



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

**MANUAL DE LAS PRÁCTICAS DEL CURSO PROFESIONAL DE
CONTROLES INDUSTRIALES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA INDUSTRIAL**

Manuel Estuardo López Mendoza

Asesorado por: Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito

Guatemala, julio de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE LAS PRÁCTICAS DEL CURSO PROFESIONAL DE
CONTROLES INDUSTRIALES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

MANUEL ESTUARDO LÓPEZ MENDOZA

ASESORADO POR: INGA. MARTHA GUISELA GAITÁN
GARAVITO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Helen Rocio Ramírez Lucas
EXAMINADOR	Ing. Jaime Huberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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:

MANUAL DE LAS PRÁCTICAS DEL CURSO PROFESIONAL DE CONTROLES INDUSTRIALES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 16 de noviembre de 2007.

Manuel Estuardo López Mendoza

Guatemala, 13 de mayo de 2009

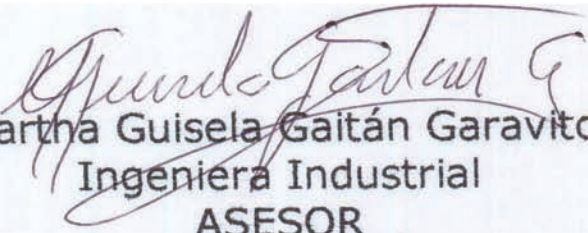
Ingeniero
Francisco Gomez Rivera
DIRECTOR
Escuela de Ingenieria Mecanica Industrial
Facultad de Ingenieria, USAC.

Ingeniero Gomez:

Atentamente me dirijo a usted para someter a su consideracion el Trabajo de Graduacion de la estudiante: MANUEL ESTUARDO LOPEZ MENDOZA, previo a obtener el titulo de Ingeniero Industrial.

El trabajo en referencia se titula MANUAL DE LAS PRACTICAS DEL CURSO PROFESIONAL DE CONTROLES INDUSTRIALES DE LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL, el cual he asesorado y revisado; considerando que llena satisfactoriamente los requisitos recomiendo su aprobacion.

Agradeciendo su atencion a la presente y sin otro particular me suscribo,



Martha Guisela Gaitán Garavito
Ingeniera Industrial
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MANUAL DE LAS PRÁCTICAS DEL CURSO PROFESIONAL DE CONTROLES INDUSTRIALES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario Manuel Estuardo López Mendoza, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Una firma manuscrita en tinta que parece decir 'B. Chocooj'.

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

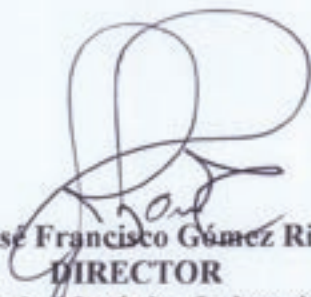
Guatemala, junio de 2009

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MANUAL DE LAS PRÁCTICAS DEL CURSO PROFESIONAL DE CONTROLES INDUSTRIALES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario Manuel Estuardo López Mendoza, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2009.



/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE LAS PRÁCTICAS DEL CURSO PROFESIONAL DE CONTROLES INDUSTRIALES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Estuardo López Mendoza**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, julio de 2009.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Don Bosco y Maria Auxiliadora, por sus bendiciones e infinito amor y sabiduría que me ha dado en mi vida.

AGRADECIMIENTOS:

Mi madre, Virgilia Mendoza, por sus esfuerzos, consejos, te amo mamá.

Míos tíos y tías, Mendoza Yánez

Mis amigos y amigas, que siempre han estado conmigo.

Mi tía Larissa Bosque, mis primos que siempre han estado a mi lado

Mi asesora Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito, por la ayuda prestada durante la elaboración de este trabajo de graduación.

Todas las personas que saben que son importantes en mi vida. Gracias por estar conmigo

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. PLAN DOCENTE DE LAS PRÁCTICAS DE CONTROLES INDUSTRIALES

1.1 Prácticas	1
1.2 Objetivo de la práctica del curso	1
1.3 Metodología	2
1.4 Definición de actividades de la práctica	4
1.5 Programa	6

2. PRINCIPIOS TEÓRICOS DE CALIDAD

2.1 Descripción de la práctica	11
2.2 Objetivo	11
2.3 Metodología	11
2.4 Actividades de aprendizaje	12
2.4.1 Casos de estudio	12
2.4.2 Proyectos	18
2.5 Criterios de evaluación	21
2.6 Marco Conceptual	22
2.6.1 Antecedentes del control de la calidad	22

2.6.2	Calidad total	24
2.6.3	Filosofía de la administración de la calidad	25
2.6.3.1	Filosofía de W. Edwards Deming	26
2.6.3.2	Filosofía de Joseph M. Juran	29
2.6.3.3	Filosofía de Phillip B. Crosby	30
2.6.3.4	Filosofía de Armand V. Feigenbaum	32
2.6.4	Costos de calidad	35
2.6.4.1	Técnica de administración	36
2.6.4.2	Categoría y elementos del costo de la calidad	37
2.6.4.2.1	Costo preventivo	37
2.6.4.2.2	Costos por concepto de evaluación	38
2.6.4.2.3	Costos por fallas internas	39
2.6.4.2.4	Costos por fallas externas	40

3. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO: GRÁFICOS POR VARIABLES

3.1	Descripción de la práctica	43
3.2	Objetivos	43
3.3	Metodología	44
3.4	Actividades de aprendizaje	44
3.4.1	Procedimiento para elaboración de gráfico \bar{X} S	45
3.4.2	Procedimiento para elaboración de gráfico \bar{X} R	51
3.4.3	Estudio simulado	56
3.4.4	Hoja de trabajo	58
3.4.5	Proyecto	66
3.4.6	Caso de estudio	67
3.5	Criterios de evaluación	69

3.6	Marco Conceptual: gráficas para el control de variables	70
3.6.1	Objetivo de las gráficas para control de variables	71
3.6.2	Técnicas empleadas en las gráficas de control	72
3.6.2.1	Definir las características de la calidad	72
3.6.2.2	Selección del grupo racional	73
3.6.3	Elaboración de gráfico de media y rango	73
3.6.3.1	Proceso bajo control	75
3.6.3.2	Proceso fuera de control	77
3.6.3.3	Análisis de una condición fuera de control	78
3.6.4	Estimación de la capacidad de los procesos	80
3.6.5	Elaboración de gráfico de media y desviación estándar	83
3.6.6	Gráfico para valores individuales	84

4. CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD: GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

4.1	Descripción de la práctica	87
4.2	Objetivo	88
4.3	Metodología	88
4.4	Actividades de Aprendizaje	88
4.4.1	Procedimiento para elaboración de gráfico p	89
4.4.2	Procedimiento para elaboración de gráfico np	93
4.4.3	Práctica de gráfico p y np	96
4.4.4	Procedimiento para elaboración de gráfico c	99

4.4.5	Procedimiento para elaboración de gráfico u	102
4.4.6	Práctica de gráfico c, u	105
4.5	Marco Conceptual	117
4.5.1	Gráfica p	117
4.5.2	Gráfica p con tamaño de muestra variable	119
4.5.3	Gráfica np	121
4.5.4	Gráfica c	122
4.5.5	Gráfica u	124
4.5.6	Selección entre gráficas c y u	125
5. MUESTREO DE ACEPTACIÓN		
5.1	Descripción de la práctica	127
5.2	Objetivo	127
5.3	Metodología	128
5.4	Actividades de aprendizaje	128
5.4.1	Taller de muestreo sencillo de aceptación y el plan de muestreo doble de aceptación	129
5.4.2	Proyecto	132
5.4.3	Hoja de trabajo	133
5.5	Marco Conceptual	135
5.5.1	Ventajas y desventajas del muestreo	136
5.5.2	Curva CO para los planes de muestreo simple	138
5.5.3	Curva CO para los planes de muestreo doble	138
5.5.4	Relación entre consumidor y productor	140
5.5.5	Calidad media de salida	142
5.5.6	Cantidad media de la muestra	142
5.5.7	Inspección total media	143
5.5.8	Sistemas de muestreo por atributos	144
5.5.9	Norma Military Standard 105-D	145

5.5.10	Sistema Dodge-Roming	149
6. DISEÑO DE UN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD		
6.1	Descripción	153
6.2	Aspectos a considerar	156
6.2.1	Producto que se fabrica	156
6.2.2	Fábrica	159
6.2.3	Medios de producción	165
6.2.4	Proceso	169
6.2.5	Costos	174
6.2.6	Control de calidad	176
6.3	Desarrollo del proyecto	177
CONCLUSIONES		183
RECOMENDACIONES		185
BIBLIOGRAFÍA		187
ANEXO		189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Histograma del ejercicio 1	60
2. Polígono de frecuencia	61
3. Polígono de frecuencia acumuladas	62
4. Histograma del ejercicio 2	64
5 Histograma del ejercicio 3	66
6. Gráfico p de número de montajes disconformes	110
7. Gráfico p	113
8. Gráfico p fracción disconforme	116
9. Valores para gráficos de Variables	189

TABLAS

I. Tabla Especificaciones de arandelas	57
II. Índices del estudio de la capacidad del proceso	83
III. Práctica de gráfico u	107
IV. Evaluación del proceso industrial	173

LISTA DE SÍMBOLOS

OAQL	Límite de calidad saliente media
CMM	Cantidad media de la muestra
CMS	Calidad media de salida
Cp	Índice de capacidad
ITM	Inspección total media
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
NCA	Nivel de calidad aceptable
NCL	Nivel de calidad límite
LCMS	Límite de la calidad media de salida
R	Rango
S	Desviación estándar
U	Número de no conformidades por unidad
\bar{X}	Media

GLOSARIO

Atributo	Es toda aquella característica que cumple con determinadas especificaciones.
Calidad	Es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confiere la aptitud para satisfacer necesidades. Las necesidades pueden incluir aspectos relacionados para el uso, seguridad, disponibilidad, confiabilidad, mantenimiento.
Causa asignable	Un factor que contribuye a la variación en la calidad y el cual es factible de identificar económicamente.
Costo de calidad	Son aquellos originados por la implantación y desarrollo de las actividades necesarias para alcanzar los objetivos de calidad fijados por la empresa.
Gráfica de control	Una gráfica con límites de control superior e inferior y valores para una serie de muestras o subgrupos, trazados a partir de alguna medida estadística.
Límites de Control	Límites de una gráfica de control que se emplean como criterios de acción o para juzgar la importancia de las variaciones entre muestras.

Muestreo	Proceso de elegir a un cierto número de sujetos entre un grupo determinado o universo.
Muestreo de aceptación	Método estadístico en el que el número de elementos defectuosos que se encuentran en una muestra se usa para determinar si se acepta o se rechaza un lote.
Nivel de calidad aceptable	Porcentaje máximo defectuoso que puede considerarse como satisfactorio para propósito del muestreo de aceptación.
Riesgo del Productor	Es el riesgo de rechazar un lote de buena calidad. Error tipo I.
Riesgo del Consumidor	Es el riesgo de aceptar un lote de mala calidad. Error tipo II.

RESUMEN

El manual de Prácticas para el curso de Controles Industriales es una herramienta para el docente, en él se presentan los conceptos y metodologías propias para cada sesión de práctica.

Radica su importancia al considerar este manual como una guía para el desarrollo de las actividades de aprendizaje y no como un texto para los alumnos. Su objetivo es apoyar fundamentalmente las actividades de docencia, investigación y análisis y atender de esa forma las expectativas que requiere la formación de nuevos profesionales.

Con el desarrollo de las prácticas el estudiante comprenderá el compromiso que se tiene como profesional de la ingeniería con los aspectos de calidad y del mejoramiento continuo. Reconocerá el importante papel que tiene el control estadístico de la calidad en la industria y en todos los sectores productivos, además tendrá el conocimiento y manejo de las herramientas gerenciales para atender las expectativas de los clientes.

Ya que la calidad es una herramienta de la que disponen las empresas para garantizar su supervivencia, pues les ayuda a llevar una eficaz gestión de la empresa, además el control de calidad suministra la información que es útil para la toma de decisiones del empresario o de los responsables de la institución, es importante que el estudiante de Ingeniería Industrial esté preparado y capacitado para ejercer y asumir esta responsabilidad de la gestión de la calidad.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar el Manual de Prácticas del Curso Profesional Controles Industriales de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

ESPECIFICOS

1. Identificar las habilidades que adquiere el estudiante al cursar la práctica de Controles Industriales.
2. Establecer un programa de prácticas.
3. Proponer una metodología y criterios de evaluación para cada unidad temática de la práctica.
4. Desarrollar actividades de aprendizaje para la práctica.
5. Identificar los antecedentes históricos de la Calidad Total como base para la realización de las prácticas.
6. Identificar los procedimientos del muestreo para aceptación como verificación de los estándares de calidad de los artículos recibidos.
7. Diseñar un plan de control de calidad.
8. Identificar los procedimientos del control de procesos por medio de gráficos de control.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un manual para las prácticas del curso profesional de Controles Industriales es de importancia para el docente y el estudiante, ya que este documento busca proporcionar los elementos necesarios para afianzar el aprendizaje de conceptos y herramientas estadísticas para el diseño, desarrollo y mejoramiento de la gestión de la calidad, columna vertebral del sistema de calidad en las empresas, y generar aptitudes y actitudes en el alumno para la mejora del desempeño de futuros cargos relacionados con la gestión de calidad.

Las competencias que desarrolla el estudiante, en las actividades prácticas, le permitirán identificar y resolver problemas en los sistemas de producción, aplicando procesos lógicos de análisis y síntesis y que conduzcan a la mejora y optimización en la utilización de los recursos humanos, materiales y financieros, y al aseguramiento de la satisfacción plena del consumidor, entregando el producto que necesita en el momento oportuno y al precio justo.

Las exigencias que los profesionales de Ingeniería sean competitivos, hacen que las prácticas sean una parte importante de las actividades de aprendizaje, deben ser eficaces y con una alta responsabilidad de eficiencia, y tener un concepto definido para poder realizar la correspondiente evaluación académica, lo que hace necesario contar con un documento como el que se propone, que además servirá de guía para el desarrollo de actividades de aprendizaje que al docente le permitan alcanzar los objetivos planteados en el curso.

1. PLAN DOCENTE DE LAS PRÁCTICAS DE CONTROLES INDUSTRIALES

1.1 Prácticas

Como práctica del Curso se dice de los conocimientos que enseñan el modo de hacer algo e incluye una serie de actividades que tienen la finalidad de ejercitar una facultad; implica la aplicación de reglas, principios, técnicas y arte correspondiente a una temática, que permite a los alumnos hacer uso de sus conocimientos teóricos en la solución de problemas en el campo de la ingeniería.

1.2 Objetivo de la práctica del curso

Las prácticas del Curso Profesional Controles Industriales tienen el propósito de ejercitar las habilidades del estudiante en la Gestión de la Calidad, haciendo énfasis en las herramientas estadísticas que son especialmente útiles para ordenar y presentar información de los procesos, la que posibilita controlar y mejorar la calidad de producción. Se encamina a formar en el estudiante el criterio profesional que les permita desempeñarse eficientemente en las funciones relacionadas con esta gestión.

Su diseño está enfocado a la aplicación de conocimientos, para que cada una de las experiencias de aprendizaje facilite la oportunidad de adquirir habilidades en el manejo de las técnicas y en la solución de problemas, así como les permita relacionar técnicas de ingeniería que han estudiado en otros cursos para el diseño y análisis de sistemas de calidad.

Objetivos generales

Al finalizar las prácticas, el estudiante estará en capacidad de:

- Conducir el desarrollo de los procesos de producción bajo el criterio de calidad total.
- Diseñar sistemas de control de calidad.
- Mantener e incrementar la productividad en una empresa a través de la calidad.
- Fundamentar su ejercicio profesional en los principios del control total de la calidad.
- Multiplicar el conocimiento de los principios de calidad a través de su ejercicio profesional.
- Integrar sus conocimientos sobre la ingeniería industrial para solucionar problemas de control de calidad en la producción de bienes o servicios.
- Integrar sus conocimientos estadísticos, aplicándolos para solucionar problemas a control de calidad.

1.3 Metodología

Con el propósito de ofrecerles a los estudiantes experiencias concernientes a los problemas de la administración de la calidad que enfrentan las organizaciones, el estudio de casos será la metodología básica para desarrollar las sesiones. El propósito es permitirle al estudiante que aplique los conceptos de la administración y el control estadístico de proceso cuando analice minuciosa y rigurosa las situaciones que enfrentan alguna empresa en particular. La mayor parte de las ocasiones se necesitara revisar el caso varias veces; una vez para captar el panorama general de lo que le está sucediendo a la empresa y luego varias veces más a fin de descubrir y percibir los problemas

específicos. Un estudio de caso presenta una descripción de aquello que ha ocurrido a una empresa o a una industria a lo largo de los años. Hace una crónica de los sucesos que tuvieron que enfrentar los administradores, como por ejemplo, cambios en el entorno competitivo, y clasifica las respuestas que por lo regular tienen que ver con modificaciones en la estrategia ya sea a nivel del negocio o bien en el plano corporativo.

Se ha comprobado que los casos son valiosos debido a varios motivos. En primer lugar, le ofrecen al estudiante, experiencias acerca de problemas organizacionales que quizás no ha tenido la oportunidad de vivir de primera mano; no obstante, de esta manera y en forma breve tendrá la oportunidad de apreciar y analizar los problemas que enfrentan muy diversas empresas y entender cómo intentaron manejarlos los administradores.

Los estudios de casos les ofrecen a los estudiantes la oportunidad de participar en clase y de obtener experiencias para la presentación de ideas y conceptos ante otras personas. En ocasiones, los profesores podrían dividir a los estudiantes en grupos y mediante el análisis y el debate en clase, detectar que está ocurriendo, los aspectos peculiares y las soluciones para el problema relativo al caso. En una situación semejante, el estudiante tendrá que organizar sus puntos de vista y sus conclusiones de manera tal que pueda presentarlos ante la clase. Es posible que los compañeros de clase hayan analizado los aspectos desde perspectivas distintas, y probablemente quieran argumentar sus puntos de vista antes de aceptar conclusiones finales. Esta es la manera en que se toman las decisiones en el mundo real de los negocios.

1.4 Definición de actividades de la práctica

Estudio de casos: La técnica de estudio de casos, consiste precisamente en proporcionar una serie de casos que representen situaciones problemáticas diversas de la vida real para que se estudien y analicen. De esta manera, se pretende entrenar a los alumnos en la generación de soluciones.

Visitas técnicas: Se realizarán a diferentes empresas de industria y servicios para que los estudiantes tengan una experiencia más cercana sobre el control total de calidad, se dejen trabajos de aplicación de campo, en los cuales podrán visitar ciertas empresas para determinar que tipo de control de calidad se lleva en ella, así como hacer propuestas con base en los conocimientos adquiridos en el curso y que puedan mejorar los procesos estudiados.

Videos que presenten procesos industriales: Este es un proceso de enseñanza aprendizaje en entornos virtuales como un proceso de innovación pedagógica basado en la creación de las condiciones para desarrollar la capacidad de aprender y adaptarse a las situaciones que se presentan en las organizaciones o empresas, con fin de tener otra perspectiva de los problemas y poder presentar soluciones acordes a las situaciones y mejorar los procesos administrativos y de producción. Y esto responde a las necesidades de transformación de la práctica para un mejor logro de los objetivos.

Estudio Dirigido: Para realizar el estudio, el alumno debe examinar los pasos que va a seguir y formarse una visión de conjunto de las actividades a realizar, pasando posteriormente a realizar el aprendizaje del contenido, a

través de la lectura de textos, bibliografía, realización de los ejercicios indicados, etc. Así, podemos decir que el estudio dirigido es un proceso de enseñanza–aprendizaje que abarca una serie de pasos lógicos y que intenta conseguir objetivos de comprensión, adquisición de habilidades y resolución de problemas.

Entrevistas: La entrevista es un hecho que consiste en un diálogo entablado entre dos o más personas el entrevistador o entrevistadores que interrogan y el o los entrevistados que contestan. Se trata de una técnica o instrumento empleado para diversos motivos: investigación, selección de personal, etc. Una entrevista no es casual sino que es un diálogo interesado, con un acuerdo previo y unos intereses y expectativas por ambas partes. En el caso de las prácticas se hará las entrevistas para recopilar la información deseada y tener una idea más clara de los procesos investigados.

Para la realización de cada una de las actividades se debe elaborar una guía de estudio, en donde se presenta al estudiante el aprendizaje que debe lograr. Dichas guías están compuestas por una introducción, en donde se le indica al estudiante el objetivo que se persigue, la importancia del tema, su conexión con otros temas, etc. Un plan de actividades en donde se expondrán unas normas muy concretas de las actividades que debe realizar, el tiempo que como mínimo debería dedicar a cada una de ellas, etc. y finalmente las fuentes de información para el estudio (bibliografía).

1.5 Programa

El curso de Controles Industriales de acuerdo a su finalidad requiere de trabajo práctico, por lo cual sesiones de este tipo son indispensables para que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos teóricos que se adquieren en la clase, desarrollen habilidades en el manejo de las técnicas de control de calidad y se apoyen en investigación bibliográfica con la cual enriquecen aun más sus inquietudes referentes al control de calidad.

Las prácticas se impartirán en sesiones de dos horas cada una y se propone la siguiente programación de contenidos.

MÓDULO 1. Principios teóricos de calidad (3 períodos de clase)

Módulo en el cual se hace una introducción a los principios de la administración de la calidad presentando el concepto de calidad, su historia e importancia, costos asociados y el papel que tiene en las responsabilidades vinculadas con la producción y la calidad.

Temática

- Calidad: concepto, desarrollo de las ideas de calidad
- Calidad y ventaja competitiva
- Calidad total en las organizaciones
- Creación de organizaciones de Calidad Total
- Filosofías de la calidad
- Planificación, aseguramiento, mejoramiento y control de la calidad.
- Herramientas para el mejoramiento de la calidad
- Medición del desempeño y administración de la información estratégica para la calidad.

MÓDULO 2. Control estadístico de proceso: gráficos de control por variables (3 períodos de clase)

Introducción al control estadístico de los procesos, con énfasis en la utilización de análisis estadísticos y elaboración de gráficas de control por variables. Identificar por medio de los gráficos las causas de variación y los factores que modifican la calidad de un producto y analizar la capacidad del proceso a través de la información que dan los gráficos de control.

Temática

- Definición de gráficos de control
- Principios estadísticos
- Modelos de gráficos de control
- Elaboración de gráfico de media y rango
- Proceso bajo control
- Proceso fuera de control
- Análisis de una condición fuera de control
- Estimación de la capacidad de los proceso
- Elaboración de gráfico de media y desviación estándar
- Gráfico para valores individuales

MÓDULO 3. Control estadístico de proceso: gráficos de control por atributos (2 períodos de clase)

Descripción de la secuencia de construcción y las pautas de utilización de las herramientas para el control de procesos por medio de gráficos por atributos.

- Gráfica p
- Gráfica p con tamaño de muestra variable
- Gráfica np
- Gráfica c
- Gráfica u
- Selección entre gráficas c y u

MÓDULO 4. Muestreo de aceptación (2 períodos de clase)

Descripción de las aplicaciones del muestro de aceptación, las bases estadísticas, tipos y planes de muestreo, recepción por atributos y variables. Diseño métodos de muestreo de aceptación que satisfagan riesgos estadísticos y otras condiciones previamente establecidas. Interpretación adecuadamente los índices de calidad.

Temática

- Muestreo de aceptación
- Curva CO para los planes de muestreo simple
- Curva CO para los planes de muestreo doble
- Relación entre consumidor y productor
- Calidad media de salida
- Cantidad media de la muestra
- Inspección total media
- Sistemas de muestreo por atributos
- Norma Military Standard 105-D
- Sistema Dodge-Roming

MÓDULO 5. Diseño de un plan de Control de Calidad (2 períodos de clase y actividades extra aula)

Se diseñará un plan de control de la calidad, se logrará comprender la importancia del uso de métodos estadísticos y técnicas de análisis como los medios mas adecuados en el aseguramiento de la calidad en los procesos. Se podrá determinar puntos críticos de control en cada proceso y especificarán los procedimientos de monitoreo y alternativas de control. Se presentará el plan para el trabajo de campo que complementa las actividades de práctica.

Forma de evaluación:

La práctica es de carácter obligatorio y se aprueba con 61% de la nota asignada, es necesario aprobarlo para tener derecho al examen final del curso.

Los reportes de las prácticas serán los instrumentos de evaluación así como la participación activa en todas las actividades.

Las actividades de la práctica se realizan una vez por semana a partir de la segunda semana de clase.

2. PRINCIPIOS TEÓRICOS DE CALIDAD

2.1 Descripción de la práctica

La práctica tiene el propósito que el participante, realice un análisis de los principios de la gestión de la calidad y las filosofías de la calidad y fundamente en ésta temática la discusión de las actividades de práctica.

2.2 Objetivo

- Realice un análisis crítico de cada una de las situaciones presentadas en los casos.
- Utilice efectivamente las técnicas administrativas para el análisis de los casos de estudio.
- Diseñe estrategias para el mejoramiento de la calidad.
- Contraste los enfoques administrativos de los casos presentados con el de calidad total.

2.3 Metodología

- Estudio de casos
- Proyectos
- Hojas de trabajo

2.4 Actividades de aprendizaje

Integrar grupos de tres a cinco personas y désígnese a una de ellas como vocero del equipo, quien se encargará de comunicar los descubrimientos del mismo a los demás grupos.

De esta manera y en forma exhaustiva analizar los problemas que enfrentan muy diversas empresas y generar una discusión sobre los antecedentes de los problemas, sus efectos y posibles estrategias para resolverlos. Se exige la participación activa de todos los integrantes del grupo para ofrecer una experiencia exitosa de aprendizaje.

2.4.1 Casos de estudio

Presentación del Caso No. 1

Ustedes son el equipo directivo de una empresa que comienza y que producirá controladores de disco para la industria de las computadoras personales. Venderán su producto a los fabricantes de éstas (fabricantes de equipo original). El mercado de los controladores de disco se caracteriza por un rápido cambio tecnológico, ciclos de vida del producto de solamente seis a nueve meses, intensa competencia de precios, altos costos fijos para fabricar equipo, e importantes economías de escala en la manufactura. Sus clientes, los fabricantes de equipo original, emiten especificaciones tecnológicas muy demandantes con las que su producto tiene que cumplir. También lo presionan para entregar su producto a tiempo para que encaje con su propio programa de introducción de productos.

Discusión

- En esta industria, ¿Qué habilidades y funciones son más importantes que su empresa consolide?
- ¿Cómo diseñan sus procesos internos para garantizar que tales habilidades se creen dentro de la empresa?
- Haga una evaluación de la posición competitiva de su empresa. Explique qué es lo que tiene que hacer la compañía, si hay algo que deba hacer, para mejorar su posición competitiva.

Solución

Las habilidades de la empresa son la comercialización, adquisición, marketing, y gestión de personal. Esto genera valor agregado a la empresa, y estar siempre en línea con las estrategias de negocio. Para satisfacer en forma eficiente la demanda.

Se requiere una estructura de administración conocida para que cada uno sepa que hacer (políticas, controles internos y prácticas definidas). En este sentido las prácticas proveen muchos beneficios, incluyendo un aumento en la efectividad, menos errores.

Los procesos internos que la empresa deben tener para consolidarse en el mercado, son ofrecer a sus clientes puedan adquirir servicios de almacenamiento basados en controladores cuyo costo esta basado en la plataforma de controlador y el software. Este factor permite al cliente adquirir

servicios de almacenamiento virtualizado basado en controladores sin pagar nada extra.

Para mejorar su posición competitiva la empresa de la adoptar mejores prácticas para dar una respuesta más eficiente a las exigencias del negocio y a un creciente número de requerimientos regulatorios y contractuales, esta práctica no está exenta de peligros. Incluso su implementación puede ser costosa y fuera de enfoque, si se hace con una guía puramente técnica. En otras palabras, para que sea exitosa, es necesario efectuarla en el contexto del negocio, buscando las alternativas que ofrezcan los mayores beneficios para la organización. Para ello, altos ejecutivos, gerentes de negocios y de informática y auditores deberían trabajar mancomunadamente para asegurar que la implementación de las mejores prácticas cumple con los criterios de costo-beneficio y un bien controlado servicio de informática.

Presentación del caso No. 2

Un grupo de socios contemplan abrir un nuevo restaurante en su ciudad e intentan decidir qué estrategia de negocios puede proporcionarle a su restaurante la mejor ventaja competitiva para hacerlo más redituable posible.

Discusión

- Identifique qué restaurantes considera usted que son los mas redituables y por qué.
- Con base a este análisis, decida qué tipo de restaurante quiere usted abrir y por qué.

- ¿Qué tan diferenciados son los productos o servicios de su compañía?
- ¿Qué capacidades distintivas tiene su compañía? ¿Es su eficiencia, calidad, innovación, respuesta a los clientes, o una combinación de estos factores la principal fuerza impulsora de su compañía?

Solución:

La tendencia de los restaurantes de comida rápida, tiene un crecimiento continuo, estas ofrecen diferente tipo de comida, a precios accesibles, ubicación en centros comerciales, aeropuertos, estadios, campus universitarios, tiendas de autoservicio, gasolineras.

Se abrirá un restaurante de comida rápida, debido a que se puede ofrecer diferente tipo de comida, tener ubicación en muchos puntos de la ciudad, ofrecer menús a bajos costos, crecer y poder expandirse dentro de la ciudad y en el interior del país.

Los productos no son tan diferenciados a comparación de la mayoría de restaurantes, debido que las personas buscan alimentos saludables, bajos en grasa, debido a que las personas se están volviendo más selectivas en los alimentos que consumen debido a que son más conscientes con su salud.

