

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO
CONTROLES INDUSTRIALES**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

JUAN LUIS CHANG SAM

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 1996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

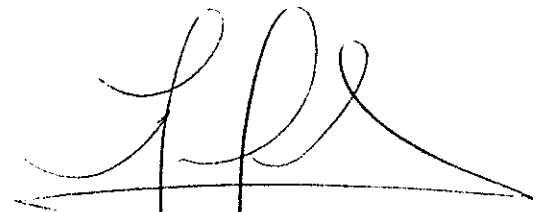
08
T(3642)
C.4

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 tesis titulado:

**MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO
CONTROLES INDUSTRIALES**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 22 de Noviembre de 1994.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

JUAN LUIS CHANG SAM

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL 1o.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2o.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3o.	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o.	Br. Fernando Waldemar de León Contreras
VOCAL 5o.	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Danilo De Jesús Balcárcel Castellanos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Morales Vargas
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA MECANICA-INDUSTRIAL

Ref. EIMI. 011.96
Guatemala,
18 de enero de 1,996

Ingeniero
Jorge Peláez Castellanos
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC


Señor Director:

Atentamente me dirijo a usted, para someter a su consideración el trabajo de Tesis del estudiante Juan Luis Chang Sam, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El trabajo en mención se titula: **MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO CONTROLES INDUSTRIALES.** He asesorado y revisado el trabajo y considerando que llena satisfactoriamente los requisitos recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente y sin otro particular,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Marta Guisela Baltan Garavito
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Area de Ingeniería de la Producción 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 contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado: **MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO CONTROLES INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario Juan Luis Chang Sam, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Martha Guisela Gaitán Garavito
COORDINADOR

Guatemala, enero de 1,996



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis 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 y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO CONTROLES INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante Juan Luis Chang Sam, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Sergio Torres Méndez
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, enero de 1,996.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

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 con el Visto Bueno del Coordinador de Area y del Coordinador General de Revisión de Tesis, al trabajo de tesis titulado **MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO CONTROLES INDUSTRIALES** presentado por el estudiante **Juan Luis Chang Sam**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, febrero de 1,996.



emds

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



FACULTAD DE INGENIERIA

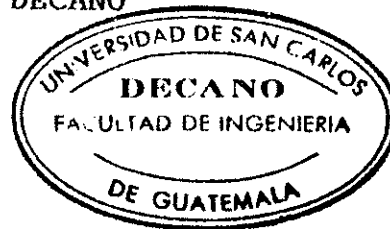
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

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 tesis titulado **MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO CONTROLES INDUSTRIALES** presentado por el estudiante **Juan Luis Chang Sam**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, febrero de 1,996

emds

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Ingeniera Martha Guisela Gaitán Garavito, así como a las personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración del presente trabajo.

Dedico Esta Tesis A

Evelyn y Paul

INDICE

LISTA DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SIMBOLOS	VI
INTRODUCCION	IX
OBJETIVOS	XI
CAPITULO 1 DESCRIPCION DEL CURSO DE CONTROLES INDUSTRIALES	
1.1 Presentación	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Generales	2
1.2.2 Específicos	2
1.3 Justificación	3
1.4 Metodología	4
1.5 Relación con el laboratorio	4
1.6 Relación con otros cursos de la carrera	5
1.7 Programación	6
1.8 Evaluación	7
CAPITULO 2 DESCRIPCION DEL LABORATORIO DEL CURSO DE CONTROLES INDUSTRIALES	
2.1 Laboratorio de clase	8
2.1.1 Descripción	8
2.1.2 Objetivos	8
2.1.2.1 Generales	8
2.1.2.2 Específicos	9
2.1.3 Justificación	9
2.1.4 Metodología	10
2.1.5 Programación	10
2.2 Laboratorio de cómputo	11
2.2.1 Descripción	11
2.2.2 Objetivos	12
2.2.2.1 Generales	12
2.2.2.2 Específicos	12
2.2.3 Justificación	12
2.2.4 Metodología	13
2.2.5 Evaluación	14
2.2.6 Paquetes de computación que se van a utilizar	14
2.2.7 Plan de trabajo de actividades	15
2.2.8 Programación	16

CAPITULO 3 INVESTIGACION SOBRE LA APLICACION DEL CONOCIMIENTO DE LABORATORIO EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA

3.1 Presentación	18
3.2 Objetivos	19
3.3 Metodología	19
3.4 Investigación de campo	20
3.5 Conclusiones	26

CAPITULO 4 PRACTICAS INTRODUCTORIAS DE LABORATORIO

4.1 Conocimientos básicos de los paquetes de computación que se van a utilizar	28
4.1.1 Descripción	28
4.1.2 Objetivos	28
4.1.3 Conceptos de enseñanza	29
4.1.4 Desarrollo	35
4.1.5 Evaluación	37
4.2 Distribución de frecuencias	38
4.2.1 Descripción	38
4.2.2 Objetivos	39
4.2.3 Conceptos de enseñanza	39
4.2.4 Desarrollo	40
4.2.5 Evaluación	43

CAPITULO 5 PRACTICAS DE LABORATORIO DE GRAFICOS DE CONTROL

5.1 Gráficos de control por variables X-R	45
5.1.1 Descripción	45
5.1.2 Objetivos	45
5.1.3 Conceptos de enseñanza	46
5.1.4 Desarrollo	47
5.1.5 Evaluación	53
5.2 Gráficos de control por variables X- σ	55
5.2.1 Descripción	55
5.2.2 Objetivos	55
5.2.3 Conceptos de enseñanza	56
5.2.4 Desarrollo	56
5.2.5 Evaluación	60
5.3 Gráficos de control por atributos P y nP	61
5.3.1 Descripción	61
5.3.2 Objetivos	61
5.3.3 Conceptos de enseñanza	61
5.3.4 Desarrollo	64
5.3.5 Evaluación	69

5.4 Gráficos de control por atributos C	71
5.4.1 Descripción	71
5.4.2 Objetivos	72
5.4.3 Conceptos de enseñanza	72
5.4.4 Desarrollo	73
5.4.5 Evaluación	77
5.5 Gráficos de control por atributos U	79
5.5.1 Descripción	79
5.5.2 Objetivos	79
5.5.3 Conceptos de enseñanza	80
5.5.4 Desarrollo	81
5.5.5 Evaluación	84
5.6 Gráficos de control por atributos D	84
5.6.1 Descripción	84
5.6.2 Objetivos	84
5.6.3 Conceptos de enseñanza	85
5.6.4 Desarrollo	87
5.6.5 Evaluación	90

CAPITULO 6 PRACTICAS DE LABORATORIO DE MUESTREO DE ACEPTACION

6.1 Muestreo de aceptación por atributos simple	92
6.1.1 Descripción	92
6.1.2 Objetivos	92
6.1.3 Conceptos de enseñanza	93
6.1.4 Desarrollo	95
6.1.5 Evaluación	99
6.2 Muestreo de aceptación por atributos doble	100
6.2.1 Descripción	100
6.2.2 Objetivos	100
6.2.3 Conceptos de enseñanza	101
6.2.4 Desarrollo	103
6.2.5 Evaluación	108
6.3 Muestreo de aceptación por atributos secuencial	108
6.3.1 Descripción	109
6.3.2 Objetivos	109
6.3.3 Conceptos de enseñanza	109
6.3.4 Desarrollo	111
6.3.5 Evaluación	115

CONCLUSIONES	117
--------------	-----

RECOMENDACIONES	118
-----------------	-----

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

REFERENCIAS	119
BIBLIOGRAFIA	120
OTRAS FUENTES DE INFORMACION	121
APENDICES	123
Apéndice A. Factores útiles para la construcción de gráficos de control.	125
Apéndice B. Areas bajo la curva normal.	126
Apéndice C. Términos acumulativos, límite binomial exponencial de Poisson.	128
Apéndice D. Desviaciones normales aleatorias.	130
Apéndice E. Modelo de un proyecto final de laboratorio de cómputo.	132

LISTA DE ILUSTRACIONES

GRAFICAS

1. Programación de actividades del laboratorio de cómputo
2. Gráfica X-Y
3. Polígono de frecuencias
4. Histograma
5. Gráfico X
6. Gráfico R
7. Gráfico X recalculado
8. Gráfico X
9. Gráfico σ
10. Gráfico P
11. Gráfico nP
12. Gráfico C
13. Gráfico C recalculado
14. Gráfico U
15. Gráfico D
16. Curva CO, muestreo simple
17. Curva Calidad Media de Salida, muestreo simple
18. Curva CO, muestreo doble
19. Curva Calidad Media de Salida, muestreo doble
20. Gráfica muestreo secuencial

LISTA DE SÍMBOLOS

- X Promedio de dos o más valores. El promedio de n valores de X es la suma de los valores X dividida por n .
- R Amplitud, diferencia entre el valor máximo y el mínimo en cualquier conjunto de números.
- σ Desviación típica o estándar.
- A1 Coeficiente de σ para determinar la distancia de la línea central a los límites de control 3-sigma en un gráfico X .
- A2 Coeficiente de R para determinar la distancia de la línea central para los límites de control en un gráfico X .
- D3 Coeficiente de R para determinar el límite de control inferior 3-sigma de un gráfico para R .
- D4 Coeficiente de R para determinar el límite de control superior 3-sigma de un gráfico para R .
- B3 Coeficiente de σ para determinar el límite de control inferior 3-sigma en un gráfico para σ .
- B4 Coeficiente de σ para determinar el límite de control superior 3-sigma en un gráfico para σ .
- P Fracción defectuosa, proporción entre el número de piezas defectuosas y el número total inspeccionado.
- nP Número de piezas defectuosas en una muestra de tamaño n .

