	1.652
16	3.532	0.212	0.750	0.364	1.636
17	3.588	0.203	0.744	0.379	1.621
18	3.640	0.194	0.739	0.392	1.608
19	3.689	0.187	0.734	0.404	1.596
20	3.735	0.180	0.729	0.414	1.586
21	3.778	0.173	0.724	0.425	1.575
22	3.819	0.167	0.720	0.434	1.566
23	3.858	0.162	0.716	0.443	1.557
24	3.895	0.157	0.712	0.452	1.548
25	3.931	0.153	0.708	0.459	1.541

Tabla XV. Constantes para la determinación de límites de control

n	c_4	A_3	B_3	B_4
2	0.7979	2.6590	0.0000	3.2670
3	0.8862	1.9540	0.0000	2.5680
4	0.9213	1.6280	0.0000	2.2660
5	0.9400	1.4270	0.0000	2.0890
6	0.9515	1.2870	0.0300	1.9700
7	0.9594	1.1820	0.1180	1.8820
8	0.9650	1.0990	0.1850	1.8150
9	0.9693	1.0320	0.2390	1.7610
10	0.9727	0.9750	0.2840	1.7160
11	0.9754	0.9270	0.3210	1.6790
12	0.9776	0.8860	0.3540	1.6460
13	0.9794	0.8500	0.3820	1.6180
14	0.9810	0.8170	0.4000	1.5940
15	0.9823	0.7890	0.4280	1.5720
16	0.9835	0.7630	0.4480	1.5520
17	0.9845	0.7390	0.4660	1.5340
18	0.9854	0.7180	0.4820	1.5180
19	0.9862	0.6980	0.4970	1.5030
20	0.9869	0.6800	0.5100	1.4900
21	0.9876	0.6630	0.5230	1.4770
22	0.9882	0.6470	0.5340	1.4660
23	0.9887	0.6330	0.5450	1.4550
24	0.9892	0.6190	0.5550	1.4450
25	0.9896	0.6060	0.5650	1.4350