El servicio se basa en la atención al cliente, debido a que el consumidor es el que elige que tipo de alimentos consumir y donde, el servicio se basa en la atención de las necesidades y expectativas, para poder brindar un servicio de calidad, higiene, atención, espacio físico, variedad de alimentos y bebidas,

Presentación del Caso No. 3

La cadena de hoteles Ritz-Carlton, con sede en Atlanta tiene 23 hoteles de lujo en Estados Unidos y dos en Australia. La cadena que cuenta con 11,500 empleados, dice tener instalaciones únicas, así como un ambiente singular, servicios personales y alimentos y bebidas excepcionales. El precio promedio por habitación es de más de 150 dólares la noche, así que Ritz-Carlton sabe que debe hacer más que sólo complacer a sus clientes para triunfar. El presidente y director general del Ritz, informó a los directores que no estaba satisfecho con la calidad de los hoteles. Pensaba que la única razón por la que se consideraba que el hotel de lujo era líder de la industria era que todos los demás resultaban incluso más deficientes. Por tanto, introdujo una iniciativa para la calidad total, fundamentada en el liderazgo ejecutivo participativo, por medio de la recopilación de información, la planificación y la ejecución coordinadas. Un equipo de trabajo capacitado, con facultades y comprometido fue otro elemento esencial. Todos los empleados aprenden la norma de oro de la empresa, la serie mínima de normas del Ritz para servicio de primera. Un equipo de 14 ejecutivos de la cadena, integran el equipo de administración superior de calidad, se reúnen todas las semanas para revisar los resultados y establecer norma.

Dedican mucho tiempo a encontrar la manera de mejorar el producto, hablando con la mayor cantidad posible de huéspedes y empleados. El Ritz selecciona cuidadosamente a sus empleados y los capacita para que sean ingenieros de la calidad, capaces de detectar defectos y corregirlos de inmediato. Los empleados reciben 126 horas de capacitación al año sobre cuestiones de calidad. La gerencia piensa que el personal de gran calidad reduce los costos porque hacen las cosas bien desde la primera vez. La compañía refuerza su programa de superación de empleados reconociendo la

actuación individual superior. Los aumentos anuales están ligados al grado de resultados de persona y los equipos de trabajo comparten bonos conjuntos cuando las soluciones que recomiendan para cuestiones de calidad se aplican con éxito.

La gerencia delega facultades a los empleados para que “muevan cielo y tierra” con el objeto de satisfacer a los clientes. Siempre que se queja un cliente o surge un problema con los servicios, se espera que los empleados corrijan la situación de inmediato. Los empleados tienen plenas facultades para hacer lo necesario para satisfacer las necesidades de los clientes sin esperar instrucciones de la gerencia. El Ritz reúne datos de la calidad, referentes a todos los aspectos de la estancia de un huésped, para determinar si las expectativas del cliente quedan satisfechas. La cadena encuesta a más de 25,000 huéspedes al año, para determinar donde se necesitan mejoras.

Las computadoras del Ritz llevan datos sobre los gustos y las aversiones de más de 240,000 clientes que han repetido su estancia. El Ritz ganó 121 premios relacionados con la calidad y mereció mejor calificación de las industrias, según las tres organizaciones más importantes que califican hoteles.

Preguntas del caso.

1. ¿Cómo se ha enfatizado la calidad en el Ritz?
2. ¿Cómo se ha beneficiado el Ritz de sus iniciativas de calidad?
3. Explique al Ritz de acuerdo con los 14 puntos de Deming.
4. ¿Qué otra cosa podría hacer el Ritz para mejorar la calidad?

2.4.2 Proyectos

Proyecto 1

Descripción

El proyecto tiene el propósito de que el participante, realice un análisis de los principios de la gestión de calidad total, interprete su significado, posteriormente, confronte la aplicación de éstos en la gestión de una organización y proponga mecanismos para mejorarla de acuerdo a los principios.

Desarrollo

Realice un análisis de la gestión del Área de Producción, de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, USAC, sobre la base de la filosofía de Calidad Total.

Proyecto 2

Descripción: Este proyecto de aplicación tendrá como tema central de desarrollo del proceso de mejoramiento continuo para el análisis y la solución de problemas relacionados con la calidad.

Desarrollo

Trabaje con el administrador de una empresa para identificar un problema importante que enfrenté en relación con la calidad, elabore un plan para

mejorar, aplique algunas de las herramientas para la solución de problemas, para recopilar datos, identificar causas de origen y generar ideas para resolver el problema y mejorar la situación.

Objetivos:

- Poner en práctica los conocimientos adquiridos en clase en los aspectos de mejoramiento de la calidad.
- Desarrollar habilidad de concretar ideas y realizarlas.
- Adquirir conciencia de la importancia de la calidad en todo el campo de operaciones de la Ingeniería Industrial.

Procedimiento:

1. Establecer el objetivo del trabajo de campo: Este objetivo se enfoca a lo que se espera obtener del trabajo, sus resultados y posible utilización formal de parte de la empresa en el futuro.
2. Esbozar ideas generales del trabajo.
3. Presentar una carta donde se autorice la realización del trabajo de campo: Esta es una carta que la empresa debe extender al grupo de trabajo, donde se haga constar que esta de acuerdo con la realización del estudio. La misma debe contener membrete, nombre de la persona encargada y número de teléfono.
4. Descripción breve de la empresa. Deberá contener aspectos generales de la empresa, así como de los servicios que presta o productos que fabrican, indicando hacia donde se enfocará el trabajo de aplicación.
5. Descripción del problema y justificación: Indicar aquí el problema que se va a analizar y la razón por la cual fue elegido.

6. Diagrama de operaciones y de flujo: Aquí deberá incluir los diagramas de operaciones, de proceso y/o flujo del producto a analizar, describiendo brevemente el proceso de fabricación.
7. Aplicar el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar, actuar) para el mejoramiento de la calidad: En esta parte se deberá crear un ciclo PHVA como un proceso estándar para el tipo de problema que se encuentra en la empresa.
8. Identificación de causas: Mediante el uso de Diagramas de Causa y Efecto, Pareto, deberá presentar todos aquellos procedimientos, causas y factores que afectan la calidad del producto o proceso y que originan el problema.
9. Recolección de datos: En esta etapa se deberá recolectar datos acerca de fallas o problemas que se consideran que afectan a la calidad del producto o proceso. Utilizar hojas de verificación.
10. Tabulación de datos: Mediante el uso de histogramas, diagramas de Pareto, deberá presentar en forma gráfica el comportamiento de los datos recolectados, indicando la frecuencia de apariciones de determinado problema o falla.
11. Análisis para el planteo de soluciones concretas: Una vez identificadas las causas, procedimientos o factores que afectan la calidad, deberán plantear soluciones concretas para minimizar los efectos que estos producen en la calidad.
12. Presentar conclusiones y recomendaciones: Las conclusiones deben ser enfocadas básicamente a los resultados que se obtuvieron del trabajo de campo, y no simples comentarios del mismo. Las recomendaciones van directamente relacionadas con las conclusiones y se enfocan a realizar mejoras por parte de la empresa.

13. Señalar bibliografía y anexos: Aquí deben incluir toda la bibliografía utilizada, incluyendo direcciones de Internet; además, en los anexos deben colocar toda aquella información indispensable que se utilizó durante la elaboración del trabajo.

Forma de presentación: Todos los trabajos deben presentarse empastados con espiral, debidamente identificados

Proyecto 3

Descripción: Este proyecto está dirigido a que el estudiante identifique los costos de calidad que están asociados con la realización de una tarea.

Desarrollo

Con su experiencia laboral o la de alguno de sus compañeros de equipo, identifique los costos de calidad involucrados en la realización de su trabajo y clasifíquelos de acuerdo al la teoría estudiada.

2.5 Criterios de evaluación

Para el análisis de un estudio de caso, todos los informes empiezan con una introducción del caso. En él, describe en forma breve qué hace la empresa, como se ha desarrollado a lo largo del tiempo, qué problemas está padeciendo, y cómo el estudiante a va enfocar los sucesos en la redacción del caso. Se debe hacer un análisis estratégico y analizar la estructura organizacional.

Deberá tener, por ejemplo, apartados independientes acerca de cualquier herramienta conceptual importante que utilice. Cuando se analice la estrategia corporativa de una compañía se podrá ofrecer una sección independiente

concerniente a técnicas. Adapte los apartados y subapartados de acuerdo con los aspectos y asuntos de importancia en el caso.

En la parte de la redacción del caso se deben presentar soluciones y recomendaciones. Abordar los temas en forma integral y asegurarse de que estén en sintonía con el análisis anterior, de manera tal que las recomendaciones coincidan entre sí y se desplacen de manera lógica de una a otra.

2.6 Marco Conceptual

2.6.1 Antecedentes del control de la calidad

La historia de la humanidad está directamente ligada con la calidad desde los tiempos más remotos, el hombre al construir sus armas, elaborar sus alimentos y fabricar su vestido observa las características del producto y enseguida procura mejorarlo.

Durante la edad media surgen mercados con base en el prestigio de la calidad de los productos, se popularizó la costumbre de ponerles marca y con esta práctica se desarrolló el interés de mantener una buena reputación (las sedas de damasco, la porcelana china, etc.) Dado lo artesanal del proceso, la inspección del producto terminado es responsabilidad del productor que es el mismo artesano. Con el advenimiento de la era industrial esta situación cambió, el taller cedió su lugar a la fábrica de producción masiva, bien fuera de artículos terminados o bien de piezas que iban a ser ensambladas en una etapa posterior de producción.

La era de la revolución industrial trajo consigo el sistema de fábricas para el trabajo en serie y la especialización del trabajo. Como consecuencia de la alta demanda aparejada con el espíritu de mejorar la calidad de los procesos, la función de inspección llega a formar parte vital del proceso productivo y es realizada por el mismo operario (el objeto de la inspección simplemente señalaba los productos que no se ajustaban a los estándares deseados).

A fines del siglo XIX y durante las tres primeras décadas del siglo XX el objetivo es producción. Con las aportaciones de Taylor la función de inspección se separa de la producción; los productos se caracterizan por sus partes o componentes intercambiables, el mercado se vuelve más exigente y todo converge a producir.

El cambio en el proceso de producción trajo consigo cambios en la organización de la empresa. Como ya no era el caso de un operario que se dedicara a la elaboración de un artículo, fue necesario introducir en las fábricas procedimientos específicos para atender la calidad de los productos fabricados en forma masiva. Dichos procedimientos han ido evolucionando, sobre todo durante los últimos tiempos.

El control de la calidad se practica desde hace muchos años en Estados Unidos y en otros países, pero los japoneses, enfrentados a la falta de recursos naturales y dependientes en alta grado de sus exportaciones para obtener divisas que les permitieran comprar en el exterior lo que no podían producir internamente, se dieron cuenta de que para sobrevivir en un mundo cada vez más agresivo comercialmente, tenían que producir y vender mejores productos que sus competidores internacionales como Estados Unidos, Inglaterra, Francia y Alemania.

Lo anterior los llevó a perfeccionar el concepto de calidad. Para ellos debería haber calidad desde el diseño hasta la entrega del producto al consumidor, pasando por todas las acciones, no sólo las que incluyen el proceso de manufactura del producto, sino también las actividades administrativas y comerciales, en especial las que tienen que ver con el ciclo de atención al cliente incluyendo todo servicio posterior.

2.6.2 Calidad total

La calidad total es el estadio más evolucionado dentro de las sucesivas transformaciones que ha sufrido el término calidad a lo largo del tiempo. En un primer momento, se habla de Control de Calidad, primera etapa en la Gestión de la Calidad que se basa en técnicas de inspección aplicadas a Producción. Posteriormente, nace el Aseguramiento de la Calidad, fase que persigue garantizar un nivel continuo de la calidad del producto o servicio proporcionado. Finalmente se llega a lo que hoy en día se conoce como Calidad Total, un sistema de gestión empresarial íntimamente relacionado con el concepto de Mejora Continua y que incluye las dos fases anteriores. Los principios fundamentales de este sistema de gestión son los siguientes:

- Consecución de la plena satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente.
- Desarrollo de un proceso de mejora continua en todas las actividades y procesos llevados a cabo en la empresa (implantar la mejora continua tiene un principio pero no un fin).
- Total compromiso de la Dirección y un liderazgo activo de todo el equipo directivo.

- Participación de todos los miembros de la organización y fomento del trabajo en equipo hacia una Gestión de Calidad Total.
- Involucración del proveedor en el sistema de Calidad Total de la empresa, dado el fundamental papel de éste en la consecución de la Calidad en la empresa.
- Identificación y Gestión de los Procesos Clave de la organización, superando las barreras departamentales y estructurales que esconden dichos procesos.
- Toma de decisiones de gestión basada en datos y hechos objetivos sobre gestión basada en la intuición. Dominio del manejo de la información.

La filosofía de la Calidad Total proporciona una concepción global que fomenta la mejora continua en la organización y la involucración de todos sus miembros, centrándose en la satisfacción tanto del cliente interno como del externo. Podemos definir esta filosofía del siguiente modo: Gestión (el cuerpo directivo está totalmente comprometido) de la Calidad (los requerimientos del cliente son comprendidos y asumidos exactamente) Total (todo miembro de la organización está involucrado, incluso el cliente y el proveedor, cuando esto sea posible).

2.6.3 Filosofía de la administración de la calidad

Tal y como lo establece la administración moderna de empresas, toda actividad debe ser administrada a fin de lograr las metas fijadas con alto desempeño. Administrar significa: planear, ejecutar, dirigir y controlar el desempeño de las diversas actividades de empresa, actividades dentro de las cuales se encuentra la calidad. La administración de la calidad es la disciplina

que se encarga de la organización, coordinación, planificación, ejecución y control de todas las actividades que permiten el cumplimiento de las políticas, objetivos y metas de calidad, las cuales se basan en el cumplimiento de los requerimientos y necesidades del cliente o usuario.

A lo largo de la historia encontramos múltiples manifestaciones que demuestran que el hombre ha conseguido satisfacer sus necesidades adquiriendo aquello que le reportaba mayor utilidad. Así, de una forma u otra, se preocupaba y se preocupa por la calidad de lo que adquiere. Como consecuencia, para comprender el significado actual del término resulta conveniente analizar las filosofías desarrolladas durante la historia de calidad.

2.6.3.1 Filosofía de W. Edwards Deming

W. Edwards Deming practicó una exitosa consultoría por más de 40 años. Sus clientes incluyeron a algunas de las más importantes empresas manufactureras, telefónicas, transportistas, hospitales, firmas de abogados, diversas industrias, universidades y formó parte de prestigiosos colegios y asociaciones, asesoró incluso a muchas organizaciones gubernamentales.

El impacto de sus enseñanzas en las empresas americanas de manufactura y de servicios, ha sido tan profundo que aún a treinta años de distancia esos principios siguen siendo actuales y de gran valor. Creó una verdadera revolución de la calidad que ha contribuido a la hegemonía americana en el competitivo mundo que hoy enfrentamos.

El Dr. Deming es posiblemente mejor conocido por sus logros en Japón, donde desde 1950 se dedicó a enseñar a ingenieros y altos ejecutivos sus

conceptos y metodología de gerencia de calidad. Estas enseñanzas cambiarían radicalmente la economía japonesa. En reconocimiento, la Unión Japonesa de Ciencia e Ingeniería instituyó sus premios anuales Deming para quienes alcanzan grandes logros en calidad y confiabilidad del producto.

Los Puntos de Gerencia de Deming

1. Crear un hábito de constancia en la mejoría de productos y servicios, teniendo como objetivo volverse más competitivos y permanecer en el mercado para continuar dando trabajo a la gente.
2. Adoptar la nueva filosofía. Estamos en una nueva era económica, los gerentes deben despertar al reto, deben aprender sus responsabilidades y tomar el liderazgo hacia el cambio.
3. Dejen de depender en la inspección para alcanzar la calidad. Eliminen la necesidad de inspeccionar a gran escala mediante integrar la calidad dentro del producto desde un principio.
4. Terminen con la práctica de otorgar compras en base al precio. En su lugar, minimicen el costo total. Concéntrense en un solo proveedor para cada materia prima y generen una relación de larga duración basada en confianza y fidelidad.
5. Mejoren constantemente y para siempre los procesos de planeación, producción y servicio. Mejoren calidad y productividad y aún así, reduzcan constantemente sus costos.
6. Instituyan el entrenamiento en el trabajo. Esto debe ser una parte del trabajo diario de todos los obreros, empleados y gerentes.
7. Adopten e instituyan liderazgo. El objetivo de la supervisión debe ser el de ayudar a la gente, las máquinas y los dispositivos a hacer un trabajo mejor. La supervisión de niveles gerenciales y la de los trabajadores de producción necesita una renovación total.

8. Eliminen el miedo de tal forma que la gente haga su mejor esfuerzo de trabajar con efectividad porque ellos quieren que la empresa tenga éxito.
9. Rompan las barreras entre gente de los diversos departamentos o categorías. La gente de investigación, administración, diseño, ventas y producción deben trabajar como un equipo, y deben todos anticiparse a posibles problemas de producción o de uso de los productos o servicios.
10. Eliminen "slogans" o frases hechas, exhortos y metas para los trabajadores pidiéndoles cero defectos y nuevos niveles de productividad. Esos exhortos solo crean relaciones adversas, ya que la mayoría de las causas de baja calidad y productividad corresponden al sistema y por tanto están fuera del control de los trabajadores.
11. Eliminen cuotas numéricas para los trabajadores o metas numéricas para la gerencia, eliminen estándares de volumen de trabajo (cuotas) en el piso de manufactura. Substitúyanlas con liderazgo, eliminen el concepto obsoleto de "gerencia por objetivos". Eliminen la gerencia por números o metas contables. Substitúyanlas con liderazgo.
12. Retiren las barreras que le roban a la gente el orgullo de su mano de obra y sus logros personales, eliminen los sistemas anuales de comparación o de méritos.
13. Retiren barreras que le quitan al trabajador el derecho de enorgullecerse de lo que hace. La responsabilidad de los supervisores debe cambiar de los meros números a la calidad como concepto.
14. Retiren barreras que le roban a la gente en la gerencia o ingeniería el orgullo por sus logros personales. Esto significa la eliminación de sistemas de rangos por mérito o de gerencia por objetivos.
15. Instituyan un programa vigoroso de educación y de auto-mejoramiento para cada quien. Permítanles participar en la elección de las áreas de desarrollo.

16. Pongan a cada quien en la empresa a trabajar en el logro de la transformación. La transformación es el trabajo de todos.

2.6.3.2 Filosofía de Joseph M. Juran

Joseph Juran fue uno de los más renombrados autores sobre el Control de la Calidad. Nació en Rumania el 24 de Diciembre de 1904. Publicó 15 libros y más de 200 artículos sobre el tema de la Calidad. Una de sus obras más renombradas fue el llamado "Manual del Control de la Calidad", publicado en 1951. Escribió su autobiografía a la que tituló "Architect of Quality". En 1986 entregó su obra "Trilogía de la Calidad".

Su concepción se estructuró en el Control de la Calidad, en el Mejoramiento de la Calidad y la Planificación de la Calidad, lo que lo hizo convertirse en uno de los grandes arquitectos del desarrollo empresarial moderno.

Uno de los temas que más desarrolló fue el Control de la Calidad, que se entiende como un proceso que debe seguir toda empresa para asegurarse que sus productos o servicios mantengan un nivel mínimo de Calidad, el cual es definido por la propia empresa, de acuerdo a las características de lo que genera, de las características de sus clientes y de los objetivos de eficiencia que se hayan planteado y que deban alcanzar con regularidad. Si bien en algunos casos los estándares de calidad de un producto están determinados con precisión por dispositivos legales, considerándose al cliente como parte del proceso de elaboración de los productos o servicios (Deming), el Control de la Calidad debe contemplar las necesidades y exigencias de los consumidores.

Juran expresó que debía vigilarse la calidad de todo aquello que se pusiera en manos de terceros (usuarios) y que para ello se debían crear métodos de control específicos.

Los Sistemas de Control propuestos por Juran son:

1. Fomentar la idea de la necesidad de un control férreo de la calidad.
2. Buscar los métodos de mejora.
3. Establecer objetivos de calidad.
4. Aplicar todo tipo de medidas y cambios para poder alcanzar estas metas.
5. Comprometer a los trabajadores en la obtención de una mayor calidad, mediante programas de formación profesional, comunicación y aprendizaje.
6. Revisar los sistemas y procesos productivos para poder mantener el nivel de calidad alcanzado.

2.6.3.3 Filosofía de Phillip B. Crosby

Philip Crosby nació en Wheeling, Virginia el 18 de junio de 1926. Entre su participación en la Segunda Guerra Mundial y Corea, Philip Crosby comenzó su trabajo como profesional de la calidad en 1952 en una escuela médica. La carrera de Philip Crosby comenzó en una planta de fabricación en línea donde decidió que su meta sería enseñar administración en la cual previniendo problemas sería más provechoso que ser bueno en solucionarlos.

El desarrollo de una cultura de calidad en la organización Crosby, carismático consultor en calidad en Estados Unidos, se ha distinguido por ser

un excelente vendedor de los conceptos de calidad total en las empresas. Presidente de su propia empresa de consultoría y del Colegio de Calidad en Winter Park, Florida, se inició como inspector de calidad, y trabajó con la compañía telefónica ITT (International Telephone and Telegraph Corp.) como Director de Calidad y Vicepresidente Corporativo, responsable de la calidad de todas las dependencias de la compañía en todo el mundo.

Para Crosby, la calidad es la nueva forma de administrar en las empresas: “administración por calidad”. Es decir, la calidad es la principal responsabilidad de los directivos y de todos los empleados de la organización, desde el más alto hasta el más bajo nivel.

Los catorce pasos para Cero Defecto son los siguientes:

1. Compromiso de la dirección: La alta dirección debe definir y comprometerse en una política de mejora de la calidad.
2. Equipos de mejora de la calidad: Se formarán equipos de mejora mediante los representantes de cada departamento.
3. Medidas de la calidad: Se deben reunir datos y estadísticas para analizar las tendencias y los problemas en el funcionamiento de la organización.
4. El costo de la calidad: Es el coste de hacer las cosas mal y de no hacerlo bien a la primera.
5. Tener conciencia de la calidad: Se adiestrará a toda la organización enseñando el coste de la no calidad con el objetivo de evitarlo.
6. Acción correctiva: Se emprenderán medidas correctoras sobre posibles desviaciones.
7. Planificación cero defectos: Se definirá un programa de actuación con el objetivo de prevenir errores en lo sucesivo.

8. Capacitación del supervisor: La dirección recibirá preparación sobre cómo elaborar y ejecutar el programa de mejora.
9. Día de cero defectos: Se considera la fecha en que la organización experimenta un cambio real en su funcionamiento.
10. Establecer las metas: Se fijan los objetivos para reducir errores.
11. Eliminación de la causa error: Se elimina lo que impida el cumplimiento del programa de actuación error cero.
12. Reconocimiento: Se determinarán recompensas para aquellos que cumplan las metas establecidas.
13. Consejos de calidad: Se pretende unir a todos los trabajadores mediante la comunicación.
14. Empezar de nuevo: La mejora de la calidad es un ciclo continuo que no termina nunca.

2.6.3.4 Filosofía de Armand V. Feigenbaum

Feigenbaum es el fundador de la teoría del Control Total de la Calidad, un enfoque para administrar el éxito de los negocios, que ha influenciado profundamente la competencia en los mercados locales e internacionales. Es presidente de la General Systems Company, que diseña e instala sistemas operacionales integrados para empresas multinacionales, también es presidente fundador de la International Academy for Quality, además fue presidente de la American Society for Quality Control.

Feigenbaum establece que el Control Total de la Calidad es un sistema efectivo de los esfuerzos de varios grupos en una empresa para la integración del desarrollo, del mantenimiento y de la superación de la calidad con el fin de

hacer posibles mercadotecnia, ingeniería, fabricación y servicio, a satisfacción total del consumidor y al costo más económico.

En la actualidad, los compradores perciben más claramente la calidad de los diversos productos que compiten en el mercado y compran de acuerdo a esto. La calidad es factor básico en la decisión del cliente respecto a la adquisición de productos y servicios

La calidad ha llegado a ser la única fuerza de gran importancia que lleva el éxito organizacional y al crecimiento de la compañía en mercados nacionales e internacionales.

Procesos de calidad fuerte y efectivos están generando excelentes resultados y utilidades en empresas con estrategias de calidad efectivas. Esto está demostrado por los importantes aumentos en la penetración del mercado, por mejoras importantes en la productividad total, por la reducción significativa de los costos y por un liderazgo competitivo más fuerte.

La calidad es en esencia una forma de administrar a la organización. Las llaves genuinas de la búsqueda del éxito en la calidad, se han convertido en un asunto de gran interés para la administración de las compañías en todo el mundo.

El Dr. Feigenbaum propuso un sistema que permite llegar a la calidad en una forma estructurada y administrada, no simplemente por casualidad.

Este sistema se llama Control Total de la Calidad y dirige los esfuerzos de varios grupos de la organización para integrar el desarrollo del mantenimiento y

la superación de la calidad a fin de conseguir la satisfacción total del consumidor. Este sistema está formado por los siguientes puntos:

1. Políticas y objetivos de calidad definida y específica.
2. Fuerte orientación hacia el cliente.
3. Todas las actividades son necesarias para lograr estas políticas y objetivos de calidad.
4. Integración de las actividades de toda la empresa.
5. Asignaciones claras al personal para el logro de la calidad.
6. Actividad específica del control de proveedores.
7. Identificación completa del equipo de calidad.
8. Flujo definido y efectivo de información, procesamiento y control de calidad.
9. Fuerte interés en la calidad, además de motivación y entrenamiento positivo.
10. Costo de calidad acompañado de otras mediciones y estándares de desempeño de la calidad.
11. Efectividad real de las acciones correctivas.
12. Control continuo del sistema, incluyendo la prealimentación y

retroalimentación de la información, así como el análisis de los resultados y comparación con los estándares presentes.

13. Auditoría periódica de las actividades sistemáticas.

2.6.4 Costos de Calidad

La eficiencia de todo negocio se mide en función de unidades monetarias. Así como en el caso de los costos de mantenimiento, producción, diseño, inspección, ventas y otras actividades, también es necesario conocer el costo dedicado de una mala calidad. Tal costo no se diferencia de los otros. Puede llegarse a programas, presupuestar, medir y analizar a fin de lograr el objetivo de obtener de una mejor calidad y la satisfacción del cliente por el menor costo. Una disminución de los costos de la calidad produce un mayor rendimiento.

Los costos de calidad guardan relación con diversos departamentos de una empresa dado que están presentes en todas sus actividades: mercadotecnia, compras, diseño, fabricación y servicio, por mencionar solo unas cuantas. Algunos costos, como los salarios de los inspectores y los de reelaboración son obvios, otros como son los costos preventivos relacionados con la mercadotecnia, el diseño y las compras no son tan evidentes y su asignación no es tan sencilla. Existen costos por fallas generadas por ventas no realizadas y con la satisfacción de un cliente, los cuales pueden ser imposibles de medir y habrá que estimarlos.

Los costos de la no calidad se definen como aquellos costos relacionados con la incapacidad para lograr la calidad de un producto o servicio tal y como fue estipulado por la compañía mediante sus contratos con sus clientes y la

sociedad en general. En pocas palabras, es el costo causado por productos o servicios malos.

2.6.4.1 Técnica de administración

La administración se vale de los costos de la calidad en su intento por lograr la mejora de la calidad, la satisfacción del cliente, para controlar el mercado y para elevar los dividendos. Es el denominador común económico de los datos básicos de toda Administración Total de la Calidad. Un valor excesivamente grande del costo de la calidad es indicación de la ineficiencia de la administración, lo que se puede llegar a afectar de manera adversa el nivel de competitividad de una empresa. Los programas para el costo de la calidad permiten contar con señales preventivas para enfrentar peligrosas situaciones financieras.

Mediante un programa del costo de la calidad se cuantifica la magnitud de un problema relacionado con la calidad, traduciéndolo al idioma que mejor maneja la administración: dinero. El costo de la mala calidad puede rebasar el 20 % del importe de las ventas de las compañías de fabricación y 35 % del importe de ventas de las compañías de servicios. Además, el programa permitiría identificar áreas en donde existen problemas con la calidad cuya existencia se ignoraba.

Los costos de calidad son un medio para detectar oportunidades para llevar a cabo mejoras en la calidad y definir prioridades mediante un análisis de Pareto. Este análisis permite al programa de mejora de la calidad concentrarse en las pocas pero vitales áreas de problemas de la calidad. Una vez emprendida una acción correctiva, los costos de la calidad permitirían medir la efectividad de la acción emprendida en términos monetarios.

2.6.4.2 Categoría y elementos del costo de la calidad

Los costos de calidad son los costos totales asociados al sistema de gestión de la calidad, y pueden utilizarse como medida de desempeño del sistema de calidad. En estos costos, por un lado están los costos originados en la empresa para asegurar que los productos tengan calidad, y por otro lado están los costos por no tener calidad que resultan de las deficiencias en productos y procesos, a estos últimos se les conoce como costos de no calidad o de mala calidad. La mala calidad significa una utilización deficiente de los recursos financieros y humanos, con lo que entre más deficiencias y fallas se tengan, los costos por lograr la calidad y por no tenerla serán más elevados.