- C Número de defectos, usualmente en una muestra de tamaño dado.
- U Defectos por unidad, razón del número de defectos de una muestra al número total de unidades de la muestra; $u=C/n$.
- D Número de defectos ponderado.
- LCS Límite de control superior de un gráfico de control.
- LCC Límite de control central de un gráfico de control.
- LCI Límite de control inferior de un gráfico de control.
- N Número de piezas de un lote a muestrear con fines de aceptación.
- n Número de piezas o valores observados en cualquier muestra o subgrupo dados.
- n1 En un muestreo doble, el número de piezas de la primera muestra.
- n2 En un muestreo doble, el número de piezas de la segunda muestra.
- c En los programas de muestreo de aceptación simple, el número de aceptación, o sea el número máximo admisible de piezas defectuosas en una muestra de tamaño n.
- c1 En los programas de muestreo de aceptación doble, el número de aceptación para la primera muestra, o sea el número máximo de piezas defectuosas que permite la aceptación del lote con base en la primera muestra.
- c2 En los programas de muestreo de aceptación doble, el número de aceptación para las dos muestras combinadas, o sea el número máximo de piezas defectuosas que permite la aceptación del lote considerando las dos muestras.
- r En los programas de muestreo de aceptación simple, el número de rechazo.
- r1 En un muestreo doble, el número de rechazo para la primera muestra.
- r2 En un muestreo doble, el número de rechazo para las dos muestras combinadas.
- CO Característica de operación, curva.

- P(A) Probabilidad de aceptación de un lote o producto dados.
- P(R) Probabilidad de rechazo.
- NCA Nivel de calidad aceptable. (AQL)
- PDTL Porcentaje de defectuosos tolerado en el lote. (LTPD)
- CMS Calidad media de salida. (AOQ)
- LCMS Límite de calidad media de salida. (AOQL)
- ITM Inspección total media.
- TPM Tamaño promedio de muestra.
- α Riesgo del productor, o sea la probabilidad de rechazar un producto de cierta calidad determinada por un plan de muestreo de aceptación estipulado.
- β Riesgo del consumidor, o sea la probabilidad de aceptar un producto de cierta calidad determinada, por un plan de muestreo de aceptación estipulado.
- Ac Recta de aceptación, muestreo secuencial.
- Re Recta de rechazo, muestreo secuencial.
- m Número de elementos inspeccionados, muestreo secuencial.
- d Número de defectuosos acumulado, muestreo secuencial.
- Σ Sumatoria
- exp Exponente (e^x).
- ! Signo de factorial. $n!$ es el producto de los n primeros números enteros.
- ^ Potenciación.
- Z_i Número aleatorio.
- μ Media poblacional.

El presente trabajo de tesis, cuyo título es: "MANUAL DE LABORATORIO DEL CURSO CONTROLES INDUSTRIALES", surge ante la necesidad tanto de las autoridades como de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, de la existencia de un manual de laboratorio para ese curso, que sirva como guía para los auxiliares que imparten los laboratorios, tanto de clase como de cómputo, como para los estudiantes que necesitan poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en clase, así como el conocimiento de las diferentes herramientas estadísticas y de computación disponibles para simplificar los cálculos y operaciones que se necesitan realizar en un ejercicio práctico de control de calidad.

Debido a que el laboratorio de clase se trabaja en conjunto con el laboratorio de cómputo, este manual servirá como guía para la planificación de ambos laboratorios, a lo largo del desarrollo de los diferentes puntos que se encuentran en el contenido del programa del curso de Controles Industriales.

La organización de esta tesis se presenta en tres partes fundamentales:

La primera parte constituye una descripción de la importancia y el contenido del curso, del laboratorio de clase, y del laboratorio de cómputo.

En la segunda parte, se presentan los resultados obtenidos de la investigación de campo que se realizó en diferentes empresas, para determinar qué técnicas de control estadístico de calidad se utilizan actualmente en la industria guatemalteca.

La tercera parte está conformado por el desarrollo de cada una de las prácticas de laboratorio contenidos en el programa de laboratorio de cómputo del curso. Se incluye en cada uno, una breve descripción de la práctica, así como los objetivos que se pretenden con ella, algunos conceptos de enseñanza, la resolución de un caso práctico, y ciertos ejercicios para ser resueltos por los estudiantes.

OBJETIVOS

GENERALES

- Ayudar a la formación académica de los futuros profesionales en el área de control de calidad.
- Actualizar a los estudiantes en las diferentes herramientas de computación que serán utilizadas en los laboratorios.

ESPECIFICOS

- Presentar una guía para la práctica de los diferentes laboratorios que se desarrollan en el curso.
- Complementar las clases teóricas del curso con un laboratorio que sea eficaz, utilizando las herramientas estadísticas y de computación disponibles para el control estadístico de calidad.
- Coordinar el contenido que se impartirá en el laboratorio de clase con el laboratorio de cómputo.

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL CURSO DE **CONTROLES INDUSTRIALES**

1.1 PRESENTACION

En los tiempos actuales en donde se busca incrementar cada vez más la productividad y la competitividad en toda empresa, es de vital importancia la calidad en los productos o servicios brindados a la sociedad. Y con ello, la calidad total está íntimamente ligada con la productividad dentro de cualquier organización.

La calidad se aplica a toda actividad humana, e inclusive al hombre mismo. Calidad total quiere decir, calidad en todo lo que se hace en los diferentes campos en que se actúa, en todas las áreas de la vida: privada, social y de trabajo.

El curso de CONTROLES INDUSTRIALES forma parte de los últimos cursos del área de producción de las carreras de Ingeniería Industrial o Ingeniería Mecánica Industrial, el cual tiene como propósito relacionar al estudiante con el control total de calidad, haciendo énfasis en las herramientas estadísticas y de computación que son especialmente útiles para controlar la calidad de producción. Se encamina a formar en ellos el criterio profesional que les permita el desempeño eficiente de esta función de control de calidad en circunstancias particulares.

Al curso de Controles Industriales se le ha dado un carácter teórico práctico para cada una de las experiencias de aprendizaje que facilite a los estudiantes la oportunidad de

adquirir habilidades en el manejo de las técnicas de control de calidad, y en la solución de problemas relativos al mismo. Así también, les permite relacionar los conocimientos sobre técnicas de ingeniería que ha estudiado en otros cursos para el análisis e interpretación de estos problemas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERALES

Al finalizar el curso, el estudiante estará en capacidad de:

- a. Conducir el desarrollo de las operaciones bajo el criterio de calidad total.
- b. Diseñar sistemas de control de calidad.
- c. Mantener e incrementar la productividad en una empresa a través de la calidad.
- d. Fomentar la conciencia de calidad en el ejercicio profesional.
- e. Fundamentar su ejercicio profesional en los principios del control total de la calidad.

1.2.2 ESPECIFICOS

Al finalizar el curso, los estudiantes:

- a. Identificarán las funciones principales del control total de la calidad.
- b. Se identificarán con la filosofía y los principios en los cuales se basa el control total de la calidad.

- c. Manejarán las diferentes técnicas estadísticas aplicables en el control total de la calidad.
- d. Identificarán las técnicas de ingeniería de control de calidad en la producción de bienes o servicios.
- e. Integrarán sus conocimientos estadísticos, aplicándolos para solucionar problemas de control de calidad.

1.3 JUSTIFICACION

Las modernas técnicas de fabricación, el mercado actual competitivo y la creciente conciencia del consumidor en cuanto a la calidad, son algunos de los factores que exigen a los productores una especial atención en el cumplimiento de las normas y especificaciones de calidad, relativas a los bienes y servicios que desarrollan.

En ese sentido, la consecución de la calidad hoy en día, se convierte en una estrategia de negocios, como la forma de incrementar la competitividad, alcanzar el éxito y mantenerse en él.

Sin embargo, la planeación y ejecución de esta estrategia requiere de una administración que dé énfasis al liderazgo de la calidad a través de toda organización, y éste es el criterio en el cual se basa la filosofía del CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD. Un sistema administrativo donde los esfuerzos de todos los grupos participantes en la empresa se integran para el desarrollo y la superación de la calidad. En este sistema, se hace imprescindible que dentro de la empresa se cuente con una unidad encargada del control de

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

calidad que garantice que los productos o servicios sean eficientes y puedan colocarse en el mercado competitivo.

De allí surge la necesidad de contar con un curso como el de **CONTROLES INDUSTRIALES** para la formación académica de los futuros profesionales, para que éstos puedan desempeñarse eficientemente en el área de control de calidad.

1.4 METODOLOGIA

Actualmente para la exposición de los diferentes módulos, así como las diferentes unidades que abarca el programa del curso **Controles Industriales**, se está utilizando una técnica expositiva dinamizada en la cual los estudiantes también tienen participación en las exposiciones docentes. También se cuenta con laboratorios tanto de clase como decómputo, para que los estudiantes pongan en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las clases magistrales. Así también, una investigación bibliográfica en la cual los estudiantes podrán enriquecer aún más sus inquietudes referente al control de calidad.

Para que los estudiantes tengan una experiencia más cercana sobre el control total de la calidad, se dejarán algunos trabajos de aplicación de campo, en los cuales podrán visitar ciertas empresas para determinar qué tipo de control de calidad se lleva en ella, así como hacer las propuestas con base en los conocimientos adquiridos en el curso y que puedan mejorar los procesos estudiados.

1.5 RELACION CON EL LABORATORIO

El curso de Controles Industriales es sumamente práctico, en el cual el laboratorio es indispensable para que los estudiantes puedan poner en práctica los conocimientos teóricos que se adquieren en la clase, y adquieran las habilidades en el manejo de las técnicas de control estadístico.

Por medio del laboratorio de clase, los estudiantes analizarán diferentes casos relacionados con el control estadístico de calidad. En el laboratorio de cómputo, utilizarán las diferentes herramientas de computación para la resolución de dichos casos.

1.6 RELACION CON OTROS CURSOS DE LA CARRERA

El curso de Controles Industriales está íntimamente ligado al resto de cursos, no solamente del área de producción sino también del área de administración de las carreras de Ingeniería Industrial o Ingeniería Mecánica Industrial; en el sentido de que, la filosofía de calidad total debe de aplicarse a todos los cursos de la carrera.

Actualmente se vive en una sociedad con una nueva cultura de economía de mercados y en la inter-relación más dinámica entre países y personas del mundo. De allí surge la filosofía de la calidad total, y únicamente las empresas de calidad total lograrán sobrevivir ante esta nueva tendencia de mercado.

El control total de la calidad se ocupa del diseño, la medición, y el control de la calidad de la materia prima, las componentes, los subensambles y los productos o servicios terminados, y el desempeño de los mismos ante el consumidor.

El curso de Controles Industriales mantiene una relación muy estrecha con los otros cursos específicos pertenecientes al área de producción, como lo son la Ingeniería de

Plantas, la Ingeniería de Métodos, el Control de la Producción, y el Diseño para la Producción. Dichos cursos, juntamente con el curso de Controles Industriales, representan una cadena de actividades de aprendizaje que ayudarán a la formación académica de los futuros profesionales.

Así también, cursos del área de Administración tales como Administración de Empresas, Administración de Personal, y Mercadotecnia, llevan una gran relación con el curso de Controles Industriales, ya que una de las funciones de la administración es el control de operaciones de la organización, y una de ellas el control de calidad. La garantía de los estándares de calidad debe ser obviamente una consideración importante para todos los administradores.

La importancia de la calidad es vital para cualquier sistema de administración. Una herramienta de productividad es el control total de la calidad.

1.7 PROGRAMACION

El contenido del curso de Controles Industriales está estructurado de la siguiente manera:

Módulo 1 **Administración de la Calidad.**

Módulo en el cual se introduce la filosofía y los principios de Calidad Total.

Módulo 2 **Control Estadístico de la Calidad.**

Módulo en el cual se presentan las técnicas estadísticas aplicables en el control total de la calidad. Este módulo consta de tres unidades.

Unidad 1 Fundamentos Estadísticos.

Unidad 2 Gráficos de Control.

Unidad 3 Muestreo de Aceptación.

La programación de los diferentes puntos que se encuentran en el contenido del programa del curso teórico de Controles Industriales, está distribuido de la siguiente manera:

Módulo 1 6 períodos de clase.

Módulo 2

Unidad 1 5 períodos de clase.

Unidad 2 13 períodos de clase.

Unidad 3 13 períodos de clase.

Total 37 períodos de clase.

1.8 EVALUACION

2 exámenes parciales (12 puntos c/u)	24 puntos
Comprobación de lectura	10 puntos
Laboratorios y prácticas	20 puntos
Trabajo de aplicación	6 puntos
Calificación de zona	60 puntos
Examen final	40 puntos
TOTAL	100 puntos

CAPITULO 2

DESCRIPCION DEL LABORATORIO DEL CURSO DE CONTROLES INDUSTRIALES

2.1 LABORATORIO DE CLASE

2.1.1 DESCRIPCION

El laboratorio de clase sirve de complemento a la clase teórica magistral, en el cual se presentan, analizan y resuelven casos de estudio relacionados con el control estadístico de calidad.

Tiene la finalidad de que los estudiantes participen en la resolución de los casos presentados, por medio de los conceptos teóricos que ya han adquirido en la clase teórica magistral.

Así también, los estudiantes podrán enriquecer su práctica en la resolución de problemas de control estadístico de calidad, al resolver algunos casos de estudio que se dejarán al final del laboratorio para que sean resueltos por los estudiantes.

2.1.2 OBJETIVOS

2.1.2.1 GENERALES

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes:

- a. Aplicarán los conocimientos teóricos adquiridos en la clase teórica magistral.
- b. Identificarán las técnicas de ingeniería de control de calidad aplicables a situaciones particulares.
- c. Fomentarán la conciencia de calidad en su ejercicio profesional.

2.1.2.2 ESPECIFICOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes:

- a. Aplicarán las diferentes herramientas estadísticas disponibles, para analizar casos de estudio de control de calidad.
- b. Estarán en capacidad de analizar y plantear alternativas de solución a casos de estudio relacionados con la administración de la calidad.

2.1.3 JUSTIFICACION

En las clases teóricas que se imparten en el curso, los estudiantes valorarán la importancia de la calidad en la producción de bienes y servicios, así como también se identificarán con la filosofía y los principios en los cuales se basa el control total de la calidad.

Es de gran importancia contar con un laboratorio de clase, para que los estudiantes participen activamente en el análisis y resolución de problemas de control estadístico de calidad.

2.1.4 METODOLOGIA

El laboratorio de clase del curso de Controles Industriales será impartido una vez a la semana; se dispone de 14 sesiones durante el semestre, y de un total de 50 minutos para cada sesión.

En cada laboratorio, se pondrán en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en la clase magistral de esa semana.

Se expone un caso práctico para ser analizado y resuelto, para lo cual se sugiere la participación activa de los estudiantes.

Al finalizar el caso práctico, se entregará un informe del análisis del mismo y las soluciones propuestas.

2.1.5 PROGRAMACION

El contenido del laboratorio de clase del curso de Controles Industriales, está estructurado de la siguiente manera:

Módulo 1 *Administración de la Calidad.*

Módulo 2 *Control Estadístico de la Calidad.*

Este módulo consta de tres unidades.

Unidad 1 *Fundamentos Estadísticos.*

Unidad 2 *Gráficos de Control.*

Unidad 3 *Muestreo de Aceptación.*

La programación de las diferentes actividades de aprendizaje, estarán en coordinación con las clases teórica magistrales, y distribuido de la siguiente manera:

Módulo 1 3 sesiones de laboratorio.

3 sesiones para la realización de comprobaciones de lectura.

Módulo 2

Unidad 1 1 sesión de laboratorio.

Unidad 2 4 sesiones de laboratorio.

Unidad 3 3 sesiones de laboratorio.

Total 14 sesiones de laboratorio.

2.2 LABORATORIO DE COMPUTO

2.2.1 DESCRIPCION

Además del análisis y resolución de casos de estudio relacionados con el control estadístico de calidad, que se realizan en los laboratorios de clase, es importante que los estudiantes estén en capacidad de resolver problemas de control de calidad, utilizando las diferentes herramientas disponibles de computación.

El laboratorio de cómputo servirá para cumplir con el propósito descrito anteriormente.

2.2.2 OBJETIVOS

2.2.2.1 GENERALES

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes:

- a. Pondrán en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en la clase teórica magistral, así como los conocimientos que fueron adquiridos en el laboratorio de clase.
- b. Podrán resolver problemas de control de calidad por medio de la aplicación de las técnicas de ingeniería correspondientes, utilizando la computación como una herramienta.

2.2.2.2 ESPECIFICOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes:

- a. Estarán en capacidad de analizar un ejercicio práctico de control de calidad, así como de resolverlo utilizando las diferentes herramientas de computación.
- b. Conocerán las diferentes herramientas de computación, disponibles para simplificar los cálculos y operaciones que se necesitan realizar en un ejercicio práctico de control de calidad.

2.2.3 JUSTIFICACION

En este mundo tan cambiante, ante la megatendencia que se está experimentando de la transformación de una sociedad industrial a una sociedad basada en la información, en la cual la tecnología avanza a pasos agigantados, es de vital importancia estar

actualizados respecto a estos cambios, para obtener con ello mayor eficiencia, mayor productividad y mayor competitividad en el ejercicio de los futuros profesionales.

Con los avances tecnológicos actuales, existen herramientas de computación que nos ayudan a simplificar las diversas operaciones y cálculos manuales que se deben realizar en la aplicación de las técnicas estadísticas de control de calidad. Entonces se torna más indispensable el adquirir el conocimiento de estas herramientas de computación para poder simplificar dichas operaciones.

De allí surge entonces la necesidad de contar con un laboratorio de cómputo, en el cual los estudiantes puedan utilizar esas herramientas.

2.2.4 METODOLOGIA

El laboratorio de cómputo del curso de Controles Industriales será impartido en el Salón de Laboratorio de Cómputo de la Escuela de Mecánica Industrial.

El grupo de estudiantes se dividirá en cinco grupos, los cuales se presentarán una vez a la semana, asignados un día, ya sea de lunes a viernes. Se dispone de 11 sesiones durante el semestre, y de un total de 50 minutos para cada sesión.

En cada laboratorio, se expone un ejercicio práctico para ser resuelto, en la cual se presentan las diferentes herramientas de computación que se pueden utilizar para la resolución de dicho problema. Así también, se sugiere la participación de los estudiantes para el análisis del caso y finalmente la resolución del ejercicio en la computadora.

Al final de cada sesión, se les dejará una tarea a los estudiantes, para ser entregado en la próxima sesión de laboratorio de cómputo. Dicha tarea tendrá la finalidad de que los estudiantes practiquen los conocimientos adquiridos en esa sesión de laboratorio.

Al finalizar las 11 sesiones que se tienen programadas de laboratorio de cómputo, se dejará un proyecto final para ser resuelto por los estudiantes.

2.2.5 EVALUACION

Para el laboratorio de cómputo, se propone un valor de 6 puntos, los cuales están distribuidos en la asistencia, las tareas, y el proyecto final.

En el apéndice E, se muestra el proyecto final que se dejó a los estudiantes, correspondiente al primer semestre de 1995.

2.2.6 PAQUETES DE COMPUTACION QUE SE VAN A UTILIZAR

En el desarrollo del laboratorio de cómputo del curso de Controles Industriales, se utilizará el paquete de computación denominado QPRO o también conocido como QUATTRO PRO.

Dicho paquete consiste en una hoja electrónica, en el cual todas las operaciones matemáticas se simplifican con una serie de comandos disponibles.