2.6.4.2.1 Costo preventivo

La prevención se logra examinando tales experiencias en su totalidad y emprendiendo actividades concretas que se incorporan al sistema de administración básico, de tal manera que sea difícil o imposible que tales errores o fallas se produzcan nuevamente. Los costos de prevención de la calidad se definen de manera que incluyan el costo que implican todas las actividades específicamente diseñadas para este efecto. Es posible que en cada una de las actividades participe personal de uno o varios departamentos. No es posible indicar cuáles de estos deberán intervenir, ya que cada compañía está organizada de manera diferente. Pero se puede tomar en cuenta los siguientes factores:

El cliente y el usuario: Se generan gastos en la acumulación y evaluación continua de requisitos de la calidad de cliente y usuario, así como de las percepciones que influyen en la satisfacción de los usuarios con los productos o

servicios de una compañía. Los sub elementos son: investigación de mercados, estudios o talleres de percepción del usuario y revisión de contratos y documentos.

Compra: Para asegurar el cumplimiento de requisitos relacionados con la calidad de partes, materiales o procesos proporcionados por un proveedor y para reducir al mínimo el incumplimiento de esos requisitos implica la generación de gastos. Esta área implica actividades antes y después de concluir las actividades de una orden de compra. Los sub elementos son: Inspección y calificación del proveedor, inspección de los datos técnicos de las órdenes de compra y planeación de la calidad del proveedor.

Operaciones: Se incurre en costos al asegurar la capacidad y la disponibilidad de las operaciones par satisfacer estándares de calidad y requisitos; en la planeación de control de calidad par todas las actividades de producción; y la capacitación en control de calidad para el personal operativo.

2.6.4.2.2 Costos por concepto de evaluación

La responsabilidad más importante de un sistema de administración de la calidad consiste en garantizar la aceptación de un producto o servicio al entregarlo a un cliente. Tal responsabilidad implica la evaluación de un producto o de un servicio por etapas sucesivas, desde el diseño hasta que su entrega, a través de todo el proceso de producción, y así estar en condiciones de saber su aceptabilidad y continuar con su producción o ciclo de vida. La frecuencia con la que se hacen estas evaluaciones, el lapso que se deja transcurrir en una y otra, son el resultado de un compromiso entre los beneficios que aporta al costo la oportuna detección de no conformidades y el costo que implican las evaluaciones. A menos que se logre un control perfecto, siempre se generan

costos por concepto de evaluación. Por ello, los costos de evaluación de la calidad se definen de tal manera que incluyan todos los costos que implican la realización de las evaluaciones planeadas de productos o servicios para determinar si se cumplen los requisitos correspondientes se debe considerar los siguientes aspectos:

Costos por evaluación de compras: Los costos por evaluación de compras en general se consideran como aquellos gastos generados por la inspección y/o prueba de suministros o servicios adquiridos a fin de determinar si se le puede aceptar para su empleo.

Costos por valoración de operaciones: Los costos por valoración de operaciones en general son aquellos que se generan por concepto de inspección, pruebas o auditorías necesarias para determinar y asegurar la aceptabilidad de un producto o un servicio, y así seguir repitiendo cada uno de los pasos establecidos por el plan de operaciones, desde el inicio de una producción hasta su entrega final. Cuando la pérdida material forma parte integral de la actividad de evaluación, como en la disposición de piezas de maquinaria o durante pruebas destructivas, el costo de la pérdida implicada deberá incurrirse.

2.6.4.2.3 Costos por fallas internas

Costos en los que incurre la empresa como consecuencia de los errores detectados antes de que la producción sea recibida por el cliente. Siempre que se realice una evaluación de la calidad existe la posibilidad de detectar una falla para satisfacer los requisitos correspondientes. En casos como este se incurre automáticamente en gastos no programados y, muy probablemente, no presupuestados. Y son costos como:

Costos por fallas en el diseño de un producto o servicio: Los costos por fallas en el diseño se pueden considerar en general como costos no planificados provocados por errores inherentes de diseño presentes en la documentación proporcionada al área de producción. No incluyen los costos que se cobran al cliente cuando este decide hacer modificaciones o iniciativas de rediseño de gran importancia, y que forman parte del plan de mercadotecnia patrocinado por una empresa.

Costos por fallas en las operaciones: Los costos por fallas en las operaciones casi siempre representan una parte considerable de los costos generales de la calidad. Se le puede considerar en general como costos relacionados con un producto o servicio no conforme detectado durante el proceso de las operaciones. Se clasifican en tres áreas: inspección del material y acciones correctivas; costos por reelaboración o reparación y, costos por desechos

2.6.4.2.4 Costos por fallas externas

En esta categoría se incluyen todos los costos generados por productos o servicios no conformes, o que se sospecha no sean conformes, después de su entrega al cliente. Estos costos consisten básicamente de los gastos generados por productos o servicios que no satisfacen las especificaciones de un cliente o de un usuario.

La responsabilidad por las pérdidas causadas corresponde a mercadotecnia o ventas, a la implantación del diseño o a operaciones. El asignar la responsabilidad no forma parte del sistema del costo de la calidad. Esta asignación se efectúa solo después de conducir investigaciones y análisis exhaustivos de los gastos generados por fallas externas. Se puede considerar varios aspectos para fortalecer la investigación:

Investigación de quejas por servicios a un cliente o usuario: En esta categoría se incluye el costo total generado por la investigación, decisión y ofrecimiento de soluciones a peticiones o quejas planteadas por usuarios, incluido el servicio en campo que sea necesario.

Artículos devueltos: En esta categoría se incluye el costo total por evaluación y reparación o reemplazo de artículos que no obtienen la aceptación del cliente o usuario debido a problemas relacionados con la calidad. No incluyen las reparaciones efectuadas como parte de un contrato de mantenimiento o de modificación.

Costos por readaptación y devoluciones: Los costos por readaptación y devoluciones son los gastos generados al modificar o actualizar productos o instalaciones de servicio en campo de acuerdo con un nivel nuevo de diseño, basado en un importante cambio de diseño que se efectúa debido a deficiencias en el diseño original. Se incluyen solo aquellas readaptaciones motivadas por problemas de la calidad.

Reclamos de garantías: Los costos por garantías incluyen el costo total por concepto de reclamos de garantías y que se pagan al cliente o usuario después de aceptar la responsabilidad de pago correspondiente, incluidos costos de reparación como sería la eliminación de partes defectuosas de un sistema o los costos de limpieza por un accidente por servicio de alimentos o sustancias químicas. Cuando se acuerda una disminución de precio en vez de una garantía, deberá tomarse en consideración esta reducción.

Costos por responsabilidad: Los costos por responsabilidad son gastos cubiertos por la compañía debidos a la validación de responsabilidades, incluido el costo del producto o el seguro de servicio.

Multas: Los costos relacionados con multas son gastos que se generan cuando se ofrece menos del rendimiento total de un producto o servicio, según lo especificado en un contrato firmado con el cliente o en disposiciones y leyes gubernamentales.

3. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO: GRÁFICOS POR VARIABLES

3.1 Descripción de la práctica

Los procesos productivos son incapaces de producir dos unidades de producto exactamente iguales, debido a su naturaleza y a la interacción de los elementos que intervienen en él. Esta interacción provoca un sin número de causas de variación que deben ser controladas cuando se presenten en exceso o lejos de lo que tradicionalmente ha sido su patrón de comportamiento aceptado. El propósito de la práctica es llevar a cabo un estudio detallado del comportamiento de una variable, en un proceso de producción, con el fin de efectuar los análisis estadísticos correspondientes y de tomar las acciones correctivas y en especial preventivas cuando la variable en estudio presente anomalías que se reflejen por la presencia de causas asignables de variación.

3.2 Objetivos

- Utilice los gráficos de control por variables para el análisis de la calidad de procesos.
- Efectuando los análisis correspondientes, determine la capacidad y la estabilidad de los procesos.
- Identifique las causas de variación en un proceso.
- Apoye con argumentos estadísticos el planteamiento de alternativas para mejorar un proceso.

3.3 Metodología

- Estudio de casos
- Hojas de trabajo
- Visitas técnicas
- Procesos simulados

3.4 Actividades de aprendizaje

Integrar grupos de tres a cinco personas y desígnese a una de ellas como vocero del equipo, quien se encargara organizar los estudios y coordinar las visitas técnicas y es el representante de grupo ante los directores de las organizaciones visitadas.

Los equipos así formados estudiarán la información recolectada para cada uno de los casos y generarán una discusión sobre factibilidad de aplicar técnicas de control estadístico de proceso. Seleccionadas las técnicas se procederá a hacer el análisis correspondiente. Se exige la participación activa de todos los integrantes del grupo para ofrecer una experiencia exitosa de aprendizaje.

Para la aplicación del control estadístico de proceso, se introduce al procedimiento para la elaboración de gráfico \bar{X} S y el gráfico \bar{X} R.

3.4.1 Procedimiento para elaboración de gráfico $\bar{X} S$

1. Establecer qué se desea conseguir con del control estadístico del proceso.
2. Identificar la característica a controlar. Es necesario determinar qué característica o atributo del producto/servicio o proceso se va a controlar para conseguir satisfacer las necesidades de información establecidas en el paso anterior.
3. Determinar el tipo de Gráfico de Control que es conveniente utilizar, conjugando aspectos como:
 - Tipo de información requerida.
 - Características del proceso.
 - Recursos Humanos y materiales disponibles, etc.
 - Características del producto.
 - Nivel de frecuencia de las unidades no conformes o disconformidades.
4. Elaborar el Plan de Muestreo (Tamaño de muestra, frecuencia de muestreo y número de muestra).

El tamaño de muestra “n” será mayor o igual que 5 (siendo 5 el tamaño más usual) y constante. La frecuencia de muestreo será tal que recoja los cambios en el proceso entre las muestras debidos a causas internas y, al mismo tiempo, permita detectar la aparición de causas externas. Las muestras deben recogerse con la frecuencia, y en los tiempos oportunos para que puedan reflejar dichas oportunidades de cambio (Por ejemplo: frecuencias horarios, diarias, por turno, por lote de material, etc.). El número de muestras “n” deben satisfacer dos criterios, el primero que se recogerán muestras suficientes para cerciorarse de que las causas internas de variación tienen oportunidad para manifestarse, y proporcionar una prueba satisfactoria de la estabilidad del

proceso. A partir de un mínimo de 100 mediciones individuales, se obtiene esta garantía (25 muestras con $n=4$ ó 20 muestras con $n=5$).

5. Recoger los datos según plan establecido.

Las unidades de cada muestra serán recogidas de forma consecutiva para que ésta sea homogénea y representativa del momento de la toma de datos. Se indican en hojas de recogida de datos todas las informaciones y circunstancias que sean relevantes en la toma de los mismos.

6. Calcular la media \bar{X} y la desviación típica S para cada muestra.

Calculo de la media:
$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Calculo de la desviación típica:

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

7. Calcular los Límites de Control para cada uno de los gráficos.

Para el gráfico “ \bar{X} ”

a) Calcular la media $\bar{\bar{X}}$ de los valore medios de las muestras (\bar{X}_i).

$$\bar{\bar{X}} = (\bar{X}_1 + \dots + \bar{X}_n) / N$$

\bar{X}_i = media obtenida para la muestra i

N = número de muestras

b) Calcular la desviación típica media (\bar{S}).

$$\bar{S} = (S_1 + \dots + S_N) / N$$

$S_1 =$ desviación típica de la muestra i

$N =$ número de la muestra

c) Calcular el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCS = \bar{X} + A_3 \bar{S}$$

$$LCI = \bar{X} - A_3 \bar{S}$$

El valor A_3 se obtiene de la tabla de constantes.

Para el gráfico "S"

a) Calcular el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCS = B_4 \bar{S}$$

$$LCI = B_3 \bar{S}$$

El valor de B_4 y B_3 se obtiene de la tabla de constantes. El valor de B_3 para tamaño de muestra menores o iguales a 5 es cero, eso implica que el Límite de Control Inferior es cero.

8. Definir las escalas de los gráficos.

Se dibujaran dos gráficos uno para representar la medida de tendencia central (\bar{X}), y otro para representar la medida de variabilidad o dispersión (S). El eje horizontal representa, en ambos gráficos, el número de la muestra en el orden que han sido tomadas.

El eje vertical del gráfico " \bar{X} " representa los valores de la media. La diferencia entre el valor máximo y el mínimo de la escala será por lo menos dos veces la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de \bar{X} . El eje vertical del gráfico "S" representa los valores de la desviación. Los valores de su escala irán desde cero hasta dos veces el valor máximo de "S".

9. Representar en el gráfico la Línea Central y los Límite de Control.

Para el gráfico " \bar{X} "

Línea Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las \bar{X} , el valor de la media de las medias $\bar{\bar{X}}$. A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con $\bar{\bar{X}}$.

Límite de Control Superior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las \bar{X} , el valor de LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las \bar{X} , el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI.

Para el gráfico S.

Límite Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las S, el valor de la desviación típica media \bar{S} . A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con \bar{S} .

Límite de Control Superior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las S, el valor del LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las S, el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI.

Usualmente las líneas que representan los valores centrales \bar{X} y S se dibujan de color azul y las líneas correspondientes a los límites de control de color rojo.

10. Incluir los datos pertenecientes a las muestras en el gráfico.

Para el gráfico “ \bar{X} ” se representa cada muestra con un punto, buscando la intersección entre el número de la muestra (eje horizontal) y el valor de su media (eje vertical).

Para el gráfico “S” se representará cada muestra con un punto, buscando la intersección entre el número de la muestra (eje horizontal) y el valor de su desviación típica (eje vertical). Unir, en cada gráfico, los puntos por medio de trazos rectos.

11. Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control \bar{X} , S.

Se comprobará que:

Todas las medias de las muestra utilizadas para la construcción del gráfico \bar{X} están dentro de su Límites de Control.

$$LCI < \bar{X} < LCS$$

Todas las desviaciones típicas de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico S están dentro de sus Límites de Control.

$$LCI < S < LCS$$

Si alguna de estas dos condiciones no se cumple para alguna de las muestras, esta deberá ser desechada para el cálculo de los Límites de Control.

Se repetirán todos los cálculos realizados hasta el momento sin tener en cuenta la muestra o muestras anteriormente señaladas. Este proceso se repetirá hasta que todas las muestras utilizadas para el cálculo de los Límites de Control muestren un proceso dentro de control. Los Límites finalmente así obtenidos, son los definitivos que se utilizaran para la construcción de los gráficos de control.

3.4.2 Procedimiento para elaboración de gráfico \bar{X} R

Consta de los gráficos, uno para el control de las medidas de tendencia central (media) y otro para el control de variabilidad. Utiliza el rango(R) de los datos como medida de variabilidad del proceso. Es sencillo de calcular y es valido para muestras pequeñas (tamaño de muestra $n < 8$).

1. Elaborar el Plan de Muestreo (Tamaño de muestra, frecuencia de muestreo y número de muestra).

El tamaño de muestra “n” será pequeño (siendo 5 el tamaño más usual) y constante. La frecuencia de muestreo será tal que recoja los cambios en el proceso entre las muestras debidos a causas internas y, al mismo tiempo, permita detectar la aparición de causas externas. Las muestras deben recogerse con la frecuencia, y en los tiempos oportunos para que puedan reflejar dichas oportunidades de cambio (por ejemplo: frecuencias horarios, diarias, por turno, por lote de material, etc.). El número de muestras “n” deben satisfacer dos criterios, el primero que se recogerán muestras suficientes para cerciorarse de que las causas internas de variación tienen oportunidad para manifestarse y proporcionar una prueba satisfactoria de la estabilidad del proceso. A partir de un mínimo de 100 mediciones individuales, se obtiene esta garantía (25 muestras con $n = 4$ ó 20 muestras con $n = 5$).

2. Recoger los datos según plan establecido.

Las unidades de cada muestra serán recogidas de forma consecutiva para que ésta sea homogénea y representativa del momento de la toma de datos.

Se indican en hojas de recogida de datos todas las informaciones y circunstancias que sean relevantes en la toma de los mismos.

3. Calcular la media (\bar{X}) y el recorrido (R) para cada muestra.

$$\text{Cálculo de la media: } \bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

$$\text{Cálculo del recorrido: } R = (X_{\max} - X_{\min})$$

4. Calcular los Límites de Control para cada uno de los gráficos.

Para el gráfico " \bar{X} "

a) Calcular la media $\bar{\bar{X}}$ de los valores medios de las muestras (\bar{X}_i).

$$\bar{\bar{X}} = (\bar{X}_1 + \dots + \bar{X}_n) / N$$

\bar{X}_i = media obtenida para la muestra i

N = número de muestra

b) Para el recorrido medio (\bar{R})

$$\bar{R} = (R_1 + \dots + R_n) / N$$

R_i = recorrido de la muestra i

N = número de la muestra

c) Calcular el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$LCI = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

El valor A_2 se obtiene de la tabla de constantes.

Para el gráfico "R"

a) Calcular el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

El valor de D_4 y D_3 se obtiene de la tabla de constantes. El valor de D_3 para tamaño de muestra menores o iguales a 6 es cero, eso implica que el Límite de Control Inferior es cero.

5. Definir las escalas de los gráficos.

Se dibujaran dos gráficos uno para representar la medida de tendencia central (\bar{X}), y otro para representar la medida de variabilidad o dispersión (R). El eje horizontal representa, en ambos gráficos, el número de la muestra en el orden que han sido tomadas. El eje vertical del gráfico " \bar{X} " representa los valores de la media. La diferencia entre el valor máximo y el mínimo de la escala será por lo menos dos veces la diferencia entre el valor máximo y el

mínimo de \bar{X} . El eje vertical del gráfico “R” representa los valores del recorrido. Los valores de su escala irán desde cero hasta dos veces el valor máximo de “R”.

6. Representar en el gráfico la Línea Central y los Límite de Control.

Para el gráfico “ \bar{X} ”

Línea Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las \bar{X} , el valor de la media de las medias $\bar{\bar{X}}$. A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con $\bar{\bar{X}}$.

Límite de Control Superior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las \bar{X} , el valor de LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las \bar{X} , el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI.

Para el gráfico R.

Límite Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las R, el valor del recorrido medio \bar{R} . A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con \bar{R} .

Límite de Control Superior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las R, el valor del LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical correspondiente a las R, el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI.

Usualmente las líneas que representan los valores centrales \bar{X} y R se dibujan de color azul y las líneas correspondientes a los límites de control de color rojo.

7. Incluir los datos pertenecientes a las muestras en el gráfico.

Para el gráfico " \bar{X} " se representa cada muestra con un punto, buscando la intersección entre el número de la muestra (eje horizontal) y el valor de su media (eje vertical). Para el gráfico "R" se representará cada muestra con un punto, buscando la intersección entre el número de la muestra (eje horizontal) y el valor de su recorrido (eje vertical). Unir, en cada gráfico, los puntos por medio de trazos rectos.

8. Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control \bar{X} , R.

Se comprobará que todas las medias de las muestra utilizadas para la construcción del gráfico \bar{X} están dentro de su Límites de Control.

$$LCI < \bar{X} < LCS$$

Todos los recorridos de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico R están dentro de sus Límites de Control.

$$LCI < R < LCS$$

Si alguna de estas dos condiciones no se cumple para alguna de las muestras, esta deberá ser desechada para el cálculo de los Límites de Control. Se repetirán todos los cálculos realizados hasta el momento sin tener en cuenta la muestra o muestras anteriormente señaladas. Este proceso se repetirá hasta que todas las muestras utilizadas para el cálculo de los Límites de Control muestren un proceso dentro de control. Los Límites finalmente así obtenidos, son los definitivos que se utilizarán para la construcción de los gráficos de control.

3.4.3 Estudio simulado

El propósito es analizar la variabilidad del proceso mediante un gráfico de control que sea adecuado para esta situación, determinar si el proceso está bajo control estadístico tanto en media como en dispersión y si tiene capacidad de cumplir con las especificaciones.

Diseño del estudio

Equipo y material necesario

- Un pie de rey
- Cuarenta piezas redondas de acero de 3/8 pulgadas de diámetro y por 3 pulgadas de largo, cortadas con sierra de mano.
- Cuarenta arandelas de 3/8 “, compradas en una ferretería.

Tabla I Especificaciones de arandelas

Arandela	Diámetro Nominal 3/8 “ +/- 1/16”	Diámetro Int. Pulg. 0.091 “ 0.126.”	Espesor Pulg. 2.31” 3.20”
Pieza de Acero	Diámetro Nominal 3/8 “ +/- 1/16”	Largo Longitud 3” +/- 1/16 “	

Desarrollo

- Para iniciar la construcción del gráfico, definir la forma como se realizará el muestreo de las piezas, con el fin de agruparlas adecuadamente para el análisis.
- Especificar el método de medición para cada una de las variables.
- Medir las cuarenta piezas de 3/8” por 3” y apuntar su largo. Medir el diámetro exterior de las arandelas y apuntar los resultados.
- Para cada grupo calcular su promedio y su rango.
- Con los resultados obtenidos, construir un gráfico de rangos y uno de promedios para cada una de las variables de análisis.
- Realizar el análisis del gráfico efectuando tres pasos que son: análisis del proceso con respecto a sus capacidades, análisis de peculiaridades y análisis del proceso con respecto a especificaciones.
- El análisis del proceso con respecto a sus capacidades se hace en dos etapas que son análisis correctivo y análisis preventivo. En el análisis correctivo se identifican puntos fuera de límites y se eliminan. La razón de su eliminación es que su causa es asignable y por lo tanto se elimina. En el análisis preventivo se estudian las causas por las cuales

los puntos están fuera de límites. Si un análisis inicial muestra que no hay puntos fuera, ni tendencias ni peculiaridades se dice que este proceso está bajo control.

Contenido del reporte

- Describir los procedimientos de inspección
- Presentar en forma tabulada los resultados de sus mediciones, así como el promedio y el rango de cada grupo.
- Presentar los dos gráficos de \bar{X} y los cálculos de los límites de control.
- Presentar los dos gráficos de rangos y los cálculos de los límites de control
- Comparar los resultados de los gráficos de \bar{X} y de rangos para los dos tipos de artículos y discutir las diferencias que se encuentran y a que se deben.
- Analizar la capacidad del proceso a través de la información que dan los gráficos de control.

3.4.4 Hoja de trabajo

Ejercicio 1

Al someter a prueba la resistencia de relativa al esfuerzo de 100 puntos de soldadura de plata se obtuvieron los resultados que aparecen en la siguiente tabla. Haga la marcación de estas cifras y ordénelas en una distribución de frecuencia. Realice un histograma, polígono de frecuencia, polígono de frecuencia acumulada,

1.5	1.2	3.1	1.3
0.1	2.9	1.0	1.3
0.3	0.7	2.4	1.5
3.5	1.1	0.7	0.5
1.7	3.2	3.0	1.7
1.8	2.3	3.3	3.1
2.2	1.2	1.3	1.4
3.1	2.1	3.5	1.4
1.5	1.9	2.0	3.0
1.9	1.7	1.5	3.0
2.9	1.8	1.4	1.4
1.8	2.1	1.6	0.9
0.9	2.9	2.5	1.6
3.4	1.3	1.7	2.6
1.0	1.5	2.2	3.0
2.9	2.5	2.0	3.0
2.2	1.0	1.7	3.1
0.6	2.0	1.4	3.3
1.6	2.3	3.3	2.0
1.9	2.1	3.4	1.5
1.9	2.4	1.2	3.7
1.8	3.0	2.1	1.8
2.9	1.8	1.8	2.4
2.8	1.2	1.4	1.6
2.1	1.1	3.8	1.3

Límites	f	xi	fa	fr
0,10-0,57	3	0,335	3	0,03
0,58-1,05	8	0,815	11	0,08
1,06-1,53	23	1,295	34	0,23
1,54-2,01	24	1,775	58	0,24
2,02-2,49	13	2,255	71	0,13
2,50-2,97	9	2,735	80	0,09
2,98-3,45	16	3,215	96	0,16
3,46-3,93	4	3,695	100	0,04

Figura 1. Histograma del Ejercicio 1

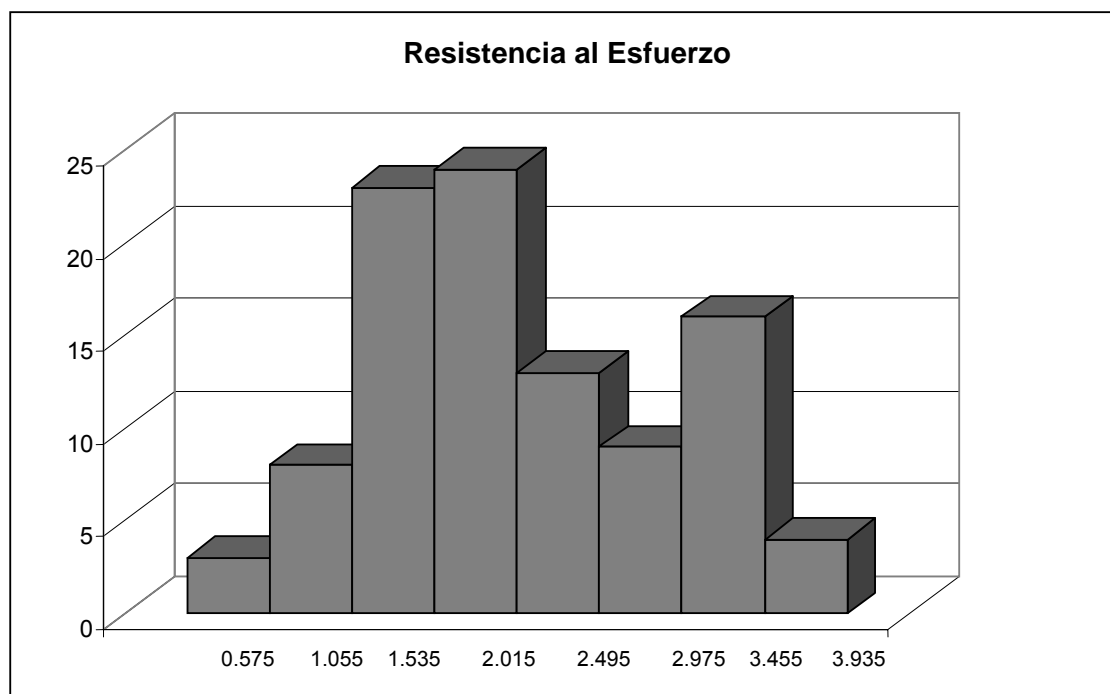


Figura 2. Polígono de Frecuencia

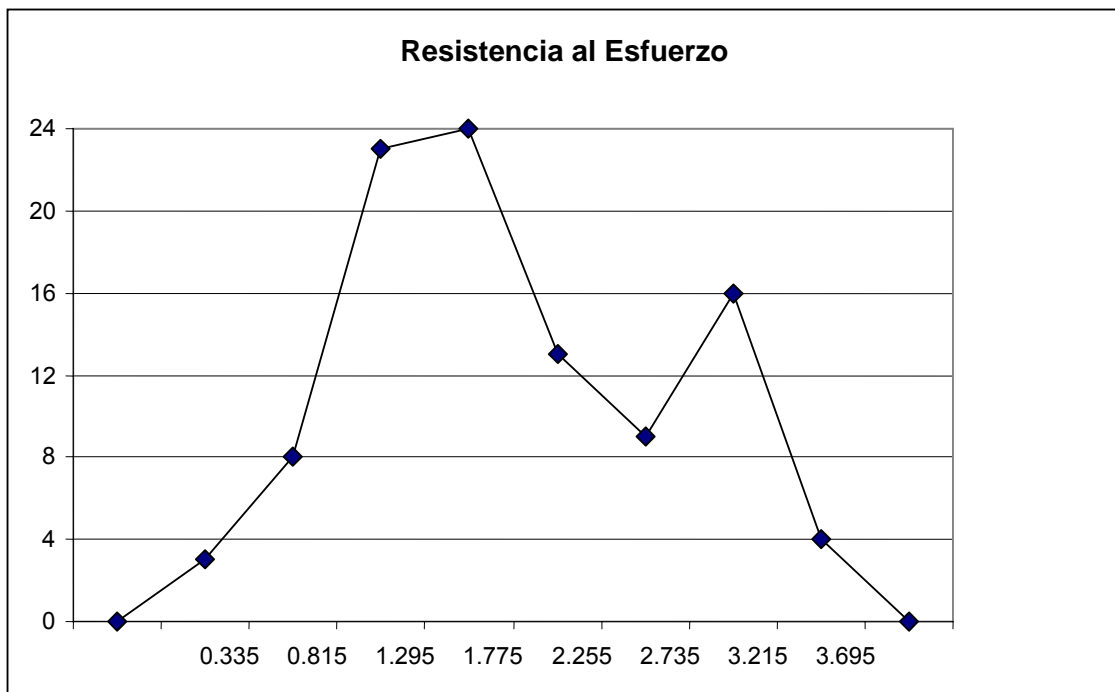
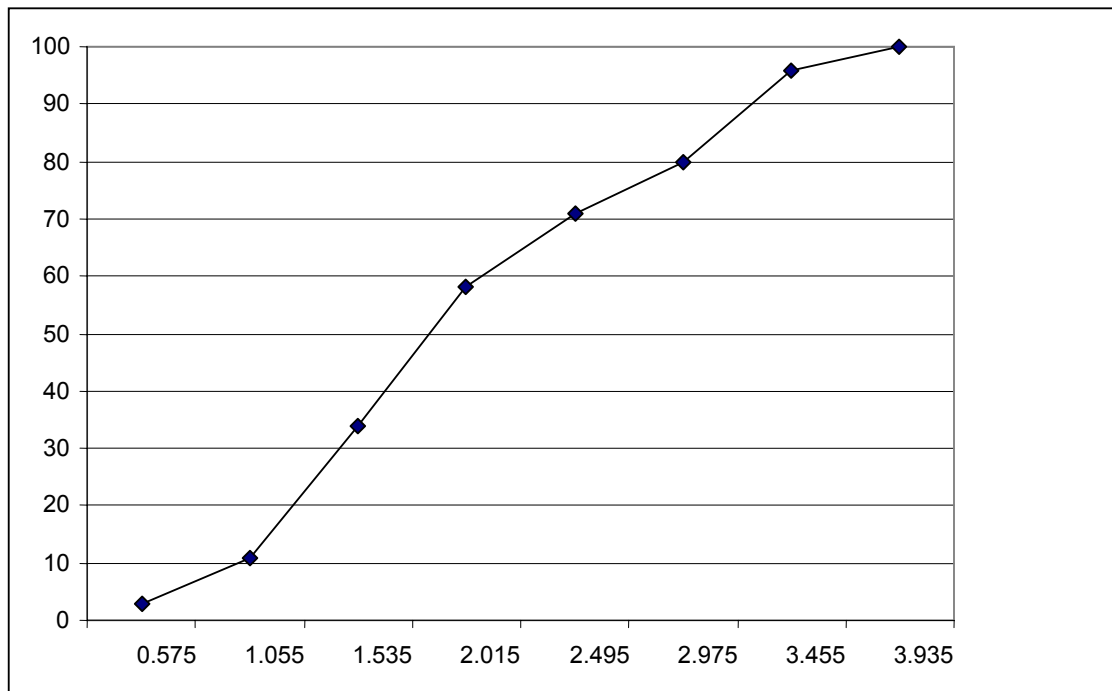


Figura 3. Polígono de Frecuencia Acumuladas



Ejercicio 2

Se mide el tiempo requerido para preparar un paquete de tamaño estándar para su embarque. Estos tiempos aparecen en la tabla. Construya un histograma para gráficamente mostrar los datos. Que recomendaciones de mejora daría usted al líder de la sección, con base en sus determinaciones.