También nos permite realizar diferentes tipos de gráficas de una manera muy sencilla.

Así también, permite realizar una presentación de varias gráficas con sólo presionar una tecla de la computadora.

2.2.7 PLAN DE TRABAJO DE ACTIVIDADES

I PRACTICAS INTRODUCTORIAS DE LABORATORIO

En estas sesiones, se dará inicialmente una breve explicación acerca del paquete de computación QPRO. Los estudiantes ingresarán una serie de datos en la computadora para realizar ciertos cálculos matemáticos, elaborar una gráfica con base en los datos disponibles, imprimir la gráfica, y grabar la hoja de trabajo.

Así también, ingresarán otra serie de datos para ordenarlos en una tabla de frecuencias, y posteriormente elaborar el histograma y polígono de frecuencias respectivo.

SESION No.1 CONOCIMIENTOS BASICOS DE LOS PAQUETES DE
COMPUTACION QUE SE VAN A UTILIZAR

SESION No.2 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

II PRACTICAS DE LABORATORIO DE GRAFICOS DE CONTROL

En estas prácticas, se expone una serie de datos que corresponden a un caso de estudio, para que los estudiantes los ingresen en la computadora. Dichos datos serán de utilidad para el cálculo de los límites de control y para la representación de los puntos en las gráficas respectivas, las cuales serán analizadas e interpretadas posteriormente por los estudiantes.

SESION No.3 GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES X-R

SESION No.4 GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES X- σ

SESION No.5 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS P Y nP

SESION No.6 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS C

SESION No.7 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS U

SESION No.8 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS D

III PRACTICAS DE LABORATORIO DE MUESTREO DE ACEPTACION

Sesiones de laboratorio en las cuales por medio de una serie de datos, que fueron ingresados previamente por los estudiantes en la computadora; se calculan las probabilidades de aceptación con base en un porcentaje de defectuosos específico, el riesgo del productor, el riesgo del consumidor, la calidad media de salida, la inspección total media, el tamaño promedio de muestra, y representarán los puntos en la curva característica de operación, así como en la curva de calidad media de salida.

Para la sesión de muestreo por atributos secuencial, se calculan los límites de aceptación y de rechazo, los cuales serán de utilidad para la representación de los puntos en la gráfica unidades inspeccionadas vs. número de defectuosos.

SESION No.9 MUESTREO DE ACEPTACION POR ATRIBUTOS SIMPLE

SESION No.10 MUESTREO DE ACEPTACION POR ATRIBUTOS DOBLE

SESION No.11 MUESTREO DE ACEPTACION POR ATRIBUTOS SECUENCIAL

2.2.8 PROGRAMACION

La programación de las diferentes actividades de aprendizaje estarán en coordinación con las clases teórica magistrales y con el laboratorio de clase; distribuido de la siguiente manera:

Gráfica No.1

Actividad	Sesión No.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Conoc. básicos	■											
Dist. frecuencia		■										
Gráficos X-R			■									
Gráficos X- σ				■								
Gráficos P y nP					■							
Gráficos C						■						
Gráficos U							■					
Gráficos D								■				
Muest. simple									■			
Muest. doble										■		
Muest. secuenc.											■	

CAPITULO 3

INVESTIGACION SOBRE LA APLICACION DEL CONOCIMIENTO DE LABORATORIO EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA

3.1 PRESENTACION

Actualmente se vive en una sociedad y en un mundo en donde todo cambia a pasos agigantados, gracias a la tecnología y a las nuevas técnicas que surgen constantemente para un mejor desarrollo.

Uno de los temas que se encuentra en creciente desarrollo, son las técnicas utilizadas para el control estadístico de la calidad, que es el contenido específico del programa del curso Controles Industriales.

Es de suma importancia que los conocimientos que se imparten en la Facultad de Ingeniería, y en este caso específico, en el curso de Controles Industriales, sean acordes a la realidad nacional.

La preparación de los futuros profesionales también incluye la actualización en los conceptos y en las nuevas técnicas utilizadas en el control estadístico de calidad, que se deben impartir en el curso, para coadyuvar con la formación académica de los mismos.

Por lo tanto, al encontrarnos en un mundo en el cual todo cambia constantemente, la actualización de las diferentes técnicas de control estadístico de calidad que se utilizan

actualmente en las diferentes empresas de la industria guatemalteca, se torna de suma importancia.

De allí surge la necesidad de realizar una investigación de campo en las diferentes industrias guatemaltecas, para determinar si los conocimientos adquiridos en el curso Controles Industriales, son los adecuados para el desempeño del futuro profesional, en el área de control de calidad.

3.2 OBJETIVOS

- a. Identificar qué técnicas de control de calidad se utilizan más frecuentemente en las diferentes empresas de la industria guatemalteca.
- b. Retroalimentar el programa del curso Controles Industriales, al determinar si los conocimientos adquiridos tanto en la clase teórica magistral, como en el laboratorio del curso, son los adecuados para que el futuro profesional tenga un desempeño óptimo en las funciones de control de calidad.

3.3 METODOLOGIA

Para que la investigación de campo sobre la aplicación del conocimiento del curso en la industria guatemalteca fuera eficaz, se realizaron distintas entrevistas a las personas encargadas del control de calidad, de diferentes empresas de la industria guatemalteca.

Para abarcar a los diferentes sectores de la industria guatemalteca, se seleccionaron empresas de diferente rama, tales como la industria de confección de camas, la industria de confección de ropa, la industria de confección de cajas y empaques por medio de cartón

corrugado, la industria nacional de fabricación de la moneda, la industria de confección de llantas para vehículos, la industria de fabricación de cintas adhesivas y la industria de envasado de diferentes productos, así como también la rama de la imprenta y litografía.

En la visita que se realizó a cada una de las diferentes fábricas, se entrevistó a la persona encargada del control de calidad, y se conocieron las diferentes técnicas utilizadas para el control estadístico de la calidad en dichas fábricas, tanto para la materia prima, como para el proceso y el producto terminado.

3.4 INVESTIGACION DE CAMPO

Previo a exponer los resultados obtenidos en la investigación de campo, se debe hacer notar que, debido a la gran competencia existente en nuestra industria, las empresas se resisten a proporcionar este tipo de información, por considerársele información de tipo confidencial para su proceso de producción.

A continuación, se enumerarán las diferentes empresas o fábricas que se visitaron, y la información obtenida en cada una de ellas.

ULTRA INDUSTRIAS S.A.

La presente fábrica se dedica a la confección de todo tipo de camas, ubicada en la Calle Mariscal y Anillo Periférico 16-80 de la Zona 11.

En esta empresa se realiza un control de calidad en la recepción de la materia prima, en el proceso de producción y en el producto terminado.

En la recepción de la materia prima, la técnica utilizada es el muestreo de aceptación por atributos doble, con el objeto de tener menos inspección total, y basar la decisión en el resultado de la primera y segunda muestras combinadas.

Debido a las características del producto, la técnica que se emplea en el proceso de producción son los gráficos de control por atributos, para el control estadístico de la calidad.

El tipo de gráficos utilizados, son los gráficos de defectos por unidad inspeccionada (gráficos C).

En la aceptación del producto terminado, se realiza una inspección al 100% de las características del producto.

Persona encargada: Rony Estrada.

ORGAMA S.A.

La presente fábrica se dedica a la confección de todo tipo de ropa, ubicada en la 42 Avenida 9-47 de la Zona 5.

El proceso de confección de la ropa incluye el corte de la tela, la confección, el despunte, el control de calidad de la pieza, y el empaque del producto final.

Para la materia prima, se realiza un muestreo de aceptación por atributos simple.

En esta empresa se realiza un control de calidad en el proceso de producción. Para determinar si las dimensiones finales de las prendas confeccionadas cumplen con las dimensiones de la especificación; se tienen unos límites de especificación de $\bar{X} \pm 0.05\bar{X}$.

Debido a las características del producto, también se utiliza la técnica de los gráficos de control por atributos, para el control estadístico de la calidad.

El tipo de gráficos utilizados, son los gráficos de defectos por unidad inspeccionada (gráficos C).

Para el producto terminado, se realiza un muestreo de aceptación por atributos doble.

Persona encargada: Michel Chan.

CAJAS Y EMPAQUES DE GUATEMALA S.A.

La presente fábrica se dedica a la confección de todo tipo de cajas y empaques por medio del cartón corrugado, ubicada en la 31 Calle 25-83 de la Zona 12.

En esta empresa se realiza un control de calidad en la recepción de la materia prima, y en el proceso de producción.

Como ejemplo para la materia prima, en la recepción de botes de pintura, se realiza un muestro de aceptación por atributos doble.

Para el proceso de producción, la técnica que se emplea son los gráficos de control por variables, para el control estadístico de la calidad.

El tipo de gráficos utilizados son los gráficos de medias y los gráficos de rangos (gráficos X-R).

Para la aceptación del producto final, se realiza un muestreo de aceptación por atributos doble.

Persona encargada: Raúl Duarte.

CASA DE LA MONEDA

La presente es una fábrica que pertenece al Banco de Guatemala, y se dedica a la fabricación de la moneda nacional. Los billetes son fabricados en otros países a nivel mundial. La fábrica se encuentra ubicada en la Avenida Petapa 43-81 de la Zona 12.

En esta empresa, se realiza un control de calidad en la recepción de la materia prima, y en el proceso de producción.

Las estadísticas en la recepción de la materia prima han demostrado que el porcentaje de defectuosos ha sido mínimo. Como ejemplo, se puede decir que de cada 80 millones de monedas recibidas, sólo el 3.5% ha resultado defectuoso.

En la materia prima, se realiza un muestreo de aceptación por variables, en el cual se miden variables tales como el peso, el diámetro, y el espesor.

Para el proceso de producción, las monedas son acuñadas en una máquina especial, y para controlar las dimensiones finales de las monedas en el proceso, se utilizan los límites $\bar{X} \pm 3\sigma$ para determinar si el proceso cumple con las especificaciones. Así también, se emplea la técnica de los gráficos de control por variables, y el cálculo del área bajo la curva normal para determinar el porcentaje de artículos defectuosos, en el control estadístico de la calidad.

El tipo de gráficos utilizados son los gráficos de medias y los gráficos de rangos (gráficos X-R).

Persona encargada: Otto Batres.

GRAN INDUSTRIA DE NEUMATICOS CENTROAMERICANA S.A. (GINSA)

La presente fábrica se dedica a la confección de todo tipo de llantas; se encuentra ubicada en la 50 Calle 23-70 de la Zona 12.

Debido a que la materia prima que se utiliza es importada, el control de calidad se realiza desde el país de origen, por lo tanto aquí ya no se inspecciona la materia prima que se recibe.

En esta empresa, se realiza un control de calidad en el proceso de producción y en el producto terminado.

Para el proceso de producción, la técnica que se emplea son los gráficos de control por variables, para el control estadístico de la calidad.

El tipo de gráficos utilizados, son los gráficos de medias y los gráficos de rangos (gráficos X-R).

Para el producto terminado, se realiza un muestreo de aceptación por atributos doble.

Persona encargada: Francisco Aguilera.

LITOGRAFIA PIEDRA SANTA

Esta empresa se dedica a todo tipo de trabajo relacionado con la imprenta y la litografía, se encuentra ubicada en la 5 Calle 7-55 de la Zona 1.

En esta empresa se realiza un control de calidad en el proceso de producción y en el producto terminado.

Las estadísticas, en la recepción de la materia prima, han demostrado que el porcentaje de defectuosos ha sido mínimo.

Debido a la característica del producto, durante el proceso de elaboración, el producto es inspeccionado al 100%, y el producto que resultare defectuoso, es rechazado.

Por lo tanto, para la aceptación del producto terminado, la inspección también se realiza al 100%.

Persona encargada: Raúl Ovalle.

BDF CENTROAMERICA S.A.

La presente fábrica se dedica a la confección de todo tipo de cintas adhesivas, así como también a la fabricación de diferentes tipos de cosméticos. Se encuentra ubicada en la 35 Calle 7-61 de la Zona 11.

En esta empresa, se realiza un control de calidad en la recepción de la materia prima, en el proceso de producción y en el producto terminado.

La materia prima es importada. En la recepción de la misma, se realiza un muestro de aceptación por atributos doble, aunque en otras ocasiones se realiza un muestreo de aceptación por atributos simple, dependiendo del producto que se esté muestreando.

En la materia prima, se miden características tales como el color, y la textura. También se miden variables tales como la dimensión y la viscosidad.

Debido a las características del producto, la técnica que se emplea en el proceso de producción son los gráficos de control por atributos, para el control estadístico de la calidad.

El tipo de gráficos utilizados, son los gráficos de fracción defectuosa (gráficos P).

Para la aceptación del producto terminado, se realiza un muestreo de aceptación por atributos doble.

Persona encargada: Manuel Castro.

3.5 CONCLUSIONES

Además de las empresas mencionadas en la sección anterior, se visitaron otras empresas del ramo alimenticio, así como también de la industria de calzado, pero por considerarse la información que se requería, de tipo confidencial, no se obtuvo ninguna información.

Con base en la investigación de campo realizada en las diferentes empresas de la industria guatemalteca, para determinar qué técnicas estadísticas de control de calidad utilizan actualmente, se puede concluir lo siguiente:

- a. Las diferentes fábricas de la industria guatemalteca llevan un control estadístico de calidad, siendo éste necesario para poder ser más competitivos y poder sobrevivir ante la tendencia de la liberación de los mercados mundiales.
- b. Las técnicas mayormente utilizadas en la industria guatemalteca, para el control estadístico de la calidad, son los gráficos de control por variables de medias y de rangos (gráficos X-R), los gráficos de control por atributos de la fracción defectuosa (gráficos P), y los gráficos de control por atributos de defectos por unidad inspeccionada (gráficos C).
- c. En el muestreo de aceptación, las técnicas mayormente utilizadas son las de muestreo de aceptación por atributos simple, y muestreo de aceptación por atributos doble.

- d. Las diferentes técnicas para el control estadístico de la calidad, que se exponen actualmente en el curso de Controles Industriales, son las técnicas adecuadas que ayudarán a la formación académica de los futuros profesionales en el área de control de calidad.

CAPITULO 4

PRACTICAS INTRODUCTORIAS DE LABORATORIO

4.1 CONOCIMIENTOS BASICOS DE LOS PAQUETES DE COMPUTACION QUE SE VAN A UTILIZAR

4.1.1 DESCRIPCION

El paquete de computación que se utilizará en el laboratorio de cómputo del curso Controles Industriales, será el QPRO. Por ser éste, el primer laboratorio, es importante conocer ciertos conceptos básicos para la utilización de este paquete de computación.

En esta actividad, se desarrollarán algunos conceptos generales acerca del paquete de computación QPRO, tales como: qué es el QPRO, cómo realizar cálculos matemáticos en QPRO, cómo elaborar una gráfica en QPRO, cómo imprimir una hoja de trabajo o una gráfica en QPRO, y cómo grabar una hoja de trabajo en QPRO.

4.1.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes:

- a. Explicarán la importancia del paquete de computación QPRO, como herramienta para el control estadístico de calidad.
- b. Tendrán la capacidad para realizar cálculos matemáticos, así como elaborar una gráfica, utilizando el paquete de computación QPRO.

- c. Identificarán los diferentes programas de computación, necesarios para la resolución de un sistema de control de calidad.

4.1.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

Como se mencionó en la sección 2.2.6, el paquete de computación que se utilizará en el laboratorio de cómputo del curso de Controles Industriales será el programa de computación denominado QPRO o también conocido como QUATTRO PRO.

Dicho paquete de computación consiste en una hoja electrónica, en el cual todas las operaciones matemáticas que se necesitan realizar para el cálculo de los diferentes límites e índices de calidad, se pueden simplificar con una serie de comandos disponibles.

Además, nos permite realizar diferentes tipos de gráficos de control, curvas características de operación; y de una manera muy sencilla, hacer cierto tipo de indicaciones en las gráficas, tales como los límites de control, el límite de la calidad media de salida.

A continuación, se desarrollarán algunos conceptos generales acerca del paquete de computación QPRO, en donde el lector podrá encontrar las respuestas a preguntas tales como:

- ¿Qué es el QPRO?
- ¿Cómo realizar cálculos matemáticos en QPRO?
- ¿Cómo elaborar una gráfica en QPRO?
- ¿Cómo imprimir una hoja de trabajo o una gráfica en QPRO?
- ¿Cómo grabar una hoja de trabajo en QPRO?

QUE ES EL QPRO

El QPRO es un paquete integrado que permite trabajar con tres modalidades diferentes:

- Es una poderosa hoja electrónica, capaz de procesar más de 500 millones de bytes por modelo.
- Posee una base de datos que es sumamente sencilla y práctica, ligeramente basada en el S.Q.L. (Structured Query Language).
- La posibilidad de graficar hace de QPRO un paquete complejo, que permite observar con facilidad los resultados obtenidos en cualquiera de sus procesos.

Es conveniente hacer notar, que tanto la base de datos como su graficador, hacen uso incondicional de la hoja electrónica.

La hoja electrónica está compuesta por 256 columnas y 8192 filas, que forman un tabular de más de 2 millones de celdas de trabajo. Las celdas son pequeñas casillas en donde se puede ingresar nuestra información, las cuales pueden ser tan pequeñas que únicamente puedan almacenar 1 caracter o tan grandes, que podamos ingresar hasta 254 caracteres por cada una.

Las celdas de trabajo están identificadas por el nombre de su columna y el número de su fila. Por ejemplo, se podría hablar de la celda A23 o bien de la celda HJ4560; pero nunca se podrá identificar a una celda por su fila y columna: 4560HJ.

QPRO trabaja a base de un menú de comandos que ayudan al operador a trabajar la hoja. La tecla diagonal (/) hace posible acceder al menú principal de comandos. Estos comandos se pueden acceder por medio de dos formas distintas:

1. Moviendo el cursor sobre el comando que se desea ejecutar y luego presionar la tecla ENTER. En la mayoría de los casos, accesa a un sub-menú.
2. Presionando la primera letra del nombre del comando. Si se hace de esta forma, no es necesario presionar la tecla ENTER.

COMO REALIZAR CALCULOS MATEMATICOS EN QPRO

QPRO tiene una serie de mandatos que facilitan al usuario la aplicación de ciertos cálculos matemáticos. Estas instrucciones o mandatos son conocidos como FUNCIONES. Existen funciones que trabajan cadenas de caracteres o valores numéricos. Para ello, QPRO ha clasificado sus funciones de la siguiente forma:

1. Funciones matemáticas.
2. Funciones de fecha y hora.
3. Funciones estadísticas.
4. Funciones lógicas.

Para el laboratorio de cómputo del curso Controles Industriales, será de utilidad conocer: las funciones matemáticas y las funciones estadísticas.

- **Funciones matemáticas**

Cuando una función matemática produce un número demasiado grande, lo expresa en notación científica.

ABS(x) : devuelve el valor absoluto de x.

COS(x) : devuelve el coseno de x.