Empacador	Tiempo (minutos)	Empacador	Tiempo (minutos)
1	15	21	10
2	10	22	11
3	11	23	16
4	13	24	10
5	12	25	9
6	14	26	14
7	17	27	14
8	13	28	15
9	16	29	12
10	9	30	18
11	11	31	16
12	14	32	14
13	11	33	17
14	14	34	12
15	11	35	16
16	14	36	17
17	13	37	13
18	12	38	18
19	17	39	14
20	15	40	16

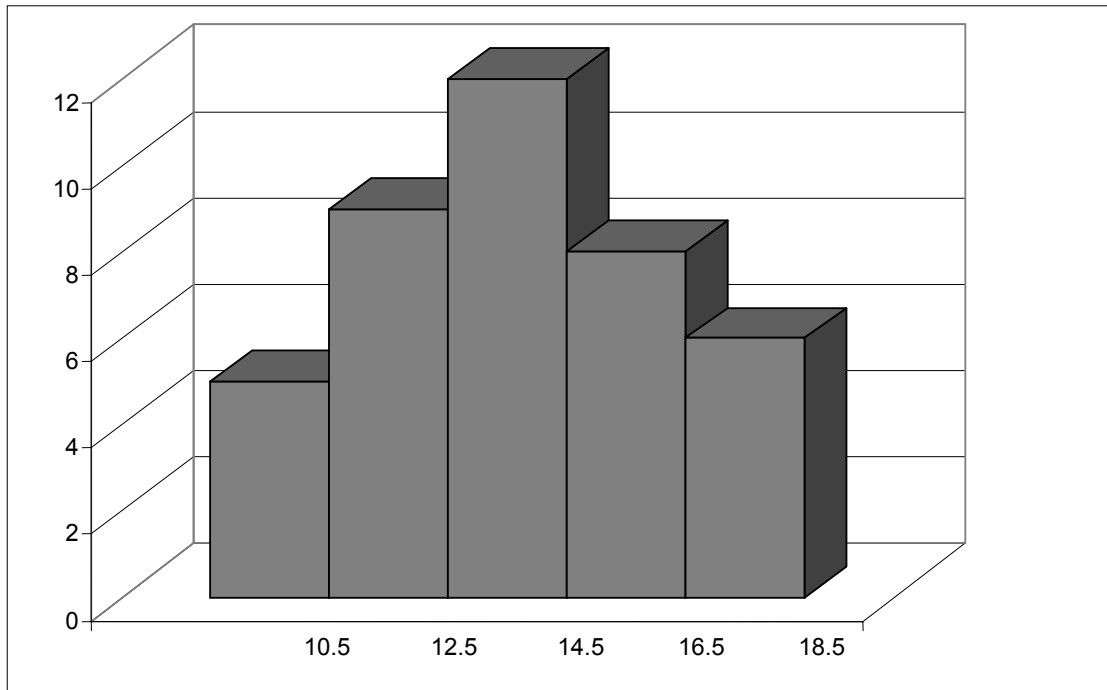
Intervalo= 18-9=9

$K=1+3.33 \log (40) = 6.3348597$

Rango= 2

Límites	f
9-10	5
11-12	9
13-14	12
15-16	8
17-18	6

Figura 4. Histograma del Ejercicio 2



Para poder mejorar el proceso de empaque, se recomienda determinar el tiempo estándar de la operación y comparar con la media de los datos observados, los resultados obtenidos por medio del histograma indican que los datos tienen una distribución simétrica pero una variación de 9 minutos es muy

alta para realizar una tarea, determinar que operaciones son necesarias y cuales no y cuales retrasan la actividad al ser las más variables, para poder reducir los tiempos y la estación de trabajo si cuenta con todos los elementos necesarios para realizar el proceso de empaque.

Ejercicio 3

Tenemos la siguiente información sobre el gasto semanal en ocio de un grupo de estudiantes universitarios

Nivel de gasto Quetzales	Número de Jóvenes
0-5	4
5-10	11
10-15	16
15-20	22
20-35	8
35-40	6

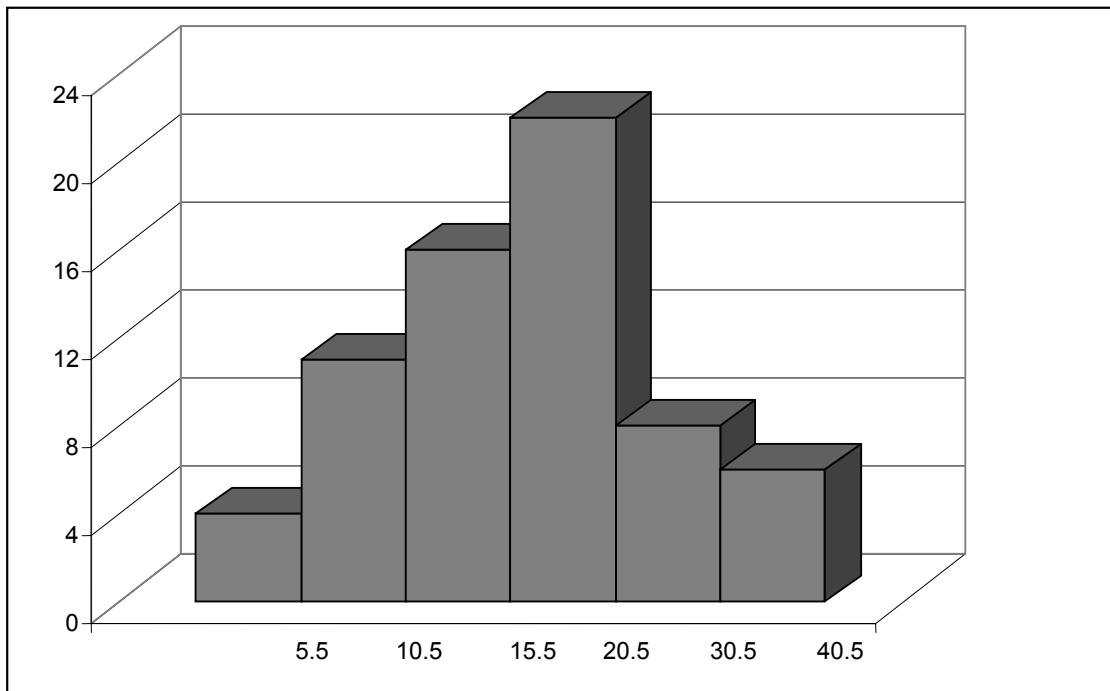
a) Dibuje el histograma

b) ¿Qué proporción de jóvenes gastan en ocio más de Q 20.00 semanales?

La proporción de jóvenes que mas de Q20.00 semanales es del 20%

a)

Figura 5. Histograma del Ejercicio 3



3.4.5 Proyecto

Visite una empresa (un taller, una pastelería, una fábrica) para determinar que tipo de mediciones realizan, que instrumentos utilizan, cómo usan los datos, que análisis estadísticos elaboran y cómo garantizan la

precisión e exactitud de sus instrumentos y medidores. Elabore un informe de sus hallazgos.

3.4.6 Caso de estudio

Se sabe que una cierta dimensión de una caja de plástico moldeado provoca problemas en el ensamble final. Esta dimensión tiene una especificación de 53 ± 0.8 milímetros.

La operación de ensamble es tal que las cajas de menor medida no se ensamblan y de esta manera puede separarse en la estación de ensamble. Se ha estimado que el costo de cada proceso de clasificación es de Q0.12 por cada caja de menor medida que llega al área de ensamble (tiempo perdido, manejo extra, etc.), el valor de rescate de una caja de menor media es de Q0.05.

Si una caja de sobre media llega al área de ensamble, no puede descubrirla el ensamblador, sin embargo el ensamble resultante será rechazado en la prueba final, el costo de producción de un ensamble es de Q6.53, el costo del desensamble es de Q0.75 y el valor de rescate de los componentes incluida la caja es Q2.43.

Se ha determinado que si las cajas se inspeccionan antes de ser ensambladas se podrá descubrir el 90% de las piezas defectuosas (menor medida y sobre media). El costo de una caja en este punto es Q0.35 debido a

que las cajas no pueden reprocesarse, las que resulten defectuosas deberán desecharse con un valor de rescate de Q0.05 por cada caja.

Un inspector con un costo horario de Q10 por hora puede inspeccionar aproximadamente 200 cajas por hora.

Se sabe que la variación de la dimensión problema de la caja es el resultado de una mala configuración del núcleo deslizante durante el moldeo, experiencias recientes con un mecanismo del núcleo revisado en una parte similar indican que puede obtenerse una variación de + 0.6 milímetros a partir de la media para el proceso, pero el costo estimado para la modificación del molde es de Q4700.00 y el tiempo no es problema.

Los requerimientos del ensamble para la producción remanente son 100.000 unidades que cumplan con las especificaciones.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos con una verificación diaria de la dimensión problema, obtenidos en muestras de tamaño 5 durante las últimas dos semanas, esta distribución parece seguir una distribución normal.

Se han considerado tres cursos alternativos de acción:

1. Correr la producción con el molde en las condiciones en que se encuentra y descubrir las piezas defectuosas en el ensamble y la prueba final.
2. Rectificar la configuración del molde.
3. Correr la producción con el molde en las condiciones en que se encuentra y realizar una inspección al 100% antes del ensamble.

Su equipo de trabajo que curso de acción puede recomendar. Si considera que existe otra posible solución inclúyala en su trabajo.

Grupo	Media	Rango
1	52.4	0.4
2	53.0	0.8
3	52.8	0.8
4	53.0	0.6
5	52.6	1.0
6	52.8	1.4
7	52.8	0.6
8	53.0	0.4
9	52.6	0.6
10	52.8	1.2

3.5 Criterios de evaluación

Los informes de los trabajos realizados deben explicar con detalle el propósito de los análisis, todas las actividades realizadas, los cálculos realizados y sintetizar los resultados o hallazgos obtenidos, finalmente comentarios particulares de cada grupo de trabajo.

3.6 Marco Conceptual Gráficas para el control de variables

Los gráficos de control por variables miden las características de calidad de un producto, son más económicas para efectuar el control de calidad que las gráficas de control por atributos, porque el tamaño de la muestra es menor para los gráficos por variables que para los gráficos por atributos y además un gráfico por variables ayuda a localizar donde se encuentra la falla del proceso. Si la producción de un proceso forma una distribución de frecuencias normal, esta distribución será descrita completamente por su media y su desviación estándar. Aun si la distribución de frecuencias no es normal, la media y la desviación estándar constituyen importantes medidas de la misma. Si ocurren cambios significativos en la media o en la desviación estándar, esto indica cambios significativos en el proceso o, lo que es lo mismo la presencia de causas asignables de variación en el proceso.

Este tipo de gráficos se utiliza cuando la característica de calidad a medir se puede expresar numéricamente. Por ejemplo, puede ser la dimensión de una pieza, el peso de un material o el porcentaje de determinada sustancia en el producto. A esta característica de calidad mensurable se le denomina variable. Por lo general este tipo de diagramas de control son más eficientes y brindan más información que los gráficos de control por atributos.

De esta característica de calidad, ya que es una variable, se tratará de controlar el promedio de la misma y su variabilidad. Para controlar el promedio o valor medio de la variable se utiliza el diagrama de control de medias o gráfico de medias. Para controlar la variabilidad de la misma se pueden considerar dos diagramas, dependiendo de la exactitud (y por ende la complejidad) que se desee del gráfico. Es posible utilizar un diagrama de control de la desviación estándar, llamado gráfico S, o un diagrama de control de rangos o gráfico R. Por lo general, se prefiere utilizar el diagrama de control de rangos por su simplicidad, conjuntamente con el diagrama de control de medias.

3.6.1 Objetivo de las gráficas para control de variables

Las gráficas para controlar variables proporcionan la siguiente información:

1. Mejorar la calidad. El contar con una gráfica de control de variables solo porque es indicativo de que existe un programa de control de calidad es un error. Las gráficas de control son una técnica excelente para lograr mejorar la calidad.
2. Definir la capacidad del proceso. La verdadera capacidad de un proceso se logra solo después de alcanzar una profunda mejora de la calidad. Durante el ciclo del mejoramiento de la calidad, la gráfica de control indicara que ya no es posible mejorar más si no se está dispuesto a hacer un fuerte desembolso de dinero. Es en este momento cuando se ha conseguido la verdadera capacidad de proceso.
3. Tomar decisiones relativas a las especificaciones del producto. Una vez que se obtiene la verdadera capacidad del proceso, ya se puede calcular las especificaciones efectivas correspondientes.
4. Tomar decisiones relacionadas con el proceso de la producción. Es decir la gráfica de control sirve para saber si se trata de un patrón natural de variación, y por lo tanto, no hay nada que hacerle al proceso, o si se trata de un patrón no natural en cuyo caso habrá que emprender acciones para detectar y eliminar las causas de la perturbación.

3.6.2 Técnicas empleadas en las gráficas de control

Para configurar el par de gráficas de control correspondientes a la media \bar{X} y R es recomendable utilizar un procedimiento bien definido. Los pasos que deberán comprender tal procedimiento son los siguientes:

1. Defina cual será la característica de la calidad.
2. Escoja el subgrupo racional.
3. Reúna los datos necesarios.
4. Calcule la línea central de ensayo y los límites de control.
5. Defina la línea central revisada y los límites de control.
6. Logre el objetivo

3.6.2.1 Definir las características de la calidad

La variable que se elija para figurar en las gráficas \bar{X} y R deberá ser una característica de la calidad medible y expresable mediante números. Las características idóneas son aquellas que se pueden expresar en función de las siete unidades básicas: longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, sustancia o intensidad luminosa, así como mediante unidades derivadas: poder, velocidad, fuerza, energía, densidad y presión.

Se debe otorgar prioridad a aquellas características de la calidad que influyen en la eficiencia del producto .tales características son a veces función de materias primas, componentes, partes del equipo o partes terminadas. En otras palabras, hay que otorgar la máxima prioridad a aquellas características que están causando problemas en cuanto a producción o costo se refiere.

En toda planta de fabricación son numerosas las variables que intervienen para la realización de un producto. Sería prácticamente imposible elaborar gráficas \bar{X} y R por cada una de ellas, por lo que hay que optar por escoger con buen juicio solo alguna de todas las variables.

3.6.2.2 Selección del grupo racional

Un subgrupo racional es aquel en el que la variación en la que se produce dentro del grupo mismo se debe a causas fortuitas. Tal variación en el interior del subgrupo sirve para calcular los límites de control. La variación entre un subgrupo y otro sirve para evaluar la estabilidad a largo plazo. Hay dos maneras de escoger las muestras del subgrupo.

La primera forma consiste en escoger muestras del subgrupo tomando aquel producto que se obtiene en un momento de tiempo definido, o lo más próximo a este momento.

El segundo método consiste en seleccionar un producto obtenido durante un lapso determinado, considerado como representativo del producto en si.

3.6.3 Elaboración de gráfico de media y rango

Consiste en reunir los datos. Se puede comisionar a un técnico para que se encargue de reunir los datos, como parte de sus tareas normales. El técnico deberá entregar resultado de sus informes al supervisor. Es necesario reunir un mínimo de 25 subgrupos de datos. Una cantidad menor no ofrecería la cantidad necesaria de datos que permita el cálculo exacto de los límites de control, una

cantidad mayor demoraría la obtención de la gráfica de control. Ahora calcule los límites de control de ensayo por medio de las siguientes fórmulas:

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

Donde:

$\bar{\bar{X}}$ = promedio de los promedios del subgrupo

\bar{X}_i = promedio del subgrupo i

K= cantidad de subgrupos

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

\bar{R} = promedio de los rangos de los subgrupos

R_i = rango del subgrupo i

Luego se procede a calcular los Límites de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Límite Central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

El valor de A_2 se obtiene de la tabla de constantes.

Para el gráfico de rangos se procede también a calcular los Límites de Control Superior y Límite de Control Inferior.

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Límite Central} = \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

El valor de D_4 y D_3 se obtienen de la tabla de constantes el valor de D_3 para tamaño de muestras menores o iguales a seis es cero, eso implica que el Límite de Control Inferior es cero.

3.6.3.1 Proceso bajo control

Una vez eliminadas las causas atribuibles del proceso, al grado de que los puntos graficados en la gráfica de control permanecen dentro de los límites de control, se concluye que el proceso está en estado de control. Ya no se puede alcanzar mayor grado de uniformidad en el proceso existente. Sin embargo se puede lograr mayor uniformidad mediante una modificación del proceso básico a través de ideas para el mejoramiento de la calidad. Cuando un proceso está bajo control, se produce un patrón natural de variación. En este patrón natural de variación el 34 % de los puntos graficados están dentro de una banda imaginaria de ancho de una desviación estándar a ambos lados de la línea central; aproximadamente 13.5 % de los puntos graficados dentro de una banda imaginaria situada entre una o dos desviaciones estándar a ambos lados de la línea central; y aproximadamente 2.5 % de los puntos graficados dentro de una banda imaginaria entre dos y tres desviaciones estándar a ambos lados de la línea central. Los puntos se ubican hacia atrás y hacia adelante, a través de la

línea central, de manera aleatoria, sin que hay puntos que rebasen los límites de control. El patrón natural de los puntos o valores del subgrupo forma su propia distribución de frecuencia. Si todos los puntos se concentraran en un de los extremos formaría una curva normal. Por lo general los límites de control se definen a tres desviaciones estándar a partir de la línea central. Sirven como base para evaluar si existen pruebas de una falla de control. El escoger los límites de 3σ es por motivos económicos, con relación a dos tipos de errores que se pueden producir. Uno de estos, que se llama Tipo I, se produce cuando los esfuerzos se concentran en buscar una causa atribuible de la variación, cuando en realidad lo que existe es una causa aleatoria. Si los límites se fijan a tres desviaciones estándar, se producirá un error Tipo II el 0.27 % de las veces (3 en 1000). En otras palabras, si un punto queda fuera de los límites de control, se supondrá que es debido a una causa atribuible, incluso si se debe a una causa fortuita en 0.27 % de las veces. El otro tipo de error, denominado Tipo II, se produce al suponer que una causa fortuita de variación es la responsable, cuando en realidad la que la produce es una causa asignable. En otras palabras, cuando un punto se encuentra dentro de los límites de control, se supone que se debe a una causa fortuita si bien puede deberse a una causa atribuible.

Un proceso bajo control, solo estarán presentes las causas aleatorias de la variación. Las pequeñas variaciones que siempre están presentes en el desempeño de máquinas y operarios y en las características de los materiales se deberán considerar como parte de los procesos estables. Si un proceso este bajo control, hay ciertas ventajas prácticas que acrecentaran el interés por parte del productor y el consumidor.

1. Cada una de las unidades del producto serán mas uniformes, o, dicho de otra forma habarán menos variación.

2. Dado que el producto es más uniforme, se necesitan menos muestras para evaluar la calidad. Gracias a esto es posible disminuir al mínimo el costo por inspección. Esta ventaja es muy importante cuando no es determinante el cumplimiento en un 100 % de las especificaciones.
3. La capacidad del proceso se alcanza fácilmente a partir de 6σ . Al contar con un conocimiento de la capacidad del proceso es posible adoptar diversas decisiones confiables relativas a las especificaciones.

3.6.3.2 Proceso fuera de control

Por lo general se piensa que un proceso que esta fuera de control es indeseable; sin embargo hay ocasiones en las que se es deseable que así sea. Es mejor pensar en el término fuera de control como un cambio en el proceso debido a una causa atribuible.

Cuando un punto cae fuera de sus límites de control, el proceso se encuentra fuera de control. Significa que existe una causa de variación atribuible. Otra forma de ver el punto que esta fuera de control es considerar que el valor del subgrupo proviene de otra población distinta de la cual se obtuvieron los límites de control.

Se considera que el procedimiento analítico se encuentra fuera de control, o que ha cambiado significativamente, cuando hay:

Un punto más allá de la zona de control: se estima que la probabilidad de que pase esto es suficientemente baja (de hecho es inferior al 0.3%) como para sospechar que el sistema está fuera de control.

Dos de tres puntos consecutivos en la zona de control: similar al caso anterior, ya que la probabilidad de que esto suceda es inferior al 0.0625%.

Seis puntos consecutivos en línea ascendente o descendente: se considera que el sistema sigue una tendencia no aleatoria.

Nueve puntos consecutivos a un lado de la línea central (ya sea por encima de ella o por debajo): este caso suele constituir un desplazamiento del promedio o del valor central, generalmente debido a un cambio significativo en el sistema.

Catorce puntos consecutivos alternando arriba o abajo: fenómeno cíclico o series temporales.

Quince puntos consecutivos en la zona de control: esto implica una mejora de la precisión y una menor desviación estándar asociada. Se tendrían que volver a recalcular los límites de aviso y de control.

Cuatro de cinco puntos consecutivos en la zona de aviso o más allá.

Ocho puntos consecutivos por encima y por debajo de la zona de control: Dos poblaciones diferentes.

3.6.3.3 Análisis de una condición fuera de control

Si un proceso esta fuera de control, deberá determinarse la causa responsable de tal condición. La labor de detección necesaria para localizar la causa de la condición fuera de control se simplifica si se conocen los tipos de

patrones fuera de control y sus causas atribuibles. Entre los tipos fuera de control de los patrones de \bar{X} y R figuran:

- a) Cambio o salto de nivel: Este tipo se refiere a un cambio repentino de nivel en la gráfica \bar{X} o en la gráfica R, o en ambos. En el caso de una gráfica \bar{X} , el cambio en el promedio del proceso posiblemente se deba a una modificación intencional o no de la configuración del proceso, un operario nuevo o sin experiencia, una materia prima distinta, o, una pequeña avería en una pieza de una máquina.

Algunas de las causas responsables de un cambio repentino en el alcance del proceso o la variabilidad, tal como lo muestra la gráfica R son: La falta de experiencia en el operario, el repentino aumento en el juego de transmisión, y la mayor variación en el material de entrada.

Los cambios repentinos de nivel se pueden producir en las gráficas \bar{X} y R. Esta situación es muy común durante el inicio de la actividad de la gráfica de control, antes que se alcance el estado de control.

- b) Tendencia o cambio constante de nivel: Los cambios permanentes de nivel en la gráfica de control es un fenómeno muy común en la industria. Algunas causas de cambios progresivos continuos son el desgaste de herramientas, el deterioro gradual del tiempo, la alteración de la viscosidad, en el caso de procesos químicos, la acumulación de virutas en los dispositivos para sujeción. Un cambio constante de nivel o una tendencia a este en el caso de la gráfica R no se producen con tanta frecuencia como en el caso de la gráfica \bar{X} . Sin embargo, hay veces que si se presentan y las posibles causas son: una mejora en las

habilidades del trabajador, o una disminución en la habilidad del trabajador por fatiga, aburrimiento, falta de atención.

- c) Ciclos recurrentes: Cuando los puntos de las gráficas \bar{X} y R muestran una onda o periodicidad en la presentación de puntos altos y bajos, se dice que existe un ciclo. En el caso de una gráfica \bar{X} , algunas de las causas de los ciclos recurrentes son: Los efectos de las estaciones en el material de entrada, efectos recurrentes de la temperatura y la humedad, todo suceso químico, mecánico o psicológico que se produzca diaria o semanalmente.
- d) Dos poblaciones: Cuando son muchos los puntos que están cerca o fuera de los límites de control, existen una situación en donde hay dos poblaciones. En el caso de una gráfica de \bar{X} , las causas del patrón fuera de control pueden ser
- Grandes diferencias en la calidad del material.
 - Dos o más máquinas en una misma gráfica.
 - Grandes diferencias en el método o equipo de prueba.

3.6.4 Estimación de la capacidad de los procesos

La capacidad real de un proceso no se puede calcular sino hasta que las gráficas \bar{X} y R han logrado obtener la mejora óptima de la calidad sin necesidad de hacer una considerable inversión en equipo nuevo o en adaptación de éste. La capacidad del proceso es igual a 6σ cuando el proceso está bajo control estadístico. Con frecuencia es necesario obtener la

capacidad del proceso mediante un procedimiento rápido, en vez de usar las gráficas \bar{X} y R. emplear este tipo de método se da por sentado que el proceso está bajo control estadístico, lo que puede o no ser el caso en realidad. El procedimiento es el siguiente:

1. Tome 20 subgrupos, cada uno de tamaño 4, con un total de 80 mediciones.
2. Calcule la desviación estándar de la muestra, S, de cada uno de los subgrupos.
3. Calcule la desviación estándar promedio de las muestras, $\bar{s} = \sum s / 20$.
4. Calcule la desviación estándar de la población.

$$\sigma = \frac{\bar{s}}{c_4}$$

Donde C4 se localiza en la tabla de constantes.

5. La capacidad del proceso será igual a 6σ

Mediante esta técnica no se obtiene la capacidad real del proceso, por lo que habrá que recurrir a ella solo si las circunstancias justifican su empleo. Por otra parte, es posible que más de 20 subgrupos para lograr mayor exactitud.

La capacidad del proceso también se puede obtener mediante el rango. Se supone que existe un control estadístico del proceso. El procedimiento es el siguiente:

1. Tome 20 subgrupos, cada uno de tamaño 4, y un total de 80 mediciones.
2. Calcule el campo de valores, R, de cada subgrupo.
3. Calcule el rango promedio, $\bar{R} = \sum R / 20$.
4. Calcule el valor de la desviación estándar de la población.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Donde d_2 se obtiene de la tabla de constantes.

5. La capacidad del proceso será igual a 6σ

La capacidad del proceso y la tolerancia se combina para formar un índice de capacidad, el cual se define de la manera siguiente:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Cp = índice de capacidad

$USL - LSL$ = especificación superior-especificación inferior

6σ = capacidad del proceso

Tabla II. Índices del estudio de la capacidad del proceso

ICP	Decisión
1.33<ICP<2.22	Más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad. Posee capacidad de diseño.
1<ICP<1.33	Adecuado para lo que fue diseñado. Requiere control estrecho si se acerca al valor de 1.
0.67<ICP<1	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial. Requiere monitoreo constante.
ICP<0.67	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial.

3.6.5 Elaboración de gráfico de media y desviación estándar

Cuando con una carta \bar{X} -R se quiere tener mayor potencia para detectar cambios pequeños en el proceso, se incrementa el tamaño de subgrupo, n . pero si $n > 10$, la carta de rangos ya no es una carta eficiente para tales propósitos, en estos casos se recomienda utilizar la carta \bar{X} -S en lugar de la carta R. De esta forma si se decide utilizar la carta \bar{X} -S entonces a cada subgrupo de productos se le calcula su media, \bar{X} , y su desviación estándar, S; y con la carta \bar{X} se analizara el comportamiento de las medias para detectar cambios en la tendencia central del proceso, y en la carta S se graficarán las desviaciones estándar de los subgrupos para detectar cambios en la amplitud de la dispersión del proceso. Estos límites se determinan a partir de la media y la desviación estándar de S.

Luego se procede a calcular los Límites de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$$

$$\text{Límite Central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$$

$$LCS = B_4 \bar{S}$$

$$\text{Límite Central} = \bar{S}$$

$$LCI = B_3 \bar{S}$$

El valor de A_3 B_3 B_4 se obtiene de la tabla de constantes.

3.6.6 Gráfico para valores individuales

La carta de individuales es un diagrama para variables de tipo continuo que se podría ver como un caso particular de la carta \bar{X} -R, cuando el tamaño de muestra $n = 1$.

Existen muchos procesos o situaciones donde no tiene sentido práctico agrupar medidas para formar una muestra o subgrupo y poder instrumentar una carta \bar{X} -R, por lo que la mejor alternativa para controlar estos procesos mediante una carta de control es usar un tamaño de muestra $n = 1$. Ejemplos de estas situaciones son los siguientes:

- a) Proceso muy lentos, en los que resulta inconveniente esperar otra medición para analizar el desempeño del proceso, como sería el caso de procesos químicos que trabajan por lotes, o los resultados de procesos administrativos en donde se hacen reportes por día o por semana.
- b) Procesos en los que las mediciones cercanas sólo difieren por el error de medición. Por ejemplo, temperaturas.