A continuación, aparecerán las siguientes opciones:

- Block:** se especifica el rango de impresión. Si el rango excede los márgenes actuales, imprime en páginas separadas.
- Headings:** ingresa el texto que aparecerá en la parte superior de cada página. Los textos del encabezado, pueden incluir cualquier caracter imprimible.
- Destination:** indica el destino del rango de impresión. Puede mandarse a la impresora especificada; a un archivo tipo texto, para ser utilizado posteriormente o con otros paquetes de programación; o también puede mandarse al monitor, para una vista preliminar de cómo quedará la impresión final.
- Layout:** diseña el formato de la página de impresión. En esta parte, se especifican los márgenes de la hoja (izquierdo, derecho, arriba, abajo). Si el rango de impresión excede los márgenes establecidos, se imprimirá en otra hoja. También es en esta parte donde se especifica si se desea la impresión en forma vertical, o en forma horizontal.
- Spreadsheet Print:** ejecuta el comando de impresión, ya sea hacia la impresora especificada, o hacia el archivo tipo texto.
- Graph Print:** por medio de esta opción, se imprime la gráfica que esté almacenada en ese momento en la memoria principal.

COMO GRABAR UNA HOJA DE TRABAJO EN QPRO

Se selecciona la opción FILE en el menú principal de comandos. Aparecerá luego una serie de opciones, entre las cuales habrá que seleccionar la opción SAVE.

Inmediatamente QPRO requerirá el nombre del archivo que se desea asignar a la hoja de trabajo. Para el nombre de la hoja, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ No debe ser mayor de 8 caracteres.
- ✓ Debe principiar con una letra alfabética.
- ✓ No debe incluir caracteres especiales.
- ✓ Puede incluir caracteres numéricos.

4.1.4 DESARROLLO

Con los datos que se presentan a continuación, calcular:

\bar{X} , \bar{Y} , σ_x , σ_y , ΣX , ΣY . Luego elaborar:

- Una gráfica a partir de ellos.
- Imprimir la gráfica.
- Grabar la hoja de trabajo.

X	Y
1	12
2	15
3	18
4	13
5	11
6	11
7	10
8	17
9	19

X	Y
10	15
11	16
12	13
13	12
14	11
15	17

Resolución:

Para calcular \bar{X} y \bar{Y} , se utiliza la siguiente fórmula:

@AVG(rango de datos), entonces $\bar{X}=8$, $\bar{Y}=14$

Para calcular σ_X y σ_Y :

@STD(rango de datos), entonces $\sigma_X=4.32$, $\sigma_Y=2.80$

Para calcular ΣX y ΣY :

@SUM(rango de datos), entonces $\Sigma X=120$, $\Sigma Y=210$

Para la elaboración de la gráfica:

Se selecciona la opción GRAPH del menú; se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica; en la opción SERIES, se definen los datos para el eje de la ordenada (en este caso la columna de datos Y), y los datos para el eje de la abscisa (en este caso la columna de datos X).

Para ingresar los títulos, tanto de la gráfica como a nivel de los ejes X y Y, se selecciona la opción TEXT y se ingresan los textos deseados.

Con la opción VIEW, se puede visualizar la gráfica.

Para la impresión de la gráfica:

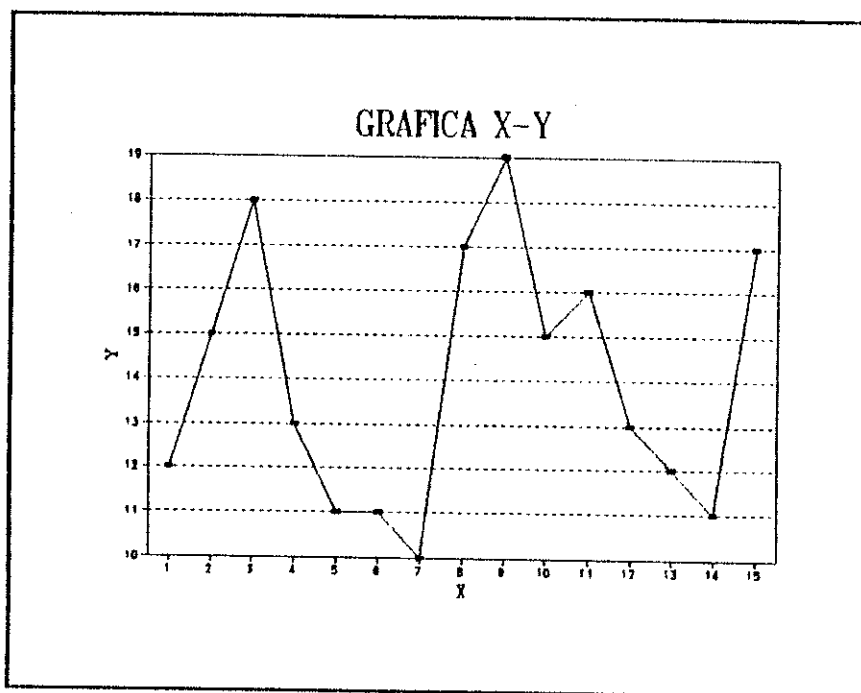
Se selecciona la opción PRINT del menú; luego se selecciona la opción GRAPH PRINT, y por último se selecciona la opción GO para imprimir la gráfica en la impresora.

Para grabar la hoja de trabajo:

Se selecciona la opción FILE del menú; luego se selecciona la opción SAVE, y finalmente se ingresa el nombre del archivo que se desea quede grabado en la computadora.

La gráfica se presenta a continuación:

Gráfica No. 2



4.1.5 EVALUACION

1. Calcular \bar{X} y σ a partir de los datos que se presentan en la siguiente tabla.

No. muestra	Defectos
1	6
2	3
3	5
4	9
5	2
6	1
7	7
8	3
9	8
10	1
11	1
12	2
13	1
14	7
15	9
16	6
17	5
18	3
19	4
20	7

Además, elaborar una gráfica a partir de los datos, imprimir la gráfica, y grabar la hoja de trabajo en la computadora.

4.2 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

4.2.1 DESCRIPCION

En este laboratorio, se construirá una tabla de distribución de frecuencias con base en una serie de datos ingresados por los estudiantes. Dicha tabla será útil para la elaboración del histograma y polígono de frecuencias correspondiente.

4.2.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Ordenar los datos de una muestra en una distribución de frecuencias.
- b. Representar gráficamente una distribución de frecuencias, por medio de un histograma.
- c. Elaborar un polígono de frecuencias con base en un histograma, para la representación gráfica de una distribución de frecuencias.
- d. Analizar la información que ofrece la distribución de frecuencias.

4.2.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

Si una muestra es grande, es difícil observar las diferentes características o computar estadísticos tales como la media, desviación típica, etc. Por esta razón, es útil organizar o agrupar los datos. Al ordenar los datos de la muestra en clases o categorías, y determinar el número de observaciones o frecuencia perteneciente a cada clase, resulta una distribución de frecuencia o tabla de frecuencia.

Dicha distribución proporciona información de utilidad, tal como: la media, la desviación típica, el número de veces que aparece una determinada medida de la característica, la forma de la distribución.

A partir de la media y la desviación típica, se pueden estimar los parámetros reales del proceso y compararlos con los límites de especificación, para determinar la capacidad del proceso. Si el proceso no fuera capaz, se puede calcular el porcentaje de artículos fuera de especificación.

Una representación gráfica para la distribución de frecuencia puede suministrarse por un histograma, o por un polígono de frecuencias uniendo los puntos medios de los techos del histograma.

4.2.4 DESARROLLO

En la siguiente tabla, se registran los pesos (en libras) de 40 estudiantes en State University. Construir una distribución de frecuencias, y un polígono de frecuencia para la distribución de los pesos.

138	164	150	132	144	125	149	157
146	158	140	147	136	148	152	144
168	126	138	176	163	119	154	165
146	173	142	147	135	153	140	135
161	145	135	142	150	156	145	128

Resolución:

El rango se calcula en QPRO por medio de la siguiente fórmula:

$@MAX(\text{rango de datos}) - @MIN(\text{rango de datos})$

de modo que el rango es 57 libras.

Si utilizamos 5 intervalos de clase, el tamaño de cada uno es $57/5 = 11$ aproximadamente.

Si utilizamos 20 intervalos de clase, el tamaño de cada uno es $57/20 = 3$ aproximadamente.

Una elección conveniente para el tamaño del intervalo de clase es de 5 libras. También conviene elegir las marcas de clase en 120, 125, 130, 135, ... libras. Así los intervalos de

clase pueden ser 118-122, 123-127, 128-132, ... Con esta elección, los límites reales de clase serán 117.5, 122.5, 127.5, ...

La distribución de frecuencias pedida, aparece a continuación:

Peso (libras)	Marca de clase	Frecuencia
118-122	120	1
123-127	125	2
128-132	130	2
133-137	135	4
138-142	140	6
143-147	145	8
148-152	150	5
153-157	155	4
158-162	160	2
163-167	165	3
168-172	170	1
173-177	175	2
TOTAL		40

Para el cálculo de la media y la desviación estándar de los datos, se pueden utilizar las siguientes fórmulas en QPRO:

$$@AVG(\text{rango de datos}) = 147$$

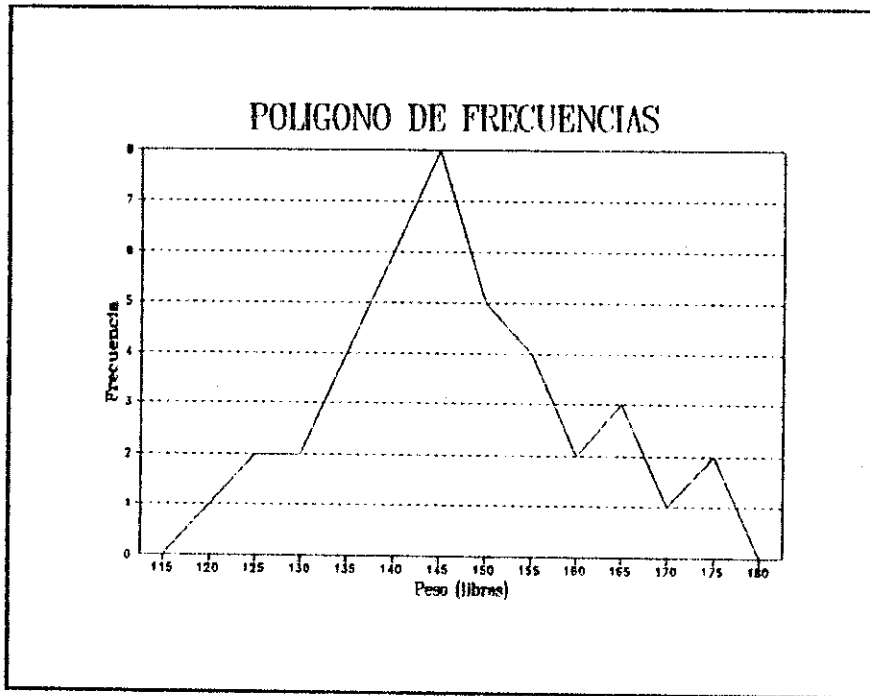
$$@STD(\text{rango de datos}) = 13.03$$

Conclusiones:

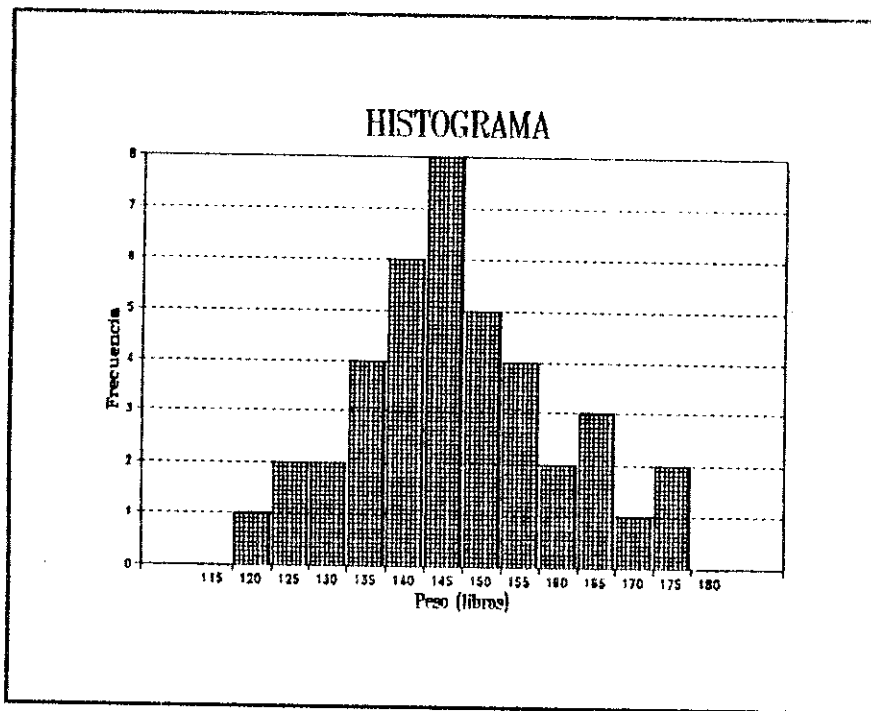
Con base en los datos anteriores, se puede observar que el peso promedio de los estudiantes es de 147 libras, y la desviación típica es de 13.03 libras.

El polígono de frecuencia e histograma para la distribución de los pesos, se muestra a continuación:

Gráfica No. 3



Gráfica No. 4



4.2.5 EVALUACION

1. La siguiente tabla muestra los diámetros en pulgadas de una muestra de 60 cojinetes de bolas con especificaciones de 0.735 ± 0.013 , fabricados por una compañía.

0.738	0.729	0.743	0.740	0.736	0.741
0.728	0.737	0.736	0.735	0.724	0.733
0.745	0.736	0.742	0.740	0.728	0.738
0.733	0.730	0.732	0.730	0.739	0.734
0.735	0.732	0.735	0.727	0.734	0.732
0.732	0.737	0.731	0.746	0.735	0.735
0.735	0.742	0.725	0.738	0.736	0.729
0.731	0.736	0.733	0.739	0.741	0.734
0.726	0.739	0.734	0.727	0.736	0.730
0.737	0.735	0.732	0.735	0.744	0.740

Construir una distribución de frecuencias de los diámetros utilizando intervalos de clase adecuados, así como también un polígono de frecuencias.

Determinar si el proceso es capaz. Y si no lo fuere, determinar el porcentaje de cojinetes fuera de especificación.

2. Se proyecta un pequeño aparato radiotransmisor capaz de generar una determinada señal aritmética. El tiempo de duración de la misma es una de las características de calidad especificadas del aparato. A intervalos regulares, se probó esta característica en 5 aparatos tomados de la cadena de producción. En la siguiente tabla, se encuentran anotadas 125 de estas observaciones.

Número de muestra	Duración de la señal automática (la unidad de tiempo no se especifica)				
	a	b	c	d	e
1	390	393	395	405	420
2	376	381	381	383	401
3	380	387	395	397	407
4	377	383	387	390	393
5	393	395	403	405	414

Número de muestra	Duración de la señal automática (la unidad de tiempo no se especifica)				
	a	b	c	d	e
6	376	388	395	397	400
7	387	400	400	403	410
8	391	392	394	397	405
9	390	391	395	401	405
10	379	391	393	394	410
11	390	397	400	406	428
12	380	382	389	391	399
13	375	383	392	395	404
14	387	390	398	400	408
15	390	395	395	397	403
16	382	399	401	406	406
17	390	395	395	400	410
18	381	390	394	397	399
19	387	389	398	401	415
20	372	378	396	400	405
21	387	389	391	391	400
22	376	380	391	406	412
23	395	396	397	400	400
24	392	394	397	399	400
25	385	390	390	392	392

Empleando una hoja de recuento, hacer una clasificación de estas 125 observaciones y ordenarlas en un diagrama de frecuencias. Utilizar como valores centrales de clase 370, 375, etc. Con esta hoja de recuento, confeccionar una tabla indicando los valores centrales de clase, sus valores extremos y las frecuencias observadas.

Estimar el tiempo de duración promedio de la señal con un nivel de confianza de 95%. Probar que sigue una distribución normal, y que no hay diferencias entre los 5 aparatos.

CAPITULO 5

PRACTICAS DE LABORATORIO DE **GRAFICOS DE CONTROL**

5.1 GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES X-R

5.1.1 DESCRIPCION

En esta práctica de laboratorio, los estudiantes ingresarán una serie de datos en la computadora, los cuales servirán para el cálculo de los límites de control y para la representación de los puntos en las gráficas X-R.

5.1.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Construir un gráfico de control por variables X-R, identificando sus respectivos límites de control.
- b. Interpretar el comportamiento de las diferentes muestras en el gráfico de control por variables X-R.
- c. Determinar si el proceso en estudio se encuentra bajo control en relación con su tendencia central, y en relación con su variabilidad.

- d. Formar un criterio para la toma de decisiones de carácter general en el transcurso de la producción, como cuándo hay que buscar causas de variación, actuando para intentar corregirlas, o cuándo hay que dejar que el proceso continúe libremente.
- e. Formar un criterio para la toma de decisiones de carácter general, respecto a la aceptación o rechazo de productos fabricados o comprados.

5.1.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

Los diagramas de control basados en mediciones de características de calidad, con frecuencia resultan un método más económico para controlar la calidad que los diagramas de control basados en los atributos. En ocasiones, estos diagramas de variables son el único tipo que se puede utilizar. Los diagramas de control de variables con más frecuencia utilizados son los de promedio, o diagramas X, y los de amplitud, o diagramas R.

El gráfico de X y R es el gráfico de control de mayor sensibilidad para descubrir e identificar causas de variación. Se lee primero el gráfico de R, en el cual es posible reconocer muchas causas que afectan directamente la calidad. Con la ayuda de éste, se lee el gráfico X, lo cual permite encontrar otras causas. Finalmente, examinando ambos en conjunto, todavía es posible obtener una mayor información.

Un diagrama X muestra las variaciones en los promedios de las muestras. En él se cuenta con una línea central y con límites superior e inferior de control. En tanto los promedios de la muestra no caigan fuera de los límites de control, o no muestren variaciones no aleatorias dentro de los límites, se considera que el proceso se encuentra bajo control en relación con la tendencia central. Si los puntos caen fuera de los límites de control, o se presentan dentro de los límites variaciones no aleatorias, el proceso se

considera que está fuera de control en relación con su tendencia central, y se lleva a cabo una investigación para encontrar la causa atribuible de esta variación extrema.

Un diagrama R muestra variaciones en las amplitudes (o "rangos") de las muestras. En este diagrama, también hay una línea central y unos límites de control superior e inferior. Se calcula la amplitud de una muestra de n elementos y se sitúa en el diagrama R. Esto acompaña la fijación de la media de la muestra en el diagrama X. Si la amplitud de la muestra no cae fuera de los límites de control y no hay pruebas de variaciones no aleatorias dentro de los límites, se considera que el proceso está bajo control en relación con su variabilidad. Si un punto cae fuera de los límites de control, o hay pruebas de variaciones no aleatorias dentro de los límites, se estimará que el proceso está fuera de control en relación con su variabilidad. En este caso, se realiza una investigación para localizar las causas atribuibles.

Si los diagramas se están utilizando para analizar datos anteriores, la línea central para el diagrama X será el promedio de las medias de las muestras (\bar{X}), y la línea central para el diagrama R será el promedio de las amplitudes de las muestras (\bar{R}). Si se están utilizando para controlar la producción actual, la línea central podrá ser algún estándar deducido de datos anteriores, o adoptado por la gerencia para obtener determinados objetivos.

5.1.4 DESARROLLO

Con objeto de garantizar la calidad, un fabricante de jabones exige un nivel promedio del 34% de materias volátiles en las pastillas de jabón. Los resultados de los

ensayos de desecación en estufa sobre muestras sucesivas de $n=4$, procedentes de $k=30$

lotes figuran debajo. Preparar los gráficos de control para los promedios y los recorridos.