- c) Se inspecciona de manera automática todas las unidades producidas.
- d) Resulta costoso inspeccionar y medir más de un artículo.

En estos casos la mejor alternativa es usar una carta de individuales, donde cada medición particular de la característica de calidad que se obtiene se registra en una carta. Para estimar la variabilidad de estas mediciones se acostumbra usar el rango móvil de dos observaciones consecutivas, por lo que, al graficar estos rangos, se obtiene una carta de rangos móviles. Aspectos como el consumo de agua o energía también pueden evaluarse con este tipo de cartas.

Los límites de control se obtienen igual que el gráfico R, pero las constantes D_3 y D_4 siempre se determinan considerando el tamaño de muestra n . De esta manera, los límites de control son:

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

Para analizar el comportamiento de la tendencia central se usa un gráfico para valores individuales. Partiendo de la expresión general para los límites de una carta de control, estimando la media con la media muestral y la desviación estándar con el promedio de los rangos, se tiene que los límites de un gráfico para valores individuales están dados por:

$$LCS = \bar{X} + 3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)$$

$$LCI = \bar{X} - 3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)$$

Las gráficas de control son útiles para estudiar la variabilidad a través del tiempo. La importancia de este hecho se puede resaltar una vez más, al señalar que para mejorar procesos se requieren de ciertas actividades:

- Lograr estabilizar los procesos (lograr control estadístico), mediante la identificación y eliminación de causas asignables.
- Identificar las causas comunes y especiales de variación.
- Mejorar el proceso mismo, reduciendo la variación debida a causas comunes y

Monitorear el proceso para asegurar que las mejoras se mantienen y para detectar oportunidades adicionales de mejora.

4. CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD: GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

4.1 Descripción de la práctica

En ocasiones una línea de producción tiene dificultades con dos o más características de calidad, las cuales pueden o no ser llevadas a una escala de medición. Un gráfico de control por atributos permite el control de varias características a la vez calificando la calidad de las piezas como conformes o disconformes al compararlas con las especificaciones de producción previamente establecidas. Estos gráficos tienen un costo de inspección por unidad más bajo que los gráficos para variables. Sin embargo, requiere de una excelente organización de la inspección y de la información recolectada, para que se puedan ejercer acciones preventivas. Esta organización de la inspección, entre otras cosas, debe considerar una estandarización de criterios de aceptación o rechazo y un conjunto de procedimientos para que la información recolectada, referente a momento y lugar de inspección, permita investigar causas asignables de variación, las cuales no son tan evidentes como en los gráficos para variables, pues en estos se analizan varias características a la vez.

En esta práctica los estudiantes se enfrentarán a las situaciones en que deban decidir sobre los aspectos antes señalados y se formarán un criterio sobre la importancia que tiene cada uno de ellos. Sobre la base de estas conclusiones planificarán el control utilizando gráficos por atributos.

4.2 Objetivo

- Calcular los límites de control que corresponden a los gráficos por atributos.
- Interpretarán el nivel promedio del proceso para inferir sobre la capacidad del mismo.
- Utilizarán los gráficos por atributos como herramienta para el control.
- Organizarán la inspección de los productos, previo a la construcción de los gráficos, considerando la estandarización de criterios de aceptación o rechazo y el conjunto de procedimientos recolectar la información, momento y lugar de inspección, tamaño de muestra, etc.

4.3 Metodología

- Hojas de trabajo
- Talleres
- Procesos simulados

4.4 Actividades de Aprendizaje

Integrar grupos de tres a cinco personas. Los equipos así formados estudiarán la información recolectada para cada uno de los casos y generarán una discusión sobre la forma de organizar las actividades para recolectar la información necesaria para la construcción de los gráficos por atributos. Seleccionada la metodología se procederá recolectar los datos, construir los gráficos y a hacer el análisis correspondiente. Se exige la participación activa de todos los integrantes del grupo para ofrecer una experiencia exitosa de aprendizaje.

Se planifica una práctica para conocer la función de las gráficas para la proporción de defectuosos y de la gráfica número de defectuosos. Y otra práctica para identificar la gráfica para número de defectos y la gráfica para número de defectos por unidad.

4.4.1 Procedimiento para elaboración de gráfico p

El procedimiento general para obtener gráficas de control por atributos p.

1. El primer paso del procedimiento consiste en definir para que se utilizará la gráfica de control. Una gráfica p puede servir para controlar la proporción de no conformidad de una sola característica de la calidad, un grupo de características de la calidad, solo una parte de ellas, un producto completo, o una cantidad determinada de productos. Lo anterior permitirá definir la jerarquía de uso, de manera que todas las inspecciones aplicables a una sola característica de la calidad proporcionen también datos de utilidad en otras gráficas p, en donde intervienen grupos de características, parte o productos.

La gráfica p también sirve para controlar un desempeño de un operario, un centro laboral, un departamento, un turno, una planta, una empresa. El uso de la gráfica en estos casos permitirá comparar entre si unidades similares. También, permitirá evaluar el desempeño en cuanto a calidad de una unidad.

Como hay una jerarquía de uso, los datos obtenidos para una gráfica también se pueden emplear para obtener una gráfica global.

2. Calcular el tamaño del subgrupo y el método que se va a emplear, el tamaño del subgrupo dependerá la proporción de no conformidad. Si una parte tiene una proporción de no conformidad, p , de 0.001 y un tamaño de subgrupo, n , de 1000, entonces el número promedio de no conformidad, np , será de uno por subgrupo. En este caso no se podrá obtener una buena gráfica, ya que una buena cantidad de valores, representados en la gráfica, sería cero.

Por lo tanto, antes que se defina el tamaño del subgrupo habrá que efectuar algunas observaciones preliminares a fin de darse una idea aproximada de la proporción de no conformidad, así como evaluar la cantidad promedio de unidades no conformes mediante las que se podrá obtener una buena representación gráfica. Como punto de partida se sugiere utilizar un tamaño mínimo de subgrupo 50. Las auditorías son hechas por lo regular en un laboratorio, la inspección directamente en la línea de producción proporciona retroalimentación inmediata para acciones correctivas.

3. Recopilar los datos suficientes para formar por lo menos 25 subgrupos; los datos pueden obtenerse de los registros históricos. La proporción de no conformidad de cada subgrupo se calcula mediante la fórmula $p = \frac{np}{n}$.

4. Calcular la línea central los límites de control de ensayo. La fórmula para calcular los límites de control de ensayo es la siguiente:

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

\bar{p} = proporción promedio de no conformidad

n = cantidad inspeccionada

La proporción promedio de no conformidad, \bar{p} , es la línea central y se obtiene a partir de la fórmula $\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$. El cálculo del límite de control inferior si da un resultado menor que cero, que no es sino un resultado teórico, es imposible que una proporción de no conformidad sea menor que cero, por lo tanto, el valor del límite de control inferior se cambia a cero.

5. Definir las escalas del gráfico

El eje horizontal representa el número de la muestra en el orden en que ha sido tomada. El eje vertical representa los valores de la fracción de unidades no conformes "p".

La escala de este eje irá desde cero hasta dos veces la fracción de unidades no conformes máxima.

6. Representar en el gráfico la Línea Central y los Límites de Control

Línea Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "p", el valor de la fracción media de unidades no conformes p. A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con LCC.

Línea de Control Superior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "p", el valor de LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "p", el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI.

Usualmente la línea que representa el valor central p se dibuja de color azul y las líneas correspondientes a los límites de control de color rojo. Cuando LCI es cero, no se suele representar en el gráfico.

7. Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control "p"

Se comprobará que todos los valores de la fracción de unidades no conformes de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico correspondiente están dentro de sus Límites de Control.

$$LCI < p < LCS$$

Si esta condición no se cumple para alguna muestra, esta deberá ser desechada para el cálculo de los Límites de Control. Se repetirán todos los cálculos realizados hasta el momento, sin tener en cuenta los valores de las muestras anteriormente señaladas.

4.4.2 Procedimiento para elaboración de gráfico np

1. Elaborar el plan de muestreo (Tamaño de muestra, frecuencia de muestreo y número de muestras)

Los Gráficos de Control por Atributos requieren generalmente tamaños de muestras grandes para poder detectar cambios en los resultados. Para que el gráfico pueda mostrar pautas analizables, el tamaño de muestra, será lo suficientemente grande (entre 50 y 200 unidades e incluso superior) para tener varias unidades no conformes por muestra de forma que puedan evidenciarse cambios significativamente favorables (por ejemplo, aparición de muestras con cero unidades no conformes). El tamaño de muestra será constante.

La frecuencia de muestreo será la adecuada para detectar rápidamente los cambios y permitir una realimentación eficaz.

El periodo de recogida de muestras debe ser lo suficientemente largo como para recoger todas las posibles causas internas de variación del proceso.

Se recogerán al menos 20 muestras para proporcionar una prueba fiable de estabilidad en el proceso.

2. Recoger los datos según el plan establecido

Se tendrá un especial cuidado de que la muestra sea aleatoria y representativa de todo el periodo de producción o lote del que se extrae. Cada unidad de la muestra se tomará de forma que todas las unidades del periodo de producción o lote tengan la misma probabilidad de ser extraídas. (Toma de muestras al azar).

Se indicarán en las hojas de recogida de datos todas las informaciones y circunstancias que sean relevantes en la toma de las mismas.

3. Registrar el número de unidades no conformes, "np"

Para cada muestra se registran el siguiente dato: El número de unidades no conformes "np".

4. Calcular los Límites de Control

a) Calcular el número medio de unidades no conformes \bar{np} .

$$\bar{np} = (np_1 + \dots + np_N) / N$$

np_i = número de unidades no conformes de la muestra i

N = número de muestras

b) Calcular el Límite de Control Superior (LCS) y Límite de Control Inferior (LCI) según la fórmula:

$$LCS = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$$

$$LíneaCentral = \bar{np}$$

$$LCI = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$$

5. Definir las escalas del gráfico

El eje horizontal representa el número de la muestra en el orden en que ha sido tomada. El eje vertical representa el número de unidades no conformes, "np". La escala de este eje irá desde cero hasta dos veces el número de unidades no conformes máximo.

6. Representar en el gráfico la Línea Central y los Límites de Control

Línea Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "np", el valor del número medio de unidades no conformes np. A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con LCC.

Línea de Control Superior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "np", el valor de LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "np", el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI. Usualmente la línea que representa el valor central $n p$ se dibuja de color azul y las líneas correspondientes a los límites de control de color rojo.

Cuando LCI es cero, no se suele representar en el gráfico.

7. Incluir los datos pertenecientes a las muestras en el gráfico

Representar cada muestra con un punto, buscando la intersección entre el número de la muestra (eje horizontal) y el valor de su número de unidades no conformes (eje vertical). Unir los puntos representados por medio de trazos rectos.

8. Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control "np"

Se comprobará que todos los valores del número unidades no conformes de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico correspondiente están dentro de sus Límites de Control.

$$LCI < np < LCS$$

Si esta condición no se cumple para alguna muestra, esta deberá ser desechada para el cálculo de los Límites de Control. Se repetirán todos los cálculos realizados hasta el momento, sin tener en cuenta los valores de las muestras anteriormente señaladas. Este proceso se repetirá hasta que todas las muestras utilizadas para el cálculo de los Límites de Control muestren un proceso dentro de control. Los Límites, finalmente así obtenidos, son los definitivos que se utilizarán para la construcción de los Gráficos de Control.

4.4.3 Práctica de gráfico p y np

Taller 1

Objetivos específicos

- Definir el campo de aplicación de la gráfica p y np, y la teoría estadística en que se funda.
- Observar las ventajas y desventajas que presentan en comparación con otras gráficas de control.

Diseño

El gráfico p es una gráfica de control muy versátil. Se le puede emplear para controlar una característica de calidad. Es conveniente aplicarlo a aquellos procesos que no tengan porcentajes superiores al 10 % de no conformes. Si esta cifra es superada se debe tomar por la aplicación de gráficos para defectos. El gráfico np tiene las mismas características del gráfico p, con la diferencia de que en lugar del valor p en eje y, se usa el valor de np (número de defectuosos o disconformes). La forma del gráfico es la misma, pero la información que se obtiene es diferente, pues el gráfico p origina conclusiones con base en los valores relativos, mientras que el gráfico np las origina con

base en valores absolutos. Depende de lo que se desee se selecciona uno u otro gráfico.

Equipo y material necesario

- Una caja de cartón suficiente grande para colocar 50 bombillas pequeñas, treinta y cinco buenas y quince quemadas. Ordenadas de forma aleatoria.
- Un socket para probar las bombillas.

Desarrollo de la práctica

Determinar el procedimiento de muestreo requerido para la inspección de las bombillas y determinar los requerimientos de aceptación.

Efectuar quince extracciones con reemplazo, utilizando el tamaño de la muestra planificado, inspeccionar las bombillas y calcular para cada una su fracción defectiva.

Calcular para las quince extracciones con reemplazo los límites de control para un gráfico p.

Construir el gráfico p y plotear los resultados.

Establecer las conclusiones del gráfico

Contenido del reporte

- Explicar la organización de la inspección de las bombillas
- Mostrar en forma tabulada los resultados de las extracciones, mostrando también la fracción defectiva y el cálculo de los límites de control para cada extracción.
- Dibujar los gráficos de control.
- Interpretar los límites de control de la gráfica p.
- Enumerar por lo menos 4 usos que se le pueden dar a la gráfica p y np.
- Enumerar desventajas y ventajas que considera que tiene las gráficas p y np con respecto a la gráfica \bar{X} y R.
- Definir la implantación y operación de un gráfico de control para atributos.
- Definir los elementos para la selección de una gráfica de control para proporción de defectos (p), y número de defectuosos (np).
- Que consideraciones adicionales se deben de tener en la selección de la gráfica p y np.
- Conclusiones

Proceso simulado

Cada estudiante debe elegir 100 números aleatorios de la siguiente forma: En la tabla de números aleatorios comience en el renglón correspondiente al día del mes en que nació más el año de su nacimiento, por ejemplo si nació el 15 de octubre de 1971 debe iniciar en el renglón $15 + 71 = 86$ si su total excede de 100 reste 100, debe seleccionar dos dígitos aleatorios, Si el número está entre 00 y 94 considere que la pelota es blanca y si está entre 95 y 99 que la pelota es roja.

El estudiante debe comunicar la proporción de pelotas rojas que obtuvo en la muestra y se establece una gráfica de control que indique la proporción de pelotas rojas extraídas por todos los estudiantes.

¿Qué conclusiones pueden obtenerse acerca del sistema de extracción de pelotas?

¿Todos los estudiantes son parte del sistema?

¿Está alguien fuera del sistema? Si es así ¿qué explicación puede dar sobre alguien que tiene demasiadas pelotas rojas?

4.4.4 Procedimiento para elaboración de gráfico c

1. Elaborar el plan de muestreo (Tamaño de muestra, frecuencia de muestreo y número de muestras)

a) Para que el gráfico pueda mostrar pautas analizables, el tamaño de muestra (número de unidades o cantidad de producto) será lo suficientemente grande como para tener varias disconformidades por muestra, de forma que puedan evidenciarse cambios significativamente favorables (por ejemplo, aparición de muestras con cero disconformidades). El tamaño de muestra será constante.

b) La frecuencia de muestreo será la adecuada para detectar rápidamente los cambios y permitir una realimentación eficaz.

c) El periodo de recogida de muestras debe ser lo suficientemente largo como para recoger todas las posibles causas internas de variación del proceso.

Se recogerán al menos 20 muestras para proporcionar una prueba fiable de la estabilidad del proceso.

2. Recoger los datos según el plan establecido.

Se tendrá un especial cuidado de que la muestra sea aleatoria y representativa de todo el periodo de producción o lote del que se extrae. Cada unidad de la muestra se tomará de forma que todas las unidades del periodo de producción o lote tengan la misma probabilidad de ser extraídas. (Toma de muestras al azar). Se indicarán en las hojas de recogida de datos todas las informaciones y circunstancias que sean relevantes en la toma de las mismas.

3. Calcular los Límites de Control.

a) Calcular la media de disconformidades del proceso \bar{c} .

$$\bar{c} = (c_1 + \dots + c_N)/N$$

c_i = número de disconformidades de la muestra i

N = número de muestras

b) Calcular el Límite de Control Superior LCS y el Límite de Control Inferior según la fórmula:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{Línea Central} = \bar{c}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

4. Definir las escalas del gráfico

El eje horizontal representa el número de la muestra en el orden en que ha sido tomada. El eje vertical representa el número de disconformidades "c". La escala de este eje irá desde cero hasta dos veces el número de disconformidades máximo encontrado en las muestras.

5. Representar en el gráfico la Línea Central y los Límites de Control

Línea Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "c", el valor del número medio de disconformidades \bar{c} . A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con LCC.

Línea de Control Superior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "c", el valor de LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "c", el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI. Usualmente la línea que representa el valor central \bar{c} se dibuja de color azul y las líneas correspondientes a los límites de control de color rojo. Cuando LCI es cero, no se suele representar en el gráfico.

6. Incluir los datos pertenecientes a las muestras en el gráfico

Representar cada muestra con un punto, buscando la intersección entre el número de la muestra (eje horizontal) y el valor de su número de disconformidades (eje vertical).

Unir los puntos representados por medio de trazos rectos.

7. Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control "c"

Se comprobará que todos los valores del número de disconformidades de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico correspondiente, están dentro de sus Límites de Control.

$$LCI < c < LCS$$

Si esta condición no se cumple para alguna muestra, esta deberá ser desechada para el cálculo de los Límites de Control.

Se repetirán todos los cálculos realizados hasta el momento, sin tener en cuenta los valores de las muestras anteriormente señaladas.

Este proceso se repetirá hasta que todas las muestras utilizadas para el cálculo de los Límites de Control muestren un proceso dentro de control. Los Límites, finalmente así obtenidos, son los definitivos que se utilizarán para la construcción de los Gráficos de C

4.4.5 Procedimiento para elaboración de gráfico u

1. Elaborar el plan de muestreo (Tamaño de muestra, frecuencia de muestreo y número de muestras)

Para que el gráfico pueda mostrar pautas analizables, el tamaño de muestra será lo suficientemente grande como para tener varias disconformidades por muestra, de forma que puedan evidenciarse cambios significativamente favorables (por ejemplo, aparición de muestras con cero disconformidades).

El tamaño de cada muestra oscilará entre +/- 20% respecto al tamaño medio de las muestras.

$$n = (n_1 + n_2 + \dots + n_N)/N$$

N = Número de muestras.

La frecuencia de muestreo será la adecuada para detectar rápidamente los cambios y permitir una realimentación eficaz. El periodo de recogida de muestras debe ser lo suficientemente largo como para recoger todas las posibles causas internas de variación del proceso.

Se recogerán al menos 20 muestras para proporcionar una prueba fiable de la estabilidad del proceso.

2. Recoger los datos según el plan establecido

Se tendrá un especial cuidado de que la muestra sea aleatoria y representativa de todo el periodo de producción o lote del que se extrae. Cada unidad de la muestra se tomará de forma que todas las unidades del periodo de producción o lote tengan la misma probabilidad de ser extraídas (toma de muestras al azar). Se indicarán en las hojas de recogida de datos todas las informaciones y circunstancias que sean relevantes en la toma de las mismas.

3. Calcular los Límites de Control

Calcular la media de disconformidades por unidad \bar{u} .

$$\bar{u} = (u_1 + \dots + u_N)/N$$

u_i = es el número de disconformidades por unidad de la muestra i .

N = número de muestras

Calcular el Límite de Control Superior LCS y el Límite de Control Inferior (LCI) según la formula:

$$LCS = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$\text{Línea Central} = \bar{u}$$

$$LCI = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

4. Representar en el gráfico la Línea Central y los Límites de Control

Línea Central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "u", el valor del número medio de disconformidades por unidad u. A partir de este punto trazar una recta horizontal. Identificarla con u.

Línea de Control Superior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "u", el valor de LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCS.

Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las "u", el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua (a trazos). Identificarla con LCI. Usualmente la línea que representa el valor central u se dibuja de color azul y las líneas correspondientes a los límites de control de color rojo.

Cuando LCI es cero, no se suele representar en el gráfico.

5. Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control "u"

Se comprobará que todos los valores del número de disconformidades por unidad de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico correspondiente, están dentro de sus Límites de Control. $LCI < u < LCS$. Si esta condición no se cumple para alguna muestra, esta deberá ser desechada para el cálculo de los Límites de Control. Se repetirán todos los cálculos realizados hasta el momento, sin tener en cuenta los valores de las muestras anteriormente señaladas. Este proceso se repetirá hasta que todas las muestras utilizadas para el cálculo de los Límites de Control muestren un proceso dentro de control. Los Límites, finalmente así obtenidos, son los definitivos que se utilizarán para la construcción de los Gráficos de Control.

4.4.6 Práctica de Gráfico c, u

Talle No. 2

Objetivo específicos

- Definir el campo de aplicación de la gráfica c y la gráfica u y la teoría en que se fundan.
- Calcular el nivel de calidad promedio como punto de referencia o de inicio.
- Con esta información conocer la capacidad inicial del proceso.

Diseño

La gráfica de control por defectos está basada en la distribución de Poisson, en efecto las experiencias hechas con la variación del número de

defectos para un solo artículo han demostrado que la distribución de la variable se asemeja mucho a la distribución de Poisson.

Es importante recalcar que por ser atributos los que inspeccionan, se deben tener adecuados medios de recolección de datos que permitan la anotación de características especiales observadas en el momento de toma de muestras.

Equipo y material necesario

Se necesitan 30 cajas de fósforos de madera, de 30 fósforos cada caja. El taller consiste en colocar en las cajas, fósforos quemados, éstos se tomarán como defectos.

Desarrollo

Primera Parte

Utilizando un procedimiento de generación de números aleatorios por medio de Poisson con un promedio es de 0.8 defectos por unidad, saque el número de defectos (fósforos quemados) que hay que introducir en cada caja. El número de defectos debe variar de acuerdo a una distribución de Poisson. Se sustituirán fósforos quemados por buenos en 30 cajas. Las restantes se utilizaran para los fósforos que hay que quemar. Cada caja de fósforos se tomara como artículo. Tomar una muestra al azar de 15 artículos, revisar cada caja y anotar el número de defecto. Con los datos del experimento calcúlese una gráfica \bar{c} y sus límites de control, realice la gráfica y discuta los resultados.

Segunda parte:

A veces la gráfica de control por defectos se basa en la inspección cien por ciento, en estos casos el número de unidades que componen la muestra no es constante. En esta parte del taller, siguiendo el mismo procedimiento pero empleando una gráfica u, se procede agrupar las cajas al azar de la siguiente manera: El grupo uno está conformado por cuatro cajas, el grupo dos está conformado por siete cajas, el grupo tres está conformado por cinco cajas, el grupo cuatro está conformado por tres cajas, el grupo cinco está conformado por dos cajas y el grupo seis formado por nueve cajas.

Para cada grupo, revise las cajas y anote el número total de defectos.

Tome dos cajas como la unidad que se va a usar para la gráfica u. entonces la línea central de la gráfica será:

$U = \text{Núm. Total de defectos en las 30 cajas} / \text{No, total de cajas/ unidad}$

Aquí la unidad será de dos cajas.

Calcule los límites de control de la siguiente manera:

Tabla III. Práctica de gráfico u

Grupo Núm.	K	$3\sqrt{u/k}$	$\bar{u} + 3\sqrt{u/k}$	$\bar{u} - 3\sqrt{u/k}$

Donde k = Núm. de cajas del grupo1/Unidad (2 cajas)

Haga la gráfica u para los límites hallados y observe la tendencia de la gráfica.

Contenido del reporte

- Muestre en forma tabulada los resultados de cada una de las anotaciones realizadas durante el taller,
- Los cálculos realizados.
- Presente la gráfica c para la primera parte del laboratorio, y la gráfica u para la segunda.
- Analice las tendencias en los gráficos de forma individual y conjunta,
- Conclusiones

Hoja de trabajo

Ejercicio 1

Los datos expuestos a continuación se refieren al número de montajes disconformes de cojinetes y sellos, en muestra de tamaño 150. Trace un diagrama de control de la fracción disconforme para estos datos. Si algún punto cae fuera de control, supongo que pueda encontrarse causas atribuibles y determine los límites de control revisados.

Número de muestra	Número de montajes disconformes	Número de muestra	Número de montajes disconformes
1	7	11	6
2	4	12	10
3	1	13	0
4	3	14	9
5	6	15	5
6	8	16	1
7	10	17	4
8	5	18	5
9	2	19	7
10	7	20	12

Solución:

Número de muestra	Fracción Defectuosa	Número de muestra	Fracción Defectuosa
1	0.05	11	0.04
2	0.03	12	0.1
3	0.01	13	0
4	0.02	14	0.06
5	0.04	15	0.03
6	0.05	16	0.01
7	0.07	17	0.03
8	0.03	18	0.03
9	0.01	19	0.05
10	0.05	20	0.08

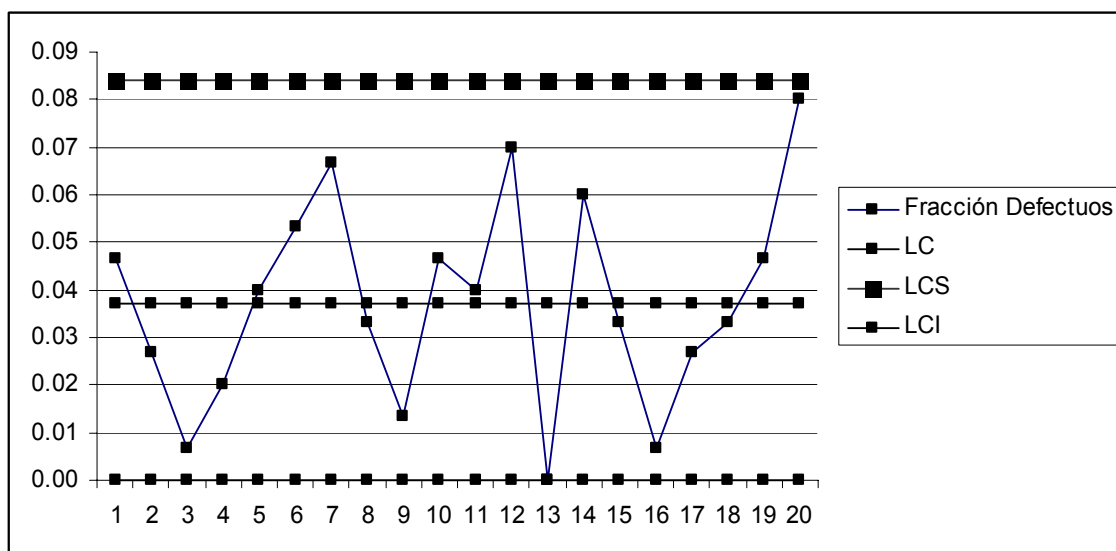
$$\bar{P} = \frac{0.75}{20} = 0.037$$

$$LCS = 0.037 + 3\sqrt{0.037(1-0.037)/150} = 0.084$$

$$\text{Línea Central} = 0.037$$

$$LCI = 0.037 - 3\sqrt{0.037(1-0.037)/150} = 0$$

Figura 6. Gráfico p de número de montajes disconformes



Ejercicio 2

Un proceso produce bandas de hule en lotes de tamaño 2500. los registros de inspección de los últimos 20 lotes revelan los datos siguientes.

Número de lote	Número de Disconformes	Número de lote	Número de Disconformes
1	230	11	456
2	435	12	394
3	221	13	285
4	346	14	331
5	230	15	198
6	327	16	414
7	285	17	131
8	311	18	269
9	342	19	221
10	308	20	407

a) Calcular los límites de control de prueba de la fracción disconforme

b) Si quisiera establecer un gráfico de control para controlar la producción futura. ¿Cómo se usaría estos datos para obtener el límite central y los límites de control?

Solución

Número de lote	Fracción Disconformes	Número de lote	Fracción Disconformes
1	0,09	11	0,18
2	0,17	12	0,16
3	0,09	13	0,11
4	0,14	14	0,13
5	0,09	15	0,08
6	0,13	16	0,17
7	0,11	17	0,05
8	0,12	18	0,11
9	0,14	19	0,09
10	0,12	20	0,16

a)

$$\bar{P} = \frac{2.46}{20} = 0.123$$

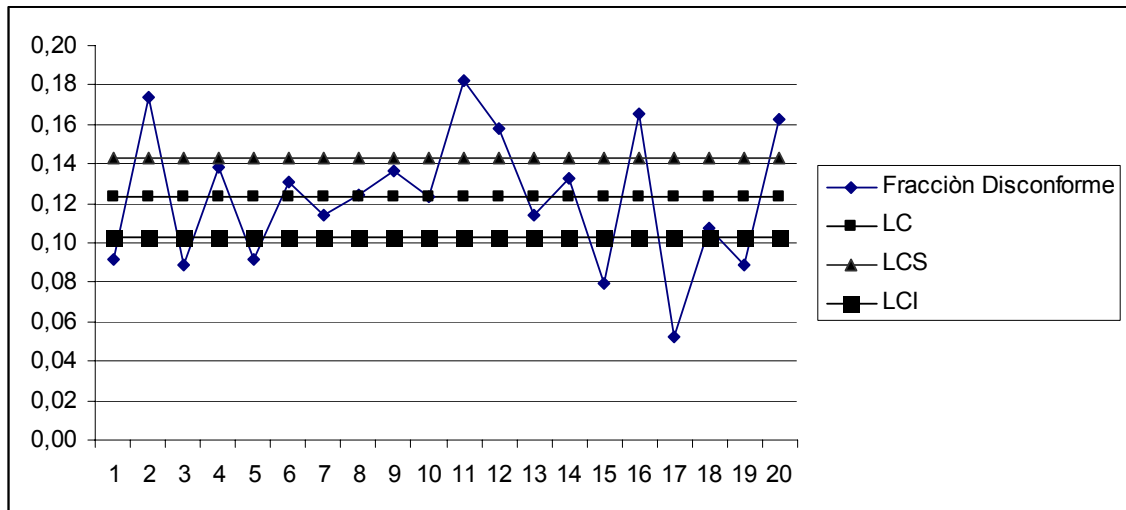
$$LCS = 0.123 + 3\sqrt{0.123(1-0.123)/2500} = 0.1427$$

$$\text{Línea Central} = 0.123$$

$$LCI = 0.123 - 3\sqrt{0.123(1-0.123)/2500} = 0.1032$$

b) Se observa que existen muchos puntos fuera de control en el proceso de inspección de los últimos 20 lotes según la gráfica de control.

Figura 7. Gráfico p



Y se recomienda no utilizar los datos ya que muchos subgrupos están fuera de control. Se recomienda tomar nuevos datos y establecer un proceso de control de calidad en la producción de las bandas de hule.

Ejercicio 3

Un proveedor local de Internet está preocupado porque está disminuyendo el nivel de accesos de clientes, debido a mayor uso. La proporción del tiempo de periodo pico, cuando es probable que un cliente reciba una señal de ocupado, se considera como una medición del nivel de servicio. El porcentaje de las veces que un cliente recibe señal de ocupado durante los periodos pico varía. Con base en un proceso de muestreo, han establecido gráficas de control para vigilar el nivel de servicio basado en la proporción de señales de ocupado recibidas. Elabore una gráfica de control con base en las siguientes cifras, que representan los datos de la muestrea. ¿Qué muestra la gráfica?

Periodo Pico	Cantidad de llamadas intentadas	Cantidad de señales de ocupado
1	246	50
2	212	51
3	254	68
4	307	74
5	283	62
6	308	65
7	264	46
8	191	60
9	304	70
10	253	54
11	298	70
12	255	58
13	214	48
14	262	64
15	205	47
16	293	73
17	244	67
18	309	65
19	276	71
20	233	57
21	236	50
22	242	61
23	234	53
24	287	64
25	303	62

Solución

Fracción de Disconformidad
0,20
0,24
0,27
0,24
0,22
0,21
0,23
0,26
0,23
0,21
0,23
0,23
0,22
0,24
0,23
0,25
0,27
0,21
0,26
0,24
0,21
0,25
0,23
0,22
0,20

$$n \text{ promedio} = \frac{\sum ni}{k} = \frac{6513}{25} = 261$$

$$np = \frac{1513}{25} = 60.52$$

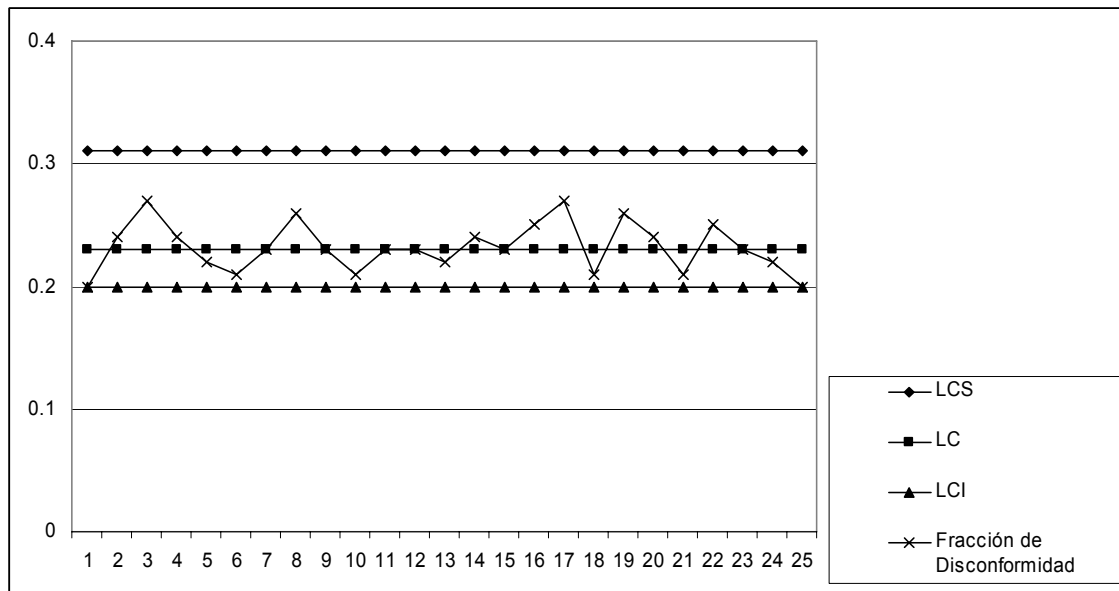
$$\bar{p} = \frac{60.52}{261} = 0.23$$

$$LCS = 0.23 + 3\sqrt{0.23(1-0.23)/261} = 0.31$$

$$\text{Línea Central} = 0.23$$

$$LCI = 0.23 - 3\sqrt{0.23(1-0.23)/261} = 0.20$$

Figura 8. Gráfico p Fracción disconforme



El análisis realizado, muestra que el proceso se encuentra bajo control, según la gráfica no existe ningún punto fuera de control, existe un control en la recepción de llamadas por los clientes, y forma de resolver cada problema que se presenta en atención al cliente.

4.5 Marco Conceptual

4.5.1 Gráfica p

La aplicación del control estadístico del proceso por medio de un gráfico de control por atributos se logra a través de una inspección que considere el proceso, el procedimiento de toma de muestras y de evaluación de las mismas, el manejo de los instrumentos requeridos y en los casos necesarios debe tener una muestra patrón para consulta en el caso de que exista duda sobre la conformidad o no conformidad de un producto. Esta puede ser un conjunto de fotografías o un conjunto de piezas que contiene defectos rechazables.

Los datos de atributos sólo pueden asumir dos valores: bueno o malo, pasa o no pasa, por lo general los atributos no pueden medirse, pero se pueden observar y contar, y son útiles en muchas situaciones prácticas. Cuando se obtiene el producto aceptado y rechazado, se tiene que tener definido donde colocar lo que se acepta y se rechaza, se identifica con boletas de colores distintos, para evitar confusión, pues algunos defectos pueden ser que contienen defectos rechazables. De igual forma se diseñan documentos o bases de datos que registren la información recolectada y las acciones correctivas y preventivas que se apliquen. Las inspecciones eficientes garantizan que la calificación del producto se haga de una manera más real y homogénea, evitando al máximo la utilización de criterios subjetivos.

La gráfica p se utiliza en aquellos casos cuando los datos están formados por la fracción resultante de dividir el número de veces que ocurre un suceso entre el número total de acontecimientos. Se emplea en el control de calidad para dar cuenta de la fracción de no conformidad presente en un producto, en una característica de la calidad o en un grupo de características de la calidad. De acuerdo a lo anterior, la fracción de no conformidad es la proporción obtenida al dividir la cantidad de no conformidades de una muestra o subgrupo entre la cantidad total que forma la muestra al subgrupo. La fórmula correspondiente es:

$$p = \frac{np}{n}$$

Donde:

p = proporción o fracción de no conformidad de la muestra o del subgrupo

n = cantidad de elementos de la muestra o el subgrupo

np = cantidad de elementos no conformes.

Por lo general, la fracción de conformidad p, es un valor muy pequeño, digamos de 0.05 o menos. Excepto en condiciones muy especiales, los valores mayores a 0.05 indicarían que la compañía atraviesa por serios problemas y que, para resolver la situación, se requiere la adopción de medidas de mayor alcance que la de una gráfica de control. Debido a que la fracción de no conformidad es muy pequeña, es necesario que el tamaño de los subgrupos sea muy grande para que se pueda producir una gráfica confiable.

La gráfica p es una gráfica de control muy versátil. Se le puede emplear para controlar una característica de la calidad, como es el caso de las gráficas \bar{X} y R; también para controlar un grupo de característica de la calidad del mismo tipo o de la misma parte; o para controlar un producto en su totalidad.

El tamaño del subgrupo de una gráfica p puede ser variable o constante. Es preferible que sea constante; sin embargo, son muchas las situaciones, como cuando se modifica la proporción de una mezcla, o cuando las tareas de inspección están totalmente automatizadas, casos en los cuales el tamaño del subgrupo es cambiante.

4.5.2 Gráfica p con tamaño de muestra variable

Siempre que sea posible, las gráficas p deberán producirse y emplearse con un subgrupo de tamaño constante. Lo anterior no es posible cuando la gráfica p se emplea para inspeccionar el 100 % de una producción que varía de un día a otro. Por otra parte, los datos que se usan en la gráfica p obtenidos de la inspección de muestreo pueden mostrar variaciones por una gran diversidad de motivos. Dado que los límites de control son función del tamaño del subgrupo, n, los límites de control también variarían con el tamaño del subgrupo. Por ello habrá que calcularse para cada grupo.

Si bien no es deseable que el tamaño del subgrupo no sea variable, es un hecho y hay que saber como manejarlo. Los procedimientos empleados para la recopilación de los datos, para el cálculo de la línea central de ensayo y los límites de control, así como la línea central y los límites de control corregidos son los mismos que se utilizan en el caso de una gráfica p con subgrupo de tamaño constante.

Se calcula la línea central y los límites de control de ensayo. El cálculo de los límites de control se realiza utilizando los mismos procedimientos y fórmulas de los subgrupos de tamaño constante. Sin embargo en la caso el tamaño del subgrupo cambia, primero se calcula la fracción promedio de no conformidad, que es la línea central p .

$$p = \frac{np}{n}$$

Donde:

p = proporción o fracción de no conformidad de la muestra o del subgrupo

n = cantidad de elementos de la muestra o el subgrupo

np = cantidad de elementos no conformes.

Luego se procede a calcular los límites de control superior e inferior. Solamente que para cada caso el tamaño del subgrupo cambiara según el orden de cantidad inspeccionada. Por lo tanto habrá límites de control superior e inferior para cada subgrupo y se procede hacer la gráfica. Conviene observar que conforme aumenta el tamaño del subgrupo, los límites de control se van acercando más y más, conforme el tamaño del subgrupo se va reduciendo, los límites de control se van alejando más y más. Lo anterior resulta evidente al considerar la fórmula y comparar el tamaño del subgrupo, n , con sus respectivos límites de control superior e inferior.

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

\bar{p} = proporción promedio de no conformidad

n = cantidad inspeccionada

4.5.3 Gráfica np

En ocasiones, cuando el tamaño de subgrupo o muestra en las cartas p es constante, es más conveniente usar la gráfica np, en la que se grafica el número de defectuosos por subgrupo, en lugar de la proporción. Los límites de control para la gráfica np se obtienen estimando la media y la desviación estándar, que bajo el supuesto de distribución binomial, están dadas por:

$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$\text{Línea Central} = n\bar{p}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Donde n es el tamaño de subgrupo y \bar{p} es la proporción promedio de artículos defectuosos

Los límites de la gráfica np indican la cantidad esperada de piezas defectuosas por cada n artículos inspeccionados. Enfatizando el hecho de que esos límites reflejan la realidad del proceso de acuerdo a como se muestrea, y con el uso de la gráfica podrán identificarse las causas especiales que afectan

el proceso. Sin embargo, aunque se eliminen tal tipo de causas y se logre tener un proceso estable, si la cantidad de piezas defectuosas aun es demasiado grande, dado que se ha observado el proceso en un lapso de tiempo pequeño, este se puede catalogar preliminarmente como i incapaz, y se recomienda aplicar dos tipos de estrategias simultáneas de mejora.

La primera Implantar el uso de la gráfica np, para detectar de inmediato si en la fabricación de algún lote ocurre una causa especial, sea esta favorable o desfavorable. Con esto se lograra conocer mejor el proceso, eliminar algunas causas especiales antes no evidenciadas, implantar algunos cambios favorables y sobre todo mejorar la estabilidad del proceso.

La otra estrategia más de fondo es integrar un equipo de mejora apropiado que conozca bien el proceso de fabricación, para que mediante un proyecto de mejora lleguen al fondo de las causas de la producción defectuosa. .

4.5.4 Gráfica c

El objetivo de la gráfica c es analizar la variabilidad del número de defectos por subgrupo. En esta carta se grafica c_i que es igual al número de defectos en la i-ésima unidad (muestra). Los límites de control se obtienen como sigue:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{Línea Central} = \bar{c}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Donde \bar{c} es el número promedio de defectos por subgrupo, y se obtiene al dividir el total de defectos encontrados entre el total de subgrupos.

Los límites de una gráfica de control reflejan la variación para el número de defectos por subgrupo. Cuando las cantidades de defectos son relativamente altos, se requiere un plan de acción que reduzca esta problemática y una forma natural de empezar sería estratificar el problema, es decir, localizar el tipo de defecto con mayor frecuencia y el área donde se presenta. En otras palabras, la acción de mejora no debe partir de reaccionar ante lo que se observa en una muestra, ya que no hay problemas especiales. Toda la problemática es común a todas las muestras, por lo que la acción parte de analizar todo el proceso, enfocándose hacia aquellos problemas con mayor frecuencia.

La gráfica c es aplicable donde el tamaño de subgrupo puede verse como constante; por ejemplo una semana, una mesa, una pieza, 100 artículos, un metro de tela, 100 muebles o cualquier otro subgrupo de tamaño constante. Cuando no permanece constante se aplica la gráfica u .

En este sentido, la gráfica del número de no conformidades sirve de motivación al personal de operación y administración para poner en práctica ideas a favor de la mejora de la calidad. La gráfica permitirá saber si una idea es buena o no lo es. Deberá hacerse un esfuerzo intenso y continuo para mejorar la calidad. Observar sus ventajas y desventajas con respecto a las otras gráficas.

4.5.5 Gráfica u

Cuando en las cartas c el tamaño de subgrupo no es constante o cuando, aunque sea constante, se prefiere cuantificar el número promedio de defectos por unidad en lugar del total de defectos en la muestra, se usa la carta u. En esta, para cada subgrupo, se gráfica el número promedio de defectos por unidad, U_i que se obtiene al dividir el total de defectos encontrados en el subgrupo entre el total de unidades en el subgrupo. Es decir,

$$u_i = \frac{C_i}{n}$$

Donde C_i es la cantidad de defectos en la muestra i , y n es el tamaño de la muestra i . De esta manera los límites de control en una carta u están dados por:

$$LCS = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$
$$\text{Línea Central} = \bar{u}$$
$$LCI = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde \bar{u} es el número promedio de defectos por unidad en todo el conjunto de datos. Cuando el tamaño de subgrupo, n no es el mismo en todos los subgrupos, entonces n se sustituye por el tamaño promedio de subgrupo, \bar{n} o por n_i . En este último caso se obtiene una carta u con límites variables.

4.5.6 Selección entre gráficas c y u

La gráfica u, también llamado gráfico para defectos o disconformidades promedio por unidad sirve para el control de defectos o disconformidades cuando estos se inspeccionan por unidad extraída. La forma de este tipo de gráfico es exactamente la misma del gráfico c, debe ser utilizada cuando la cantidad de defectos o disconformidades es alta y por lo tanto la cuantificación por muestra es difícil pues manejaría números grandes. El éxito de de la aplicación de de este gráfico se basa en la eficiencia y eficacia de la inspección, por lo que es necesario normalizar métodos y criterios para las decisiones de aceptación y rechazo de unidades.

La gráfica c también llamado gráfico para defectos o disconformes por muestra sirve para el control de defectos cuando éstos se chequean por muestra extraída. La importancia es que permite analizar a fondo aquellos defectos que se presentan con más frecuencia, cuya reducción y posible eliminación, pueden permitir la eliminación o reducción de la cantidad de defectos o disconformes. Es importante recalcar que por ser atributos los que se inspeccionan, se deben tener adecuados medios de recolección de datos que permitan la anotación de características especiales observadas en el momento de toma de muestras.

5. MUESTREO DE ACEPTACIÓN

5.1 Descripción de la práctica

En ocasiones es necesario inspeccionar el nivel de calidad de algunas características claves de lotes de artículos ya producidos, de lotes de producto en proceso o lotes de materias primas y materiales recibidos del proveedor. Para ejecutar este tipo de inspección existen dos formas básicas: inspección del cien por cien e inspección por muestreo. En la primera se inspecciona la totalidad de las unidades que componen el lote mientras que en la inspección por muestreo se toma una muestra de unidades y con base en su estado de calidad se concluye acerca de la calidad del lote.

El propósito de la práctica es que el estudiante se relacione con procedimientos de muestreo para la aceptación de lotes en las unidades de producción e identifique los aspectos a tomar en cuenta en el diseño de los procesos de inspección.

5.2 Objetivo

- Para las situaciones presentadas en los casos, argumente sobre la importancia de considerar los riesgos de muestreo en el diseño de planes de inspección.
- Con base en las curvas características de operación señalen la pertinencia de aplicar diferentes planes de muestreo de aceptación.
- Para las situaciones presentadas en los casos, comparen diferentes alternativas para la aceptación de lotes.

- Juzguen los criterios a considerar para el establecimiento de los niveles de calidad aceptable y limitante, necesarios para diseñar un plan de muestreo.
- Comprender por medio de una experiencia práctica el mecanismo de trabajo de las dos clases de muestreo, sencillo y doble y el propósito que persigue con su aplicación

5.3 Metodología

- Hojas de trabajo
- Proyecto
- Taller

5.4 Actividades de aprendizaje

Integrar grupos de tres a cinco personas y desígnese a una de ellas como vocero del equipo, quien se encargara de comunicar los descubrimientos del grupo a los demás.

De esta manera y en forma exhaustiva analizar los casos presentados y generar una discusión sobre la aplicación de planes de muestreo de aceptación y los criterios para seleccionar el plan más adecuado. Se exige la participación activa de todos los integrantes del grupo para ofrecer una experiencia exitosa de aprendizaje.

5.4.1 Taller Plan de Muestreo Sencillo de Aceptación y el Plan de Muestreo Doble de Aceptación

Objetivos específicos

- Planifique la inspección por muestreo para la aceptación de un lote de productos.
- Realice el muestreo del producto siguiendo el procedimiento planificado.
- Con el resultado de la inspección, determine si el producto es aceptado o rechazado

Diseño del taller

Equipo y Material necesario

Cuarenta cajas de fósforos de madera con 40 fósforos cada una. Se iniciarán con la sustitución fósforos buenos por fósforos defectuosos en las cajas. El número de fósforos defectuosos que debe introducir en cada caja, se halla con una tabla de números aleatorios de acuerdo a una distribución binomial con valor de p igual a 0.05. El nivel de calidad aceptable definido para el producto es de 3 %.

Desarrollo

Primera Parte

Diseño del procedimiento de muestreo

En el supuesto que se haya recibido un lote de 40 cajas con 40 productos cada uno, como inspectores, describir el procedimiento de muestreo que el equipo de estudiantes recomienda hacer para juzgar la calidad del lote, y efectuar ese muestreo y determinar si se acepta o se rechaza el lote

Segunda Parte

A: Muestreo aleatorio simple

Nota: Tómese como bueno el promedio de 40 fósforos por caja y vacié en un recipiente el número de cajas correspondientes para completar el tamaño del lote de cada plan cada plan.

a. Efectué muestreos de aceptación de la siguiente manera:

1. $N = 400$	2. $N = 1,000$
$n = 50$	$n = 50$
$c = 1$	$c = 2$

Donde N = Tamaño del lote

n = Tamaño de la muestra

c = Número de defectos en la muestra

b. Determine si se aceptó o se rechazó el lote y concluya sobre la efectividad del procedimiento en términos del nivel de calidad aceptable.

B: Muestreo doble

Efectué el siguiente plan de muestreo doble de aceptación:

$$N = 1,400$$

$$n_1 = 45$$

$$C_1 = 1$$

$$n_2 = 65$$

$$C_2 = 3$$

Esto quiere decir, inspecciónese una primera muestra de tamaño 45, acepte el lote de 1400 si existen 1 ó 0 defectuosos. Rechácese si existen más de 3 defectuosos. Si la muestra contenía, 2 ó 3 defectuosos, tome una segunda muestra de tamaño 65. Acéptese el lote si las dos muestras combinadas tienen 3 defectuosos o menos. Rechacé el lote si el número de defectos combinado es mayor de 3.

Determine si se aceptó o rechazó el lote y concluya sobre la efectividad del procedimiento en términos del nivel de calidad aceptable

Contenido del reporte

- Explicar qué es el muestreo de aceptación.
- El muestro de aceptación es una decisión intermedia entre dos extremos: ninguna inspección o inspección al 100 %. Explicar bajo qué condiciones se recomienda aplicar el muestreo de aceptación.

- Explicar en forma general cómo se recomienda formar un lote que va a ser sometido a un plan de muestreo de aceptación.
- Muestre los resultados de los muestreos de aceptación.
- Describa qué es y cuál es la utilidad de la curva característica de operación de un plan de muestreo por atributos.
- Efectué la gráfica CO para cada plan, halle solamente cinco puntos de la gráfica.
- Apoyándose en las propiedades de la gráfica CO, señale qué tanta influencia tiene el tamaño de lote en el tipo de calidad que acepta un plan de muestreo de aceptación.
- Muestre los resultados del plan doble de aceptación.
- Calcule las probabilidades de rechazo y aceptación a saber:
 - Aceptación después de la primera muestra
 - Rechazo después de la primera muestra.
 - Aceptación después de la segunda muestra.
 - Rechazo de la segunda muestra.

5.4.2 Proyecto

Visite una empresa (un taller, una pastelería, una fábrica) para determinar que procedimientos usan para la aceptación de materiales y productos, Cómo se seleccionaron los planes de muestreo y que acciones toman en el caso de rechazar los lotes. Elabore un informe de sus hallazgos.

5.4.3 Hoja de trabajo

Ejercicio 1

Considere el plan de muestreo con $N = 1000$, $n=45$, $c=2$. Suponga que el producto que ingresa tiene un porcentaje de disconformidad del lote de 1 %. La probabilidad de que se acepte el lote es de 0.9896. Determine la Inspección total media

$$ITM = n + (1 - P_a)(N - n)$$

$$ITM = 45 + (1 - 0.9896)(1000 - 45) = 54.93$$

Por tanto, el número total de unidades revisadas para lotes que contienen 1 % de disconformidades, en promedio 54.93

Ejercicio 2

Se tiene un producto nuevo, este se somete a inspección y que es aceptable en LCPS de 3 %. El número de unidades del lote es 1000. Determine el plan de muestreo simple.

Para usar las tablas de Dodge-Roming, es necesario conocer o estimar el promedio del proceso. Puesto que es un proceso nuevo y no hay un conocimiento previo acerca el promedio del proceso, se supone el peor promedio del proceso.

$N = 1000$ $n = 80$ $c = 4$ $NCL = 9.8$

Ejercicio No.3

Con base en la norma MIL-STD un inspector de Servicios Generales desea definir los planes de muestreo sencillo de la siguiente información:

- a. Nivel de inspección I, inspección rigurosa, nivel de calidad aceptable de 1.5 % y un lote de 1400.
- b. Nivel de inspección III, inspección normal, nivel de calidad aceptable de 2.5 % y un lote de 25.

Solución

a)

Nivel de Inspección: I

Tipo: Rigurosa

Nivel de calidad aceptable: 1.5 %

N: 1400

n: 50

Ac: 1

Re: 2

b)

Nivel de Inspección: III

Tipo: Normal

Nivel de calidad aceptable: 2.5 %

N: 25

n: 5

Ac: 0

Re: 1

5.5 Marco Conceptual

El muestreo de aceptación es una técnica estadística que permite calificar la calidad de un lote, con base en los análisis efectuados sobre una o más características de calidad estudiadas en una o más muestras extraídas del lote. Esta técnica es aplicable principalmente en la recepción de materias primas y materiales y en la inspección de productos terminados ya sea fuera o dentro de la fábrica que produce o provee. También es posible utilizarla en inspección en proceso, cuando un departamento entrega a otros lotes de productos semi-elaborado. La eficacia y eficiencia del muestreo depende totalmente de la aleatoriedad y representatividad de la muestra usada para la inferencia.

Cuando se decide aplicar muestro de aceptación se persiguen dos objetivos fundamentales:

1. Asegurar la calidad del lote enviado procurando que éste cumpla con lo requerido por el cliente y que lo satisfaga durante el plazo pactado.
2. Asegurar la calidad del lote recibido y aceptar solo aquel que cumpla con los requerimientos.

En el logro de estos objetivos uno de los aspectos más relevantes es la confiabilidad que tenga el muestreo. El tamaño de la muestra y la aleatoriedad en su elección constituye las fuentes de error.

Para que el muestreo de aceptación sea representativo, debe tenerse especial cuidado en la forma en que se agrupan los lotes, los cuales deben

estar formados por unidades que hayan sido fabricadas bajo las mismas condiciones, condiciones ambientales. Si no fuese así, se estaría estratificando el muestreo con el correspondiente problema que esto ocasiona pues los datos provendrían de diferentes poblaciones. Así que el plan de muestro funciona extrayendo muestra de lotes y con base en el número de defectos, defectuosos o disconformes que contengan, se decide sobre la aceptación del lote.

Se debe enfatizar que el propósito del plan de aceptación es determinar un curso de acción y no como erróneamente se cree, estimar la calidad del lote. El plan de aceptación, describe un procedimiento que al aplicarse a una serie de lotes nos indicará el riesgo específico de aceptar lotes de una cualidad dada.

5.5.1 Ventajas y desventajas del muestreo

Se define una muestra como “una porción que se toma para evidenciar la calidad del conjunto”.

El muestreo de aceptación respecto a la inspección al 100% tiene las siguientes ventajas:

- Tiene menor costo porque se inspecciona menos, a pesar de algunos costos adicionales generados por la planificación y administración de los planes de muestreo.
- Requiere de menos personal en las actividades de inspección, simplificando con ello el trabajo de coordinación y reduciendo los costos.
- El producto sufre menos daño al haber menos manipulación.
- Es aplicable en pruebas destructivas.
- A menudo reduce el error de inspección y la monotonía.

- El rechazo de lotes completos por la existencia de artículos defectuosos proporciona una motivación al fabricante del lote para que mejore su calidad.
- Cuando el proveedor tiene un excelente historial de calidad, y se desea alguna reducción en la inspección al 100%.
- Cuando una inspección al 100% no es tecnológicamente factible.

El muestreo de aceptación presenta algunas desventajas, como las siguientes:

- Hay cierto riesgo de aceptar lotes malos y rechazar buenos, aunque en un plan de muestreo de aceptación están previstos y cuantificados estos riesgos.
- Proporciona menos información acerca del nivel de calidad del producto o de su proceso de fabricación. Aunque bien utilizada, la información obtenida puede ser suficiente.
- Se requiere más tiempo y conocimiento para planificar y documentar el muestreo, mientras la inspección al 100% no. Esto tal vez no sea una desventaja, ya que la planificación genera otros efectos positivos, como mayor conciencia de los niveles de calidad exigidos por el cliente.

Las ventajas que tiene el muestreo de aceptación sobre la inspección al 100%, lo hacen una herramienta importante ahí donde haya condiciones para aplicarlo. En este sentido, muchas empresas, sobre todo pequeñas y medianas, aplican inspección al 100% más por tradición y desconocimiento que por una razón fundamentada. Por lo que un paso importante sería lograr que se aplicara muestreo de aceptación en aquellos casos que así lo ameriten.

Por otro lado, no es raro escuchar de algunos expertos en calidad que el muestreo de aceptación ya no debe usarse, que es obsoleto, ya que no es un

concepto valido. Al respecto nuestra posición es que: se debe hacer énfasis en mejorar la calidad y corregir de fondo las causas de la mala calidad y la baja competitividad aplicando herramientas estadísticas, diseño de experimentos, proyectos Seis Sigma, etcétera; pero mientras tanto no se tengan niveles óptimos de calidad, seguirá siendo necesario aplicar estrategias de contención como lo es el muestreo de aceptación. De aquí que en muchas empresas donde los niveles de calidad no son satisfactorios, el muestreo de aceptación debe verse como una herramienta temporal y útil.

5.5.2 Curva CO para los planes de muestreo simple

La curva característica de operación CO es una excelente técnica de evaluación. Al evaluar un plan de muestreo en particular es deseable conocer la probabilidad de que un lote que se entrega con cierto porcentaje de no conformidad sea aceptado o rechazado. La curva CO proporciona esta información. Si el porcentaje de no conformidad es bajo, la probabilidad de aceptación del lote es muy grande y disminuye a medida que aumenta el porcentaje de no conformidad.

5.5.3 Curva CO para los planes de muestreo doble

Construir una curva CO par aplanes de muestro doble es un poco mas complicado pues en este caso hay que calcular dos curvas. Una curva se usa para calcular la probabilidad de aceptación de la primera muestra; la segunda, para calcular la probabilidad de aceptación de las muestras combinadas. El primer paso para construir la curva CO consiste en definir las ecuaciones correspondientes. Por ejemplo, en el plan de muestreo $n_1=40$ $c_1=1$ $n_2= 30$ $c_2=3$ Si en la primera muestra se encuentra una o menos unidades no conformes, se acepta el lote. Simbólicamente, se expresa mediante la ecuación:

$$(P_a)_I = (P_{1 \text{ o menos}})_I$$

Para obtener la ecuación de la segunda muestra, se procede a definir los diversos criterios de aceptación del lote. Se procede a tomar una segunda muestra sólo si se encuentran dos o tres unidades no conformes en la primera muestra. Si hay una o menos, se acepta el lote; si hay cuatro o más, se rechaza el lote. Por lo tanto, el lote se acepta en cualquiera de los siguientes casos:

1. En la primera muestra hay dos unidades no conformes y a lo más una unidad no conformes en la segunda muestra.
2. En la primera muestra hay tres unidades no conformes y ninguna unidad no conformes en la segunda muestra.

Se hace énfasis en los términos “y” y “o” anteriores para indicar el empleo de los teoremas aditivos y de multiplicación, cuando aparece un “y” se multiplica y cuando hay un “o”, se suma. La ecuación se convierte en la siguiente:

$$(P_a)_{II} = (P_2)_I (P_{1 \text{ o menos}})_{II} + (P_3)_I (P_0)_{II}$$

Los subíndices de números romanos indican el número respectivo de la muestra. La cantidad de unidades no conformes de cada término de la segunda ecuación es igual al número de aceptación, c2, o inferior a este. Combinando las ecuaciones, se obtiene la probabilidad de aceptación de las muestras combinadas.

$$(P_a)_{combinada} = (P_a)_I + (P_a)_{II}$$

Una vez obtenidas las ecuaciones, para determinar las curvas CO se proponen varios valores para p y se calculan los valores de Pa, respectivos de la primera y segunda muestra.

Un plan de muestro doble tiene dos fases. En la primera fase se selecciona una muestra inicial y se toma una decisión basada en la información de esta muestra. Esta decisión puede llevar a tres alternativas: aceptar el lote, rechazar el lote o tomar una segunda muestra. Si se toma esta última se está ante la segunda fase, y se combina la información de ambas muestras para decidir sobre la aceptación o el rechazo del lote.

5.5.4 Relación entre consumidor y productor

Cuando se utiliza el muestreo de aceptación siempre se produce un conflicto de intereses entre el consumidor y el productor. El productor desea la aceptación de todos los lotes aceptables y el consumidor desea el rechazo de todos los lotes inaceptables. Solo en un plan de muestreo ideal, cuya curva CO sea una línea vertical se podrá dar gusto a ambos.

El riesgo del productor, representado por la letra α , es la probabilidad de rechazo de un lote conforme. Por lo general este riesgo se maneja como 0.05, aunque puede ir desde 0.001 hasta 0.10 o más. Dado que se expresa en función de la probabilidad de rechazo, no se le puede ubicar en una curva CO a menos que se le especifique en función de la probabilidad de aceptación. Esta conversión se obtiene al restarle a uno la probabilidad de rechazo. Es decir $P = 1 - \alpha$.

Vinculada al riesgo del productor existe la definición numérica de un lote aceptable, denominada Nivel de calidad aceptable (NCA). El NCA es el máximo porcentaje de no conformidad que se puede considerar satisfactorio para efecto del muestro de aceptación.

Constituye un punto de referencia de la curva CO, y de ningún modo le esta indicando al productor que cualquier porcentaje de no conformidad es aceptable. Se trata de un término estadístico, y no esta destinado para que el público en general lo use. La única manera de garantizar a un productor la aceptación de un lote es teniendo cero por ciento de no conformidad o si la cantidad de no conformidad en el lote es menor o igual que el número de aceptación. En otras palabras el objetivo de calidad del productor es cumplir o rebasar las especificaciones a fin de que el lote no haya ninguna unidad no conforme.

El riesgo del consumidor, representado por la letra β , es la probabilidad de aceptación de un lote no conforme. Por lo regular, este riesgo se expresa como 0.10. Dado que β se expresa en función de la probabilidad de aceptación, no es necesario efectuar ninguna conversión.

Vincula el riesgo del consumidor existe una definición numérica de un lote no conforme, denominada Nivel de calidad Límite (NCL). El NCL es el porcentaje de no conformidad presente en un lote o grupo, en el que para efectos de muestreo de aceptación, el consumidor desea que la probabilidad de aceptación respectiva sea baja.

5.5.5 Calidad media de salida

La calidad media de salida (CMS) es otra técnica empleada para la evaluación de un plan de muestreo. La información necesaria para construir una curva de calidad media de salida se obtiene de la gráfica CO, la calidad media de salida en porcentaje de no conformidad se calcula mediante la fórmula:

$$CMS = (100 p_o)(P_a)$$

Con esta fórmula no se obtiene información sobre las unidades no conformes que se descartan; sin embargo, es lo suficientemente aproximada como para servir a propósitos prácticos y su uso es sencillo.

La CMS es la calidad resultante de la actividad de la inspección. Se supone que los lotes rechazados fueron corregidos o clasificados y se devolvieron con producto 100 % bueno. Cuando no se efectúa la corrección respectiva, la CMS es la misma que la calidad de entrada, condición representada por una línea recta en la gráfica.

5.5.6 Cantidad media de la muestra

La cantidad media de la muestra (CMM) es una comparación de la cantidad media inspeccionada por lote por el consumidor en el muestro sencillo, doble y múltiple. En el caso del muestro sencillo, la CMM es constante e igual al tamaño de la muestra n . En el del muestro doble el proceso es un poco más complicado puesto que puede o no tomarse una segunda muestra.

La formula correspondiente al doble muestreo es

$$CMM = n_1 + n_2(1 - P_1)$$

En donde P_1 es la probabilidad de una decisión basada en la primera muestra.

La formula dar por sentado que la inspección prosigue incluso después de alcanzar el número de rechazo. Es práctica frecuente discontinuar la inspección luego de alcanzar el número de rechazo en la primera o en la segunda muestra. A esta practica se le conoce como inspección abreviada y su formula es mucho más complicada. Por lo tanto, la curva CMM correspondiente al muestreo doble resulta un poco mas debajo de lo que sucede en la realidad.

Cuando los costos de inspección resultan elevados debido al tiempo de inspección, costo del equipo o disponibilidad del equipo, las curvas CMM constituyen valiosas herramientas en las tareas de la justificación del muestreo doble o múltiple.

5.5.7 Inspección total media

La inspección total media (ITM) es otra técnica para evaluar un plan de muestreo. Al igual que en el caso de la curva CMM, se trata de una curva mediante la que se obtiene información sobre la cantidad inspeccionada, no acerca de la eficiencia del plan. En el caso del muestro sencillo, la fórmula es la siguiente:

$$ITM = n + (1 - P_a)(N - n)$$

En esta técnica se supone que los lotes corregidos se inspeccionan en 100 %.

5.5.8 Sistemas de muestreo por atributos

En los planes por atributos se extrae aleatoriamente una muestra de un lote y cada pieza de la muestra es clasificada de acuerdo a ciertos atributos como aceptable o defectuosa. Si el número de piezas que se encuentran defectuosas es menor o igual que un cierto número predefinido, entonces el lote es aceptado, en caso de que sea mayor, entonces el lote es rechazado.

En general los planes más usuales son los de atributos, a pesar de que con los planes por variables se requiere menor tamaño de muestra para lograr los mismos niveles de seguridad. Esta aparente contradicción se debe a la tradición o a razones más válidas, por ejemplo a que los planes por atributos se pueden combinar varias características de calidad en un solo plan, mientras que en los planes por variables hay que diseñar un plan para cada característica de calidad.

Además, en ocasiones las mediciones en los planes por variables son más costosas. De esta manera se debe procurar que la decisión de qué plan utilizar se fundamente en un análisis detallado de los costos que implica cada plan, así como la facilidad de llevarlos a cabo y no fundamentar la decisión en la inercia y la tradición.

5.5.9 Norma Military Standard 105-D

Esta norma contempla tres tipos de muestreo: sencillo, doble y múltiple. Para cada uno de estos tipos existe la posibilidad de inspección normal, rigurosa o reducida.

La inspección rigurosa se emplea cuando el historial reciente de calidad del producto no es bueno. Los requisitos de aceptación en el caso de la inspección rigurosa son más estrictos que en el caso de la inspección normal. La inspección reducida se emplea cuando el historial reciente de calidad del producto es excepcionalmente bueno. La cantidad que se inspecciona en la inspección reducida es menor que en la inspección normal. La decisión sobre que tipo de plan a utilizar la toma la autoridad responsable, pero siempre deberá basarse en la información ofrecida por el muestro de aceptación. Primero se debe determinar el nivel de calidad aceptable (NCA). Es la parte más importante de la norma, dado que NCA y la letra de código correspondiente al tamaño de la muestra determinarán el plan de muestreo que se va a emplear. El NCA se define como el porcentaje máximo de no conformidad (o la cantidad máxima de no conformidades por cada cien unidades) que, para efecto de una inspección por muestreo, se considera satisfactorio como promedio del proceso. La frase “se puede considerar satisfactorio” se interpreta como el riesgo del productor, α , igual a 0.05; de hecho, en la norma α , va de 0.01 a 0.10. La estipulación del NCA esta en el contrato o lo define la autoridad responsable. Es posible estipular diversos NCA en caso de grupos de no conformidades considerados en forma colectiva o en el caso de no conformidades individuales. Las no conformidades graves, importantes y secundarias, o las unidades no conformes, pueden tener distintos valores de NCA, con valores inferiores para las graves y valores mayores para las secundarias. Los NCA se definen mediante:

- Datos históricos.
- Criterios empíricos.
- Información de ingeniería.
- Capacidad del productor.
- Situaciones basadas por el consumidor.

Determinar NCA es una decisión que se basa en la mejor evaluación. La norma ayuda determinar el NCA puesto que únicamente en la norma solo figura una cantidad finita de niveles. Es practica común emplear valores de NCA de 0.10 % o menos en casos graves, de 1 % en casos importantes y de 2.5 % en los secundarios. El número de aceptación de un caso crítico debería ser cero.

Ya definido NCA, se procede a calcular el tamaño de la muestra, este dependerá del tamaño del lote y del nivel de inspección. El nivel de inspección que se emplee en una tarea en particular será definido por la autoridad responsable. La norma ofrece distintos niveles de inspección ofrece al productor casi la misma protección, aunque distintas protecciones al consumidor. La norma es el nivel de inspección II; el nivel I ofrece aproximadamente la mitad de la cantidad de inspección y el nivel III aproximadamente el doble de la cantidad de inspección. Por lo tanto, con el nivel III se obtiene una curva mas inclinada (con más pendiente), lo que se traduce en mayor diferenciación y mayores costos de inspección. La decisión sobre el tipo de nivel de inspección es también función del tipo del producto. En el caso de productos que no son caros, en las pruebas que implican destrucción, o en pruebas peligrosas, deberá considerarse el empleo del nivel II. Si los costos de producción son elevados, o si los productos son complejos y costosos, debería aplicarse el nivel III. El consumidor deberá modificar el nivel de inspección según lo justifique las condiciones. Figuran cuatro niveles especiales más S-1, S-2, S-3, S-4. Se les

emplea en donde el tamaño de las muestras es relativamente pequeño y en donde se puede o se tiene que tolerar riesgos de muestreo grandes. Determinado el tamaño de la muestra y el NCA, se procede a poner en marcha el método por los siguientes pasos:

- Defina el tamaño del lote
- Defina el nivel de inspección
- Consulte la tabla y localice la letra de código correspondiente al tamaño de la muestra.
- Calcule NCA.
- Defina el tipo de plan de muestreo (sencillo, doble o múltiple).
- Consulte la tabla de que corresponda para definir el plan de muestro.
- Empiece por una inspección normal y cambie a una rigurosa o reducida, con base en las reglas de modificación.

A menos que indique algo distinto la autoridad responsable, la inspección se inicia con una condición de inspección normal. La inspección normal, rigurosa o reducida no se modifica para cada clase de no conformidad o unidades no conformes, o hasta que los siguientes procedimientos de modificación exijan un cambio.

De normal a rigurosa. En el caso de una inspección normal, ésta se cambia a inspección Rigurosa cuando 2 de 5 lotes o tandas consecutivos han sido rechazados en la inspección original (es decir, se ignoran los lotes devueltos al consumidor).

De rigurosa a normal. En el caso de una inspección rigurosa, ésta se cambia a inspección normal cuando 5 lotes o tandas consecutivas se aceptan dentro de la inspección original.

De normal a reducida. En el caso de una inspección normal, ésta se cambia a inspección reducida si se cumple alguna de las cuatro condiciones siguientes:

- Los 10 lotes o tandas precedentes ha estado sujetos a inspección normal y ninguno de ellos fue rechazado durante la inspección normal.
- La cantidad total de unidades no conformes (no conformidades) que contienen la muestras de los 10 lotes o tandas precedentes e iguales e inferiores al número límite para inspección reducida.
- La velocidad de producción es constante. Es decir, no se ha producido recientemente paros de máquinas, falta de material o problemas laborales.
- La autoridad responsable (consumidor) considera como deseable la inspección reducida. El consumidor es quien debe decidir si los ahorros que se obtuvieron al hacer menos inspecciones justifican los gastos por concepto de aumento en registro de datos y la capacitación de inspectores.

De reducida a normal. En el caso de una inspección reducida, ésta se cambia a normal, siempre y cuando se cumpla una de las cuatro condiciones siguientes durante una inspección original.

- Un lote o tanda resultan rechazados.
- Si al término del procedimiento de muestreo no se han satisfecho ni el criterio par aceptación ni el rechazo, por último, se acepta el lote, aunque de inmediato se restablece, a partir del siguiente lote, la inspección normal.

- La producción es irregular o retrasada.
- Otras condiciones, por caso el deseo del cliente, justifican el cambio de inspección normal.

La norma MIL-STD se diseñó para usarlo en unidades de producto que se obtienen en una serie continua de lotes o tandas. Sin embargo, si determinado plan de muestreo es deseable para el caso de un lote o tanda aislado, su elección deberá basarse en el nivel de calidad límite NCL y en el riesgo del consumidor.

5.5.10 Sistema Dodge-Romig

Un procedimiento para muestreo por atributos que incluye considerar los efectos de la inspección detallada del producto rechazado debe ser escogido por la persona encargada del procedimiento de muestreo y para esto debe tomar en cuenta dos cosas: el “Sampling Inspection Tables” por Dodge y Romig, y “Sampling Inspection” por el SRG de Columbia University.

Las tablas de Dodge y Romig fueron utilizadas primeramente para uso interno en Bell Telephone System para reducir al mínimo la cantidad total de inspección, tomando en cuenta la inspección para muestreo y la inspección para selección de los lotes rechazados.

La ventaja principal de las tablas de Dodge-Romig es la reducida inspección necesaria para un procedimiento de inspección determinado, esta ventaja hace especialmente atractivas las tablas en la inspección que se hace en el mismo sitio donde se obtienen los productos.

1. Nivel de calidad límite (NCL). Estas tablas se basan en la probabilidad de que un lote en particular, cuyo porcentaje de no conformidad sea igual al NCL, resulte aceptado. Esta probabilidad es el riesgo del consumidor, β , y es igual a 0.10. Los planes NCL garantizan que los lotes individuales de mala calidad rara vez resulten aceptados.

Hay dos juegos de tablas NCL; uno para el muestreo sencillo y otro para el muestreo doble. Cada juego tiene tablas para valores de NCL de 0.5, 1, 2, 3, 4, 5,7 y 10 %, con un total de 16 tablas.

Para usar las tablas, antes hay que tomar una decisión acerca de si se va utilizar el muestreo sencillo o el muestro doble. Para tomarla se puede recurrir a la información que se presenta en cada caso. Además el NCL tiene que calcularse, lo que se puede hacer semejante al cálculo del NCA. Una vez se sabe cuál es el tamaño del lote y el promedio del proceso, es fácil obtener el plan de muestro de aceptación. Por ejemplo, si el tamaño del lote N , es 1500 y el promedio del proceso es 0.25 %, el plan de muestreo sencillo necesario para $NCL = 1\%$ sería:

$$N=1500$$

$$n= 490$$

$$c= 2$$

$$LCMS = 0.21 \%$$

2. Límite de la calidad media de salida (LCMS). Los planes de muestro para el concepto LCMS se concibieron como repuesta necesidades surgidas en cierta situación de fabricación. Cuando se especifica la cantidad de lote, como es el caso en los lotes del cliente (homogéneos) es aplicable el concepto de LCMS pero también es aplicable cuando el lote inspeccionado es una

subdivisión conveniente del flujo de un producto para propósitos de manejo de materiales (no homogéneos). Los planes LCMS limitan la cantidad de la calidad pobre de salida, con base en un promedio, pero no ofrecen garantía alguna en el caso de los lotes individuales. Las tablas para el LCMS tienen un grupo para muestreo sencillo y otro para muestreo doble. Cada grupo tiene tablas para valores LCMS de 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 6, 7 y 10 %, lo que da un total de 26 tablas.

Dodge-Roming contiene cuatro grupos de tablas:

- I. Tablas de tolerancias de lotes para planes de muestreo sencillo.
- II. Tablas de tolerancias de lotes para planes de muestreo doble.
- III. Tablas de AOQL para muestreo sencillo.
- IV. Tablas de AOQL para muestreo doble.

En el grupo I todos los planes de muestreo en esta tabla tienen el mismo porcentaje de defectivo tolerable en el lote. Pero los planes tienen diferentes valores de AOQL, los cuales se presentan en la tabla para cada uno.

La tabla tiene seis columnas, cada una para un valor diferente de porcentaje promedio de defectivos en el proceso. La finalidad de estas tres columnas diferentes es indicar el plan que incluya la inspección total mínima, al considerar tanto la inspección de las muestras y la inspección de 100% de los lotes rechazados.

En el grupo II sería básicamente como el del grupo I, pero para diferenciarlos es necesario hacer una comparación en cualquier plan de muestreo sencillo con uno doble del mismo lote y el promedio del proceso que

produzca la misma protección de la calidad para el lote. La primera muestra del doble es más pequeña que la muestra única en un sencillo. Dodge-Roming muestra en su obra un diagrama el cual compara la inspección con muestreo sencillo y doble para diversos tamaños de lotes y relaciones entre promedio del proceso y fracción de defectivos tolerables en el lote. Una característica de todos los planes de muestreo doble es que C_2 es siempre de uno o más, lo cual significa que no se rechaza ningún lote se rechazará si tiene una sola pieza defectiva.

En el grupo III al contrario de que todos los planes para muestreo sencillo tuvieron el mismo LTPD, todos los planes tienen el mismo AOQL, además se presenta el porcentaje de defectivos tolerables en el lote para cada plan. Cuanto mayor son el tamaño de la muestra y el número de aceptación para un AOQL determinado, menor será el LPTD.

Hay columnas para los promedios de los diversos procesos; el plan que hay en cada columna es el que da la inspección mínima total para el promedio del proceso que se cita en la cabeza de la columna. Por tanto, todos los planes en cualquier línea de la tabla son iguales en protección de calidad y sólo difieren en la cantidad total de inspección requerida. Si no hay base para estimar el promedio del proceso, el plan de muestreo se debe escoger en la columna derecha de la tabla.

En el grupo IV las tablas que incluyen conceptos y muestreo sencillo y doble han estado disponibles en el sistema Bell para aplicarlos a todos los tipos de inspección.

6. DISEÑO DE UN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

6.1 Descripción

Este proyecto “Diseño de un plan de control de calidad” no tiene un aspecto teórico, su propósito es considerar el aspecto práctico de los pasos y consideraciones a seguir para implementación de un plan de control de calidad, procurando una vivencia en los estudiantes que les permita adquirir experiencia en el desempeño de esta función de la ingeniería industrial.

Tiene la finalidad que el estudiante se enfrente al reto de diseñar un sistema control de calidad para un proceso productivo, haciendo uso de las herramientas estadísticas y administrativas estudiadas en el curso.

Objetivos:

- Aplicar los conocimientos adquiridos sobre gestión de la calidad.
- Proponer soluciones para controlar la calidad de los procesos.
- Diseñar un sistema de control de calidad.

Marco referencial

Si bien es posible hablar de un plan de control como la planificación de las actuaciones emprendidas para asegurar cualquier aspecto dentro de la industria, el plan de control de calidad sirve de base, guión y referencia para la sistematización de dicho control.

En este sentido, en primer lugar, en la caracterización de un plan de control hay que establecer su objeto. Así pueden idearse o concebirse Planes de Control, por ejemplo de:

- Producción
- Verificación
- Auditoría

Un Plan de Control de producción, asociado en principio a una empresa productora, es el que persigue asegurar que los métodos empleados en el proceso productivo consiguen los resultados esperados en cuanto a calidad de los materiales empleados y de las unidades ejecutadas.

Un Plan de Control de verificación podría ser aquél que acomete un promotor (cliente o propiedad) para comprobar la calidad del producto entregado. También se emplean otros términos para su denominación, tales como de recepción, control final, etc. Si bien es cierto que este control también es susceptible de aplicarse en niveles intermedios del proceso productivo, esto sólo tendrá interés cuando exista la posibilidad técnica y/o contractual para aceptar o rechazar una unidad antes de su entrega.

En principio los Planes de Control de verificación suelen ser independientes del propio Plan que, en su caso, pueda establecer el productor o constructor.

Finalmente, otra posibilidad de uso muy generalizado es la de los Planes de Control de auditoría, también conocidos como de contraste. Esta variante es una composición de los Planes anteriores que se basa en admitir por parte del cliente como válido los controles del productor y exigirle a éste su entrega, para establecer puntos de inspección, calibración y controles de comprobación. Evidentemente esta posibilidad es singular en cuanto supone contar con la total

colaboración, voluntaria o impuesta, productor para acceder a sus ensayos de control de producción y para aplicar controles alternativos o de contraste en puntos intermedios del proceso productivo. Si no se cuenta con esta posibilidad, cualquier composición que se haga "disfrazando" el Plan de Control como de auditoría será un auténtico fracaso, ya que sólo se podrá atender a una información sesgada por parte del productor que, probablemente tienda a ocultar al auditor cuanta información pueda perjudicarlo.

Es obvio que la intensidad de estos diversos Planes no puede ser la misma, si se entiende y aplica de manera coherente. Claramente, el control que debe realizar un productor no puede ser el mismo que el que debe aplicar el cliente. El riesgo es diferente, pero también son los momentos en que es posible aplicar puntos de control. Y de la misma manera, aunque pueda parecer extraño mencionarlo, puede que los objetivos de calidad perseguidos tampoco sean los mismos.

En primer lugar, el productor en este caso, dispone de todo el proceso productivo para aplicar medidas de control, mientras que el cliente o promotor tan sólo debe aplicarlos en la fase final de cada estadio, ya que si persigue la aceptación o rechazo de una unidad de obra debe examinarla en estado de entrega. Y esto no sólo da más posibilidades de control, sino que también otorga al productor más capacidad de control en el sentido que sabe cómo evoluciona la calidad de su unidad a medida que avanza el proceso productivo: Mientras que el cliente sólo sabrá que la unidad está bien o mal ejecutada cuando la reciba, y una vez que adopte dicha decisión, el riesgo que asume es en cierto modo desconocido, el productor puede, si aplica en toda su intensidad el control de producción, conocer en todo momento el nivel de calidad de su producto y, por tanto el riesgo que corre de no aceptación del mismo en el último momento.

Además, otro aspecto a considerar que diferencia los Planes de Control según su objeto es el nivel de calidad perseguido: Mientras que al cliente puede interesarle más la obtención de valores medios dentro de un rango de aceptación, al productor, por puros criterios económicos puede interesarle "rozar" los niveles de tolerancia permitidos por su banda inferior. Y esto es así, no sólo porque puede ahorrarse dinero, sino porque conoce y controla mejor su producto desde el primer momento.

6.2 Aspectos a considerar

6.2.1 Producto que se fabrica

En primera instancia, todos los productos se dividen en tres grandes categorías que dependen de las intenciones del comprador o el tipo de uso y su durabilidad y tangibilidad. En ese sentido, se clasifican de la siguiente manera:

Productos de consumo: Están destinados al consumo personal en los hogares.

Productos de negocios: La intención de los productos de negocios es la reventa, su uso en la elaboración de otros productos o la provisión de servicios en una organización.

Productos según su duración y tangibilidad: Este tipo de productos está clasificado según la cantidad de usos que se le da al producto, el tiempo que dura y si se trata de un bien tangible o un servicio intangible.

En síntesis, los primeros dos tipos de productos se distinguen en cuanto a quién los usará y cómo, el tercero, en función a la cantidad de veces que se usa el producto, su duración y tangibilidad.

Qué tipo de producto se fabrica

Un producto de consumo se divide en cuatro tipos de productos, según su uso a nivel personal o en los hogares. Podemos tener los siguientes:

Productos o Bienes de Conveniencia: Un producto de conveniencia es un artículo relativamente barato cuya compra exige poco esfuerzo. Es decir, un consumidor no estaría dispuesto a emprender una búsqueda extensa de ese artículo. Caramelos, refrescos, peines, aspirinas, pequeños artículos de ferretería, tintorería y lavado de automóviles entran en la categoría de productos de conveniencia.

Productos de Comparación o Bienes de Compra Comparada: Se considera bien de compra comparada un producto tangible del cual el consumidor quiere comparar calidad, precio y tal vez estilo en varias tiendas antes de hacer una compra. Ejemplos de bienes de compra comparada —al menos para la mayoría de los consumidores— son la ropa de moda, los muebles, los aparatos electrodomésticos caros y los automóviles.

Productos o Bienes de Especialidad: Son aquellos productos que tienen características únicas o identificaciones de marca para las cuales un grupo significativo de compradores está dispuesto a realizar un esfuerzo especial de compra. Como ejemplos se pueden citar los automóviles, artículos de alta fidelidad, máquinas fotográficas y trajes.

Productos o Bienes no Buscados: Son aquellos cuya existencia no es conocida por el consumidor o que, conociéndola, no desea comprar. Nuevos productos tales como detectores de humo, son bienes no buscados hasta que

el consumidor entra en contacto con ellos a través de la publicidad. Los clásicos ejemplos de bienes no buscados son los seguros de vida, enciclopedias o lápidas funerarias.

Los productos según su durabilidad y tangibilidad: Se dividen en tres tipos de productos, de acuerdo a la cantidad de veces que pueden ser usados, el tiempo que duran y su tangibilidad:

1. Bienes de consumo no duraderos: Son aquellos que, siendo tangibles, suelen consumirse rápidamente: cerveza o jabón.
2. Bienes de consumo duraderos: Son tangibles y generalmente pueden usarse muchas veces: frigoríficos, herramientas mecánicas y ropa.

Servicios: Son intangibles, inseparables, variables y perecederos. En consecuencia, suelen exigir un mayor control de calidad, credibilidad por parte del proveedor y adaptación a las preferencias de los consumidores. Dos ejemplos: Un corte de cabello o un servicio de reparación del automóvil.

Se fabrica un solo producto

Determinar si la empresa se dedica a fabricar un solo producto, o utiliza una materia prima para fabricar variedad o diversidad de productos, como en el caso del polietileno, si se encarga de fabricar diferentes productos, como productos de consumo, medicinas, alimentos para animales, lácteos, plásticos, aluminio, hierro, láminas, cereales, cemento, cal.

Es un producto simple o complejo

Determinar si se fabrican o manejan productos complejos, de alta confiabilidad, en estos productos se debe observar los costos de la calidad, debido a que pueden representar el 20 % de las ventas; en cambio, en el caso de las industrias de productos sencillos, cuyos requisitos de tolerancia son pocos, es común que el costo de la calidad representen menos del 5 % de las ventas.

Cantidad fabricada

Determinar de qué forma presenta la empresa sus productos terminados. En unidades por caja, cajas, kilogramos, gramos, onzas, metros, pies, toneladas, lotes por unidad, paquetes, cuantas unidades por paquetes, galones.

6.2.2 Fabrica

Tamaño

El edificio industrial, es simplemente el alojamiento de los procesos de producción, del personal y de los materiales. Su función primordial es la protección: de los empleados contra las inclemencias del tiempo; de la maquinaria y de los materiales contra la intemperie, del robo y de otras causas de pérdidas o deterioro. El edificio, la maquinaria y el personal, combinados, constituyen una “máquina” única o unidad de producción

Edificios de varios pisos. Se refiere a aquellas plantas construidas alrededor del proceso que sigue el producto final.

- Prever cambios frecuentes en la distribución.
- Que el edificio no se adapte al uso de la gravedad.
- Existencia de terreno que sea disponible para una posible expansión.
- Bajo costo del terreno.
- Requerimiento de un espacio grande despejado.

Edificio de un piso. Éste se presenta cuando se buscan grandes superficies interrumpidas de piso, la importancia de la circulación continúa de los materiales en proceso que se encuentran en un mismo nivel con un mínimo de obstrucciones. Generalmente es el edificio más utilizado, aunque en realidad se suelen construir de planta y media, que incluye un piso y sótano.

Localización

Los estudios que habitualmente se realizan para decidir el lugar óptimo donde conviene instalar una empresa consideran la distribución espacial de los recursos (naturales y humanos) y los mercados. Estos estudios incluyen el análisis de diversos aspectos: los servicios básicos requeridos para el funcionamiento de la industria, la oferta de trabajo y de materias primas, la proximidad a los mercados de venta, y las características específicas de cada región, tales como las normas reguladoras regionales o el diferente nivel de presión impositiva.

La decisión de localización industrial adquiere en nuestro mundo contemporáneo gran relevancia ya que permite reducir costos y aumentar los beneficios, y tiene importantes repercusiones tanto en el empleo (generación de nuevos puestos de trabajo) como en el desarrollo de zonas residenciales para empleados o en la creación de nuevos servicios, entre otros aspectos.

Al analizar la ubicación de grandes fábricas y sedes se puede conocer la razón por la que existen algunas áreas densamente industrializadas frente a otras zonas escasamente desarrolladas.

Las industrias que necesiten obtener materias primas se establecerán cerca de los lugares de producción de los recursos naturales que vayan a utilizar; la industria necesitará llevar a cabo un proceso de transformación de la materia prima, para convertirla en producto elaborado, y tendrá en cuenta el costo del transporte de la mercancía; en ocasiones tendrá la necesidad de contar con medios de transporte muy especializados y, por lo tanto, de mayor costo. En aquellas empresas que desplazan gran volumen de tonelaje o mercancías perecederas, las características del transporte y sus costes derivados, así como el nivel de desarrollo de las comunicaciones, influirán decisivamente; estas industrias se localizarán lo más cerca posible de los nudos de comunicaciones.

El factor humano constituye sin duda uno de los componentes que tradicionalmente han tenido mayor importancia en los costos de las empresas aunque dicho aspecto este perdiendo peso en entornos productivos tecnológicamente desarrollados. No es extraño pues, que suela seguir siendo considerado uno de los factores más importantes en las decisiones de localización sobre todo para empresas de trabajo intensivo.

Cualquier instalación necesita de recursos básicos tales como la energía y el agua pero ello es especialmente crítico en las plantas de fabricación. La disponibilidad y el coste de las diversas fuentes de energía pueden influir sobre la localización, especialmente cuando las cantidades requeridas por la instalación sean muy elevadas. Otras consideraciones necesarias son la

fiabilidad del suministro y otros servicios útiles para la empresa que puedan ser ofrecidos por los suministradores (por ejemplo tarifas nocturnas, servicios de asistencia e instalación).

Distribución de la maquinaria

Se deben presentar los puntos esenciales de la distribución de maquinaria, las normas que la rigen y los aspectos que la pueden afectar. Así como la exactitud del trabajo realizado no puede ser mayor que la de la herramienta que la produce, así también el rendimiento de una fábrica no puede ser mejor que la capacidad de la distribución de sus máquinas. Tiene que proporcionarse máquinas adecuadas para manipular el volumen probable de trabajo, y su ordenación tiene que ser tal que el trabajo circule suavemente de una operación a otra sin demoras excesivas. Las asignaciones importantes de espacio deben ser un sitio para el operario que maneja la máquina, márgenes para las partes de las máquinas sobresalientes en voladizo o de recorrido extremos, la mesa cepilladora. Márgenes para las prolongaciones de las piezas trabajadas, como las barras con que se alimenta una máquina de hacer tornillos. Sitio para que las carretillas industriales puedan entregar y llevarse las piezas que sean grandes o para que se manipule éstas sobre plataformas con patines, en camillas o en cajas.

Debe contar con espacio para los transportadores de piso o las rampas en una instalación para un producto fijo. Un sitio para poner y quitar piezas grandes que haya que trabajar en las máquinas. Esta manipulación se hace a menudo por medio de un aparejo, una grúa de pescante o de un puente grúa para cuyo uso tiene que existir espacio suficiente.

Tener una superficie para el almacenamiento de los lotes de tamaño máximo de las piezas que haya que hacer, y para el trabajo terminado y en espera de ser trasladado. La mayor parte de las veces esas superficies son necesarias para la realización efectiva de la labor con el fin de proporcionar el lugar del cual se toman las piezas para trabajarlas y aquella en que se colocan una vez terminadas.

Existen seis principios de la distribución de maquinaria los cuales son:

- Integración total: La mejor distribución es la que integra y coordina hombres, materiales y maquinaria, con el objeto de que funcionen con una sola unidad. En cierto sentido convierte una fábrica en una sola máquina en funcionamiento.
- Mínima distancia recorrida: Siendo iguales todos los demás factores, la mejor distribución es la que permite que los materiales y piezas recorran distancias mínimas entre operaciones de elaboración.
- Circulación: Siendo iguales todos los demás factores, la mejor distribución es la que dispone la zona de trabajo de manera que cada proceso u operación esté situado en el mismo orden o secuencia que ocupa en el proceso de fabricación.
- Espacio cúbico: La máxima economía se obtiene con una distribución destinada al aprovechamiento máximo de todo el espacio disponible, tanto horizontal como vertical.
- Satisfacción y seguridad: Siendo iguales los demás factores, la mejor distribución es la que hace el trabajo resulte satisfactorio seguro para los obreros.
- Flexibilidad: Siendo iguales los demás factores, la mejor distribución es la que puede reajustarse y readaptarse con un costo y molestias mínimas.

Tipo de organización de la empresa

Existe una gran variedad de organizaciones: empresas industriales, comerciales, organizaciones de servicio (bancos, universidades, hospitales, tránsito, etc.), militares, públicas, que pueden orientarse hacia la producción de bienes o productos; éstas ejercen presión sobre la vida de los individuos y hacen parte integral del medio donde el hombre trabaja, se recrea, estudia, satisface sus necesidades.

Una organización formal es un mecanismo o estructura que permite a las personas laborar conjuntamente en una forma eficiente. Cada miembro puede contribuir en forma más eficiente con su trabajo, para la conservación del objetivo primordial. Esta organización tiene ciertos propósitos como:

- Permitir al administrador o ejecutivo profesional la consecución de los objetivos primordiales de una empresa.
- Eliminar duplicidad de trabajo.
- Asignar a cada miembro de la organización una responsabilidad y autoridad para la ejecución eficiente de sus tareas.

La organización informal es la resultante de las reacciones individuales y colectivas de los individuos ante la organización formal. Este tipo de organización se puede observar en cinco niveles diferentes:

- Organización Informal Total, considerada como un sistema de grupos relacionados entre sí.
- Constituida en grupos mayores de opinión o de presión sobre algún aspecto particular de la política de la empresa.

- Grupos informales fundados en la similitud de labores y relacionados más o menos íntimamente.
- Grupos pequeños de tres y cuatro personas relacionados íntimamente.
- Individuos aislados que raramente participan en actividades sociales.

La Organización Social es grupo de personas constituido formalmente para alcanzar, con mayor eficiencia determinados objetivos en común que individualmente no es posible lograr. Sus objetivos son los fines o metas que pretenden alcanzar mediante el esfuerzo colectivo

6.2.3 Medios de producción

Maquinaria que posee

Los métodos alternos de producción se encuentran presentes virtualmente en todas las funciones operativas, sean hospitales, restaurantes o instalaciones de manufactura. La selección de maquinaria y equipo pueden ofrecer ventaja competitiva. Muchas empresas por ejemplo desarrollan una máquina única o técnica dentro de los procesos establecidos que ofrece una ventaja. Esta ventaja puede tener por consecuencia flexibilidad adicional para cumplir los requerimientos del cliente, costo menor o mayor calidad. La modificación también puede permitir un proceso de producción más estable, que tome menos tiempo en el ajuste, mantenimiento y capacitación de los operadores. En cualquiera de los casos, se ha desarrollado una ventaja competitiva para ganar las órdenes.

Maquinaria nueva o usada

Cuando se inician operaciones en una planta, se debe de diseñar un plan rotativo de reemplazo de maquinaria y equipo de tal forma que en el costo de

los productos deben ir los costos de reemplazo de maquinaria. Claro existen cierto tipo de maquinaria o equipo que no se pueden cambiar continuamente, debido al costo o al tamaño, sin embargo cuando es ese el caso el riesgo se vuelve mínimo si se adopta un buen plan de mantenimiento preventivo que garantice la funcionalidad de los equipos. Si pudiéramos evaluar los costos incurridos de una falla mecánica en plena producción, nos daríamos cuenta de la enorme economía de un buen programa de mantenimiento.

Capacidad de la maquinaria

Un producto de calidad puede producirse únicamente cuando la máquina con que se elabora puede mantener las tolerancias especificadas. Cuando el equipo no puede satisfacer estas tolerancias, el costo se incrementa en forma de desecho, reproceso, o ambos.

La colección real y análisis de los datos para el estudio de capacidad de máquina serán precedidos por ciertos pasos de planeación. Estos paso son:

1. Familiarizarse con la parte. Hacer una descripción aproximada, omitiendo todas las dimensiones innecesarias.
 - a. Estudiar las características dimensionales.
 - b. determinar qué instrumentos de medida se requieren y cómo se harán las medidas.
 - c. Estudiar el diseño de las partes y cómo puede afectar los resultados.
 - d. Considerar el material de las partes y su efecto.

2. Revisar la calidad de las partes que estarán llegando a la máquina.
 - a. Las dimensiones deben ser aceptables
 - b. No empleé partes preseleccionadas
 - c. Utilice partes obtenidas del flujo normal de material.

3. Investigar todas las fuentes de información
 - a. Ingeniería
 - b. Inspección
 - c. Produccion
 - d. Proceso
 - e. Cualesquiera otras concernientes al problema

Cuando se estudia una máquina, la capacidad se expresa con un número, el cual puede compararse con la tolerancia especificada. Como la mayoría de los procesos industriales tienden a seguir la distribución normal de probabilidades, este número se ha definido como la dispersión seis de la desviación estándar.

$$\text{Razón de capacidad} = \frac{6\sigma}{\text{Tolerancia total}}$$

Tolerancia total = Especificación Superior – Especificación Inferior de las pieza a producir. (diámetro, largo, peso)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

En general, se considera que un equipo nuevo tiene capacidad si esta razón es igual a 67 % o menos, y el equipo en existencia tiene una capacidad si la razón es 75 % o menos.

Tipo de máquinas

Al momento de hablar de máquinas industriales debemos saber, antes que nada, que con dicha expresión estamos haciendo referencia a una variedad prácticamente inabordable de maquinarias distintas. Porque, como es más que evidente, cada uno de los muchos rubros de la industria cuenta con su propio tipo de maquinarias y herramientas.

Existen diferentes tipos de máquinas utilizadas en la industria como:

Máquinas industriales del tipo térmico: Éste tipo de máquina suele cumplir un rol fundamental para el correcto desempeño de las sociedades contemporáneas. Su aplicación es propia, básicamente, de los medios de transporte y de aquellas industrias en que la refrigeración cumple un proceso importante. Nos referimos a máquinas que mediante cambios en la temperatura son capaces de aumentar la circulación de un fluido desplazando así, por ejemplo, el aire de un sector a otro o -ejemplificación distinta- produciendo energía cinética.

Máquinas industriales con “brazo robótico”: Hacemos referencia, con esta denominación, a la maquinaria cuyo componente esencial queda constituido en la existencia de un brazo robótico. Este es el tipo de maquinaria que, precisamente, suele aplicarse en distintos puntos de la cinta transportadora;

mientras la cinta ha de transportar el producto que se está fabricando, los distintos brazos serán los encargados de ir aplicando cada parte del trabajo.

Máquinas para colocar partes, máquinas para soldar componentes, máquinas para pintar, máquinas para poner tornillos; son solo algunos de los muchos ejemplos que de este tipo tan importante de maquinaria se podría dar. Su utilización es paradigmática en aquellas industrias en las que se producen artículos electrónicos. No existe mano humana que pueda, por ejemplo, soldar las pequeñas partes que han de componer un determinado chip; todo ese trabajo queda, entonces, en los “brazos” de la maquinaria a que acabamos de hacer referencia.

6.2.4 Proceso

Que tipo de proceso

El campo de los procesos de producción abarca desde la tarea completamente manual hasta los sistemas hombre-máquina e incluye los procesos automáticos donde la mano de obra es indirecta o de supervisión.

Las tareas manuales en combinación con instrumentos mecánicos, constituyen todavía una gran porción de la actividad productiva. Los procesos de producción se pueden clasificar en:

Según el grado de intervención del agente humano:

- Manuales, las operaciones son totalmente ejecutadas por personas.

- Mecánicos o semiautomáticos, las operaciones son compartidas entre personas y máquinas
- Automáticos, la intervención humana se limita a la supervisión, el empleo de las máquinas de control numérico es un ejemplo de procedimiento automático. Estas máquinas son controladas por computadora que regulará la elección y la orientación de la herramienta y el de la pieza por fabricar.

Según la continuidad del proceso de producción.

- Continua: El proceso es ininterrumpido a lo largo del año; si hay una interrupción, ésta será por reparaciones o para mantenimiento Ejemplo: refinación del petróleo, fábricas de fundiciones y aleaciones, tratamiento de aguas residuales, etc.,
- Repetitivo o en serie: También conocido como producción en cadena, implica el flujo secuencial de los materiales de una operación a la siguiente y se emplea para la producción en masa a intervalos regulares de un producto estándar. Puede ser una o varias líneas dentro de una máquina o una producción en línea esporádica, es decir, varios procesos secuenciales íntimamente ligados. Su desventaja radica en que la planta carece de flexibilidad. Ejemplos, fabricación alimentos, de automóviles, de aparatos electrónicos, etc.
- Intermitente o por lotes: Implica el flujo intermitente de materiales, se agrupan las máquinas de acuerdo con el tipo de trabajo a realizar por departamento o sección, ofrece flexibilidad y equilibrio en las cargas de trabajo. Su desventaja está en el excesivo manejo y transporte de materiales, productos en proceso y productos terminados. Ejemplos

producción por pedido por talleres mecánicos, industrias aeronáutica, industrias de la construcción, etc.

- Semi-serie: Es un arreglo intermedio entre los dos sistemas anteriores, hacen en un mismo departamento varias operaciones sucesivas que requiere un mismo producto con objeto de reducir el costo de manejo y el material en proceso.

Según la naturaleza del procedimiento

- Integración: Se trata de integrar o mezclar varias componentes para la obtención de un producto nuevo. Ejemplos: cocinar mezclando los ingredientes, fabricar tableros de revestimiento, mezclar cemento y arena, ensamble de automóviles, armado de televisores, etc.
- Desintegración: Se trata de fraccionar el insumo en varios productos. Ejemplos: refinación de petróleo, tratamiento y filtración de aguas, corte del tronco de un árbol, etc.
- Modificación: Se distinguen dos tipos de modificación; en el primero, ningún cambio evidente se percibe en el objeto pero ciertas operaciones si modifican algún detalle de él. Ejemplo: reparación de automóviles, en el otro tipo, la modificación se traduce en un cambio de la forma que no afecta a la naturaleza del objeto.

Tipo de materia prima utilizada

Las materias primas son los productos de origen vegetal, animal o mineral que pueden ser transformados y utilizados por la industria para elaborar otros productos.

Según su origen, las materias primas se pueden clasificar en:

- Materias primas vegetales, como la madera o el algodón, con los que se fabrican muebles y tejidos.
- Materias primas animales, como la piel y la leche de las vacas.
- Materias primas minerales, que a su vez se clasifican en:

Minerales metálicos, como el hierro o el cobre, que utilizan industrias como la metalúrgica.

Minerales no metálicos, como el azufre o la fluorita, que emplea la industria química, entre otras.

Rocas industriales, como el yeso o el granito, fundamentales en la industria de la construcción

Existe algún problema en el proceso

El proceso puede estar formado por varias etapas o subprocesos, donde cada una de estas etapas puede verse como un proceso.

Se analizan cada uno de las partes que compone el proceso industrial y se hace una evaluación del desempeño.

Tabla IV. Evaluación del proceso industrial

Proveedores	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado de auditorias. • Índice de calidad. • Selección. • Clasificación. • Capacidades de calidad, de volumen, de entrega, costos y precios
Empleados	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencias de la producción • Actividades de los equipos • Tendencias de premios y reconocimientos • Estudios de satisfacción de los empleados • Crecimiento y desarrollo
Calidad operacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de ciclo • Rotación de inventarios • Eficiencia • Horas de retrabado • Fiabilidad del proceso industrial • Evaluación de calidad (defectos, retrabado, desperdicios, etc.)
Clientes	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de calidad • Quejas del cliente • Calidad de la entrega (servicio) • Análisis del mercado • Análisis de competitividad
Accionistas	<ul style="list-style-type: none"> • Retorno sobre activos • Utilidades • Costos operativos • Costos de servicio posventa • Inversiones comerciales

6.2.5 Costos

Distribución de costos

La distribución de costos dentro de la empresa se da por los costos operacionales y de mantenimiento para operar en forma eficiente de un determinado bien, los costos fijos que permanecen durante la actividad de la operación.

Los costos de inventario, que corresponden a los costos de mantener un inventario suficiente, deben tener en cuenta los riesgos de obsolescencia, espacio para almacenamiento, costos de sobrantes.

Los costos de no mantener un inventario suficiente deben tener en cuenta los trastornos por despachos con costos adicionales de aceleración, costos extras por compras antieconómicas, pérdida de prestigio ante el cliente.

Relación entre el precio de venta y el costo de producción

El costo por unidad de ventas netas es el índice más común. Esta información es una herramienta muy valiosa cuando hay que tomar decisiones gerenciales de alto nivel. Hay que tener presente que las ventas se producen con retraso respecto a de la producción y, además, están sujetas a variaciones de temporada, por lo que este índice es malo ya que se refiere a un análisis de corto plazo. También se ve afectado por los cambios en el precio de venta y por los altibajos de los mercados disponibles. A pesar de todo lo anterior, quizás no haya mejor denominador común que las ventas netas para una planeación y medición año con año.

Costos en relación con la competencia

Como parte del análisis de costos, la administración deseara determinar cuáles son los costos óptimos, información que es difícil de especificar. Una técnica consiste en hacer comparaciones con otras compañías. Son cada vez más las empresas que utilizan como índice las ventas netas, puesto que la comparación es más fácil. Sin embargo, surge la complicación que muchas compañías mantienen en secreto sus costos de la calidad. Por ejemplo, los costos indirectos pueden o no quedar incluidos en un elemento del costo en particular. Son muchas las variaciones que se producen según el tipo de empresa de fabricación o servicio, lo que se refleja en una notable variación del costo de la calidad.

Los costos por falla se tienen que optimizar cuando no existen proyectos para reducirlos, o cuando tales proyectos no son factibles económicamente. Los costos por concepto de evaluación también se tienen que optimizar por la misma razón anterior. Los costos por prevención se optimizan cuando la mayor parte del costo por unidad monetaria se destina a proyectos de mejoramiento, cuando las tareas de prevención se someten a un análisis para obtener su mejor a y cuando las tareas de prevención que se efectúan sin un proyecto específico están bajo el control de un bien estructurado presupuesto.

6.2.6 Control de calidad

Sistema de control de calidad

El objetivo del control de calidad y la mejora continua es realizar actividades recurrentes para incrementar la habilidad para cumplir con requerimientos, o sea, implementar la mejora continua en las características de calidad. Para esto se aplican acciones preventivas y correctivas; las primeras sirven para eliminar la causa de una potencial inconformidad u otra situación potencial indeseable. Se enfoca a prevenir ocurrencias de inconformidad. Las segundas son para eliminar la causa de la inconformidad que se ha detectado y es empleada para prevenir recurrencia.

Causas asignables

Es un factor que contribuye a la variación en la calidad y el cual es factible de identificar económicamente. Pueden identificarse y eliminarse las causas transferibles para lograr el control estadístico.

Existe variación por causas comunes (o por azar) que son aquellas que permanecen día a día, lote a lote. Esta variación es inherente a las actuales características del proceso y es resultado de la acumulación y combinación causas que son difíciles de identificar y eliminar, debido a que son inherentes al sistema y porque la contribución individual de cada causa es pequeña, no obstante, representa a largo plazo la mayor oportunidad de mejora.

La variación por causas especiales (o atribuibles) es causada por situaciones o circunstancias especiales que no son permanentes en el proceso. Por ejemplo la falla ocasionada por el mal funcionamiento de una pieza de la

máquina, el empleo de materiales no habituales o el descuido no frecuente del operario. Las causas especiales, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello.

6.3 Desarrollo del Proyecto

El grupo de estudiantes tiene la libertad de elegir el producto del cual desea estudiar su proceso y para el que va a definir las metodologías de control de calidad apropiadas. Se requiere que el estudiante haga una descripción detallada del proceso y un análisis de riesgos previo a diseñar el sistema de control.

Objetivo

Estructurar un plan de control de calidad para el producto estudiado.

Metodología

- Visitas técnicas
- Videos
- Entrevistas

Diseño de la práctica

Seleccionar una empresa de carácter industrial o de servicio que este anuente a que se le visite y en la cual se pueda implementar un sistema de control de calidad, realizar una solicitud formal para presentar al gerente o presidente de la empresa, en la cual se describe de forma objetiva el procedimiento y el objetivo de realizar la visita y el estudio y la implementación de un sistema de control.

Una vez especificada la empresa en que se va a trabajar, familiarizarse con el producto y el proceso correspondiente, definir los objetivos y alcance del trabajo y preparar el programa de actividades, discutir si es posible previo a la primera visita, el proceso y los posibles problemas que se van a encontrar.

Equipo y material necesario

- Equipo de cómputo
- Software de la especialidad
- Cámara fotográfica
- Materiales de oficina
- Libros
- Internet

Desarrollo de actividades

I. Organizar la primera visita.

- Organizar a los integrantes de grupo de trabajo.
- Designar el área de trabajo de cada grupo.
- Adicionalmente cada grupo debe repartirse su trabajo, cual es su objetivo, que datos necesita, quien se los puede proporcionar.
- Discutir los resultados de la primera visita.
- Clasificar la información.
- Discutir el proceso e informarse sobre el mismo.
- Que tipos de fallas existen.
- Cuáles son los puntos de control.
- Existe un problema para obtener cierta información.
- Existe alguna información que se tiene que obtener fuera de la fábrica.

II. Con la información obtenida de la primera visita, diseñar un sistema de control tentativo.

- Definir los puntos de control y justificar su existencia.
- Indicar los posibles puntos de control.
- Indicar en qué consistirán estos puntos de control.
- Indicar cuál es el tipo de gráfica o tipos de gráficas a utilizar.
- Indicar como se llevara el control, quien lo debe llevar, y en qué equipo se necesita.
- Desarrollar formatos para recolección y análisis de datos.
- Indicar quién deberá ser el encargado de cada punto de control.
- Diseñar un manual de procedimientos para cada punto de control.
- Definir las tareas y obligaciones del personal encargado del control de calidad.
- Indicar la papelería necesaria para llevar a cabo el control de calidad.
- Indicar los métodos de control correctivo o preventivo en la inspección de entrada de materiales y materia prima, en los puestos de trabajo, en la inspección de producto en proceso y en la inspección de producto terminado.
- Indicar que cambios son necesarios en los procedimientos actuales, justificarlos.
- Hacer énfasis en las ventajas que traerá la implantación del sistema de control en empresa.
- Desarrollar planes de evaluación de proveedores.
- Presentar el sistema de control a la empresa.

III. Una vez diseñado el sistema de control tentativo, organizar una segunda visita a la fábrica.

- Si es posible, la visita debe llevarse a cabo cuando se pueda observar el proceso completo.
- Comunicar a la empresa cuando se llevará a cabo la visita y explicar el objetivo de la misma.
- Organizar los grupos de trabajo para cada punto de control.
- Definir que tarea debe efectuar cada grupo.
- Proveerse de todo lo necesario para efectuar el trabajo.
- Un aspecto importante al efectuar la visita, es que cada grupo haya comprendido el trabajo que debe efectuar, el propósito de del mismo, y que pueda explicárselo tanto a los jefes de la empresa como a los trabajadores.
- Probar el funcionamiento del sistema de control.
- Apuntar cualquier dato, sugerencia, etc. que se considera útil. para mejorar el sistema de control

Discutir los resultados de la segunda visita.

- De qué manera funcionó el sistema de control.
- Existe algún problema al ponerlo a funcionar.
- Existe alguna información que no se tomo en cuenta.
- Que sugerencias hicieron los jefes, obreros.
- Son congruentes las sugerencias de ambas partes o existen divergencias.
- Si existen divergencias, como se pueden solucionar.
- Qué actitud se noto en la empresa con respecto al sistema de control.
- Diseñar el sistema de control

Documentación del Plan

Si se hicieron de forma correcta las etapas anteriores, se dispone de toda la información necesaria para documentar el plan. Se trata de documentar como mínimo lo siguiente:

- Especificar etapa por etapa de la realización del producto qué características debe cumplir el producto, con qué medios productivos se transforma, y qué variables se controlan y cómo.
- Especificar los controles de calidad realizados por laboratorios. Ensayos sobre materias primas, productos semi-procesados, o sobre el producto final.
- Especificar las auditorías de producto o de proceso que se vayan a realizar.

Cabe destacar el hecho que toda persona dentro de la organización debe buscar los mecanismos necesarios para mantenerse en una constante evaluación de su labor, de tal manera que se puedan medir los logros obtenidos. Esta es una forma de demostrar que el control de calidad es una inversión y no un costo.

La gerencia debe participar en el programa de la calidad. Se debe integrar todo el personal. La clave de un eficiente de un programa es su enfoque hacia el cliente. Una excelente manera de empezar es satisfaciendo a cada uno de los clientes internos.

La organización debe integrar a todos los departamentos, tener un control de registros, debe existir el manejo de copias controladas para cada departamento y cada puesto.

Contenido del Reporte

Los estudiantes deben entregar a la cátedra un informe detallado de todas las actividades realizadas, una copia del documento del Plan de Calidad y copia de la nota de recepción de la administración de la empresa que les dio la oportunidad de realizar el proyecto.

CONCLUSIONES

1. Se han identificado las habilidades que deben desarrollarse durante la práctica en el estudiante de Controles Industriales, éstas quedan señaladas en el conjunto de objetivos generales y específicos de cada actividad.
2. El programa organiza todas las actividades de enseñanza aprendizaje, que permite orientar al docente con respecto a los objetivos a lograr, las conductas que deben manifestar los alumnos, las actividades y contenidos a desarrollar, así como las estrategias y recursos a emplear con este fin.
3. En el plan de Prácticas del curso se define la metodología, las actividades y los criterios de evaluación de cada unidad temática lo que permite al docente informarse sobre la evolución del proceso de aprendizaje y hacer las oportunas modificaciones, corrigiendo desviaciones y precisando nuevos objetivos.
4. La historia del control de calidad es tan antigua como la industria misma. La administración de la calidad total es una nueva forma de hacer negocios. Es la técnica que permite garantizar la sobrevivencia en una competencia en el ámbito mundial. Y solo modificando las acciones del área administrativa será posible la transformación de la cultura y acciones de toda una organización.

5. El muestreo de aceptación es una técnica estadística que permite calificar la calidad de un lote, con base en los análisis efectuados sobre una o más características estudiadas en una o mas muestras extraídas de él. El muestreo de aceptación no es una estrategia de mejora de la calidad, es más bien una estrategia de contención y de garantía con cierto nivel de seguridad que se cumplan ciertas especificaciones de calidad que han sido definidas. De esta manera, en toda relación cliente proveedor se debe buscar mejorar los proceso y corregir de fondo las causas de las deficiencias en la calidad.

6. Un Plan de Control de Calidad es un resultado final de un proceso más grande, el Diseño del Proceso de Control, con él se logrará comprender la importancia del uso de métodos estadísticos y técnicas de análisis, así como los medios más adecuados en el aseguramiento de la calidad para garantizar que el producto resultante cumpla con los requisitos.

7. El control de procesos por medio de gráficos de control ayudará a evaluar la conformidad y estabilidad de las especificaciones de un proceso o producto. Aporta una información gráfica, en tiempo real, de cómo el proceso se está comportando y, por lo tanto, facilita la acción correctiva del mismo en caso de existir variaciones fuera de especificación.

RECOMENDACIONES

1. Al inicio del ciclo lectivo se debe entregar el programa de prácticas al grupo de estudiantes y exponer los objetivos o unidades de competencia, el tiempo calculado para cada tema o unidad, los temas a desarrollar técnicas de enseñanza a aplicar, formas de evaluación.
2. Escribir un instructivo de trabajo para cada una de las actividades que se realizarán y que indique a los estudiantes las habilidades que se pretenden desarrollar.
3. En el desarrollo de las sesiones utilizar materiales de apoyo, que contribuyan aprendizaje significativo como audiovisual o multimedia, recursos y materiales informáticos, diagramas, esquemas, mapas conceptuales, ensayos, bibliografías.
4. Impulsar a los estudiantes a participar activamente durante las clases, para mejorar el aprendizaje de forma individual y colectiva.
5. Procurar que los contenidos del curso sean actuales, comprensibles y relevantes en la formación.
6. Mantener actualizadas las prácticas y mejorar este material de aprendizaje constantemente.

7. Durante el desarrollo del curso fomentar lo siguiente:
- a. La discusión justificada en clase por parte de los estudiantes.
 - b. La crítica razonada en un tema de preparación previo.
 - c. La discusión justificada de los puntos de vista de ante los estudiantes.
 - d. El autoaprendizaje.
 - e. La sensibilidad integral del tema.
 - f. Los trabajos de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Duncan, Acheson J. **Control de calidad y estadística industrial**. México: Alfaomega , 1990.
2. Feigenbaum, A. V. **Control total de la Calidad; ingeniería y administración**. México: Editorial Continental, 1971.
3. Grant, Eugene L. **Control estadístico de calidad**. México: Editorial Continental, 1997.
4. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad**. México: Editorial McGrawHill, 1997.
5. Hill, Charles W. L. Gareth R. Jones **Administración estratégica Un enfoque integrado** McGraw-Hill, 1996
6. Jurán, J. M. y Gryna, Frank. **Manual de control de calidad**. Volumen I. Cuarta Edición. España: McGraw Hill, 1993.
7. Montgomery, Douglas C. **Introducción al control estadístico de la calidad**. México: Iberoamérica, 1991.
8. Soin, Sarv Singh. **Control de calidad total, claves, metodologías y administración para el éxito**. México: Editorial McGrawHill, 1997.

9. Stoner, James A.F. A. Freeman, Daniel R. Gilbert Jr **Administración.** Editorial Pearson Prentice Hall. 1996

10. Vachette, Jean-Luc. **Mejora continua de la calidad: Control estadístico del proceso (SPC).** España: CEAC, 1992. .

ANEXO

Figura. 9 Valores para Gráficos de Variables

n	Gráficas \bar{x}				Gráficas s				Gráficas R					
	A	A ₂	A ₃	c ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	0	3.267	0	2.606	1.128	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	0	2.568	0	2.276	1.693	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	0	2.266	0	2.088	2.059	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	0	2.089	0	1.964	2.326	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Fuente Feigenbaum, A. V. **Control total de la Calidad; ingeniería y administración.** Pág. 138.