Lote No	Unidad de la muestra ensayada				Promedio	Rango
	1	2	3	4		
1	35.4	35.2	34.7	35.3	35.15	0.7
2	35.0	34.8	35.0	35.0	34.95	0.2
3	34.3	34.2	34.3	34.3	34.28	0.1
4	34.2	34.8	34.0	34.6	34.40	0.8
5	34.4	34.7	34.2	34.4	34.43	0.5
6	34.5	34.2	34.4	34.2	34.33	0.3
7	34.5	34.5	34.8	34.4	34.55	0.4
8	35.9	34.4	34.8	34.5	34.90	1.5
9	34.5	34.8	34.5	35.1	34.73	0.6
10	34.8	34.7	35.0	35.6	35.03	0.9
11	35.3	34.9	34.5	34.3	34.75	1.0
12	34.2	34.2	34.0	34.2	34.15	0.2
13	34.3	35.4	34.4	34.5	34.65	1.1
14	34.5	34.9	34.3	34.3	34.50	0.6
15	34.3	34.1	34.6	34.5	34.38	0.5
16	34.2	34.4	34.3	34.2	34.28	0.2
17	34.9	34.4	34.7	35.0	34.75	0.6
18	34.5	34.0	34.1	33.5	34.03	1.0
19	34.4	33.8	34.4	32.9	33.88	1.5
20	34.0	34.4	34.1	34.7	34.30	0.7
21	33.8	34.4	33.8	33.4	33.85	1.0
22	32.9	33.8	33.6	33.3	33.40	0.9
23	34.4	34.1	34.7	34.2	34.35	0.6
24	34.2	33.4	33.3	34.0	33.73	0.9
25	32.9	33.3	33.7	33.3	33.30	0.8
26	34.2	34.1	34.0	34.2	34.13	0.2
27	33.3	34.7	34.4	34.7	34.28	1.4
28	35.0	35.8	35.1	35.0	35.23	0.8
29	34.0	34.0	35.2	34.5	34.43	1.2
30	34.4	33.9	34.1	34.7	34.28	0.8
PROMEDIOS					34.38	0.73

Resolución:

Se calcula el promedio y el rango de la primera muestra por medio de las siguientes

fórmulas en QPRO:

@AVG(rango de datos)

@MAX(rango de datos) - @MIN(rango de datos)

Luego se copian estas fórmulas a las 29 muestras restantes, por medio de la opción COPY que se encuentra en el menú EDIT de QPRO.

Seguidamente se hallan los límites de control, con las siguientes fórmulas:

GRAFICO X	GRAFICO R
$LCS = X + A2 * R$	$LCS = R * D4$
$LCC = X$	$LCC = R$
$LCI = X - A2 * R$	$LCI = R * D3$

Tenemos que $n=4$. Para hallar los factores $A2$, $D4$ y $D3$ nos referimos a la tabla de factores del apéndice A.

$$A2 = 0.729$$

$$D4 = 2.282$$

$$D3 = 0$$

GRAFICO X

$$LCS = 34.38 + 0.729 * 0.733 = 34.91$$

$$LCC = 34.38$$

$$LCI = 34.38 - 0.729 * 0.733 = 33.84$$

En QPRO para calcular el LCS por ejemplo, se ingresa la cantidad 34.38 en una celda, luego el signo más, se ingresa la cantidad 0.729, seguido el signo multiplicación (asterisco), la cantidad 0.733 y finalmente la tecla enter. Aparecerá el resultado 34.91 en la celda.

De la misma manera se calculan el resto de los límites.

GRAFICO R

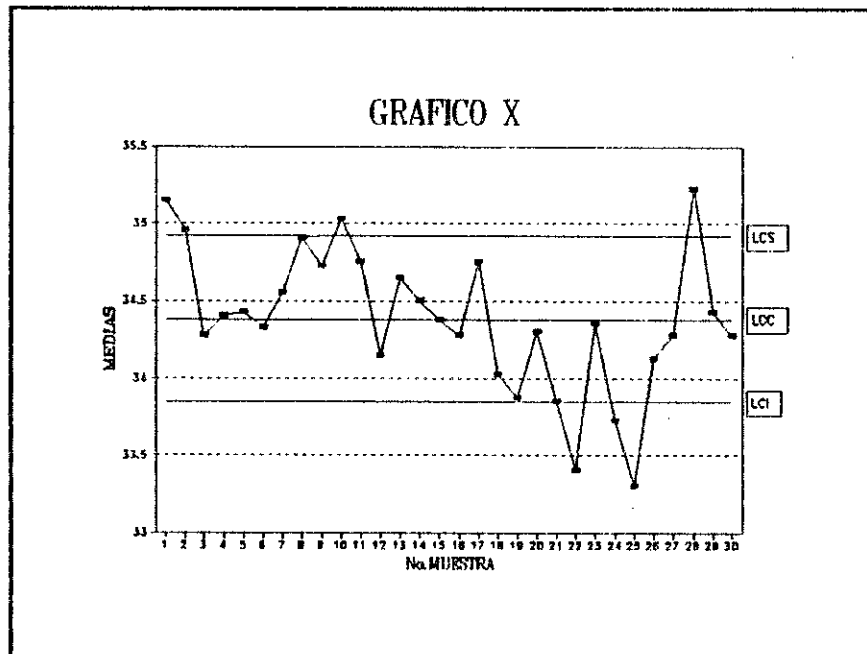
$$LCS = 0.733 * 2.282 = 1.673467$$

$$LCC = 0.733$$

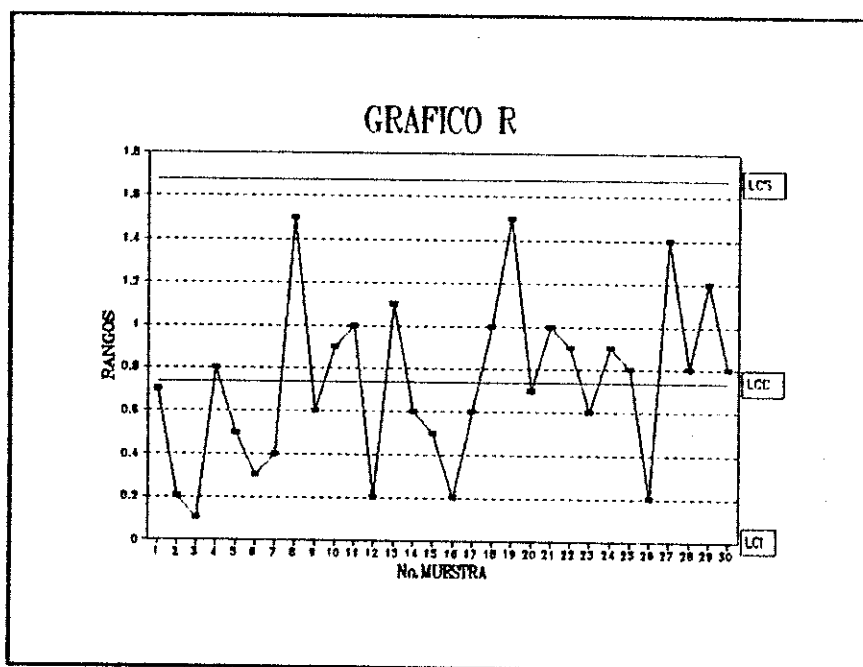
$$LCI = 0.733 * 0 = 0$$

Luego se realiza la gráfica en la opción GRAPH del menú, se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica. Los límites de control se indican en la opción ANNOTATE.

Gráfica No. 5



Gráfica No. 6



Como se ve en la gráfica de medias anterior, el proceso no se encuentra bajo control. Para recalcular, se eliminan los puntos que se encuentran fuera de los límites de control, y se realiza la gráfica con los datos ya recalculados.

DATOS RECALCULADOS

Lote No	Unidad de la muestra ensayada				Promedio	Rango
	1	2	3	4		
3	34.3	34.2	34.3	34.3	34.28	0.1
4	34.2	34.8	34.0	34.6	34.40	0.8
5	34.4	34.7	34.2	34.4	34.43	0.5
6	34.5	34.2	34.4	34.2	34.33	0.3
7	34.5	34.5	34.8	34.4	34.55	0.4
8	35.9	34.4	34.8	34.5	34.90	1.5
9	34.5	34.8	34.5	35.1	34.73	0.6
11	35.3	34.9	34.5	34.3	34.75	1.0
12	34.2	34.2	34.0	34.2	34.15	0.2

Lote No	Unidad de la muestra ensayada				Promedio	Rango
	1	2	3	4		
13	34.3	35.4	34.4	34.5	34.65	1.1
14	34.5	34.9	34.3	34.3	34.50	0.6
15	34.3	34.1	34.6	34.5	34.38	0.5
16	34.2	34.4	34.3	34.2	34.28	0.2
17	34.9	34.4	34.7	35.0	34.75	0.6
18	34.5	34.0	34.1	33.5	34.03	1.0
19	34.4	33.8	34.4	32.9	33.88	1.5
20	34.0	34.4	34.1	34.7	34.30	0.7
21	33.8	34.4	33.8	33.4	33.85	1.0
23	34.4	34.1	34.7	34.2	34.35	0.6
26	34.2	34.1	34.0	34.2	34.13	0.2
27	33.3	34.7	34.4	34.7	34.28	1.4
29	34.0	34.0	35.2	34.5	34.43	1.2
30	34.4	33.9	34.1	34.7	34.28	0.8
PROMEDIOS					34.37	0.730

GRAFICO X

$$LCS = 34.37 + 0.729 * 0.73 = 34.90$$

$$LCC = 34.37$$

$$LCI = 34.37 - 0.729 * 0.73 = 33.84$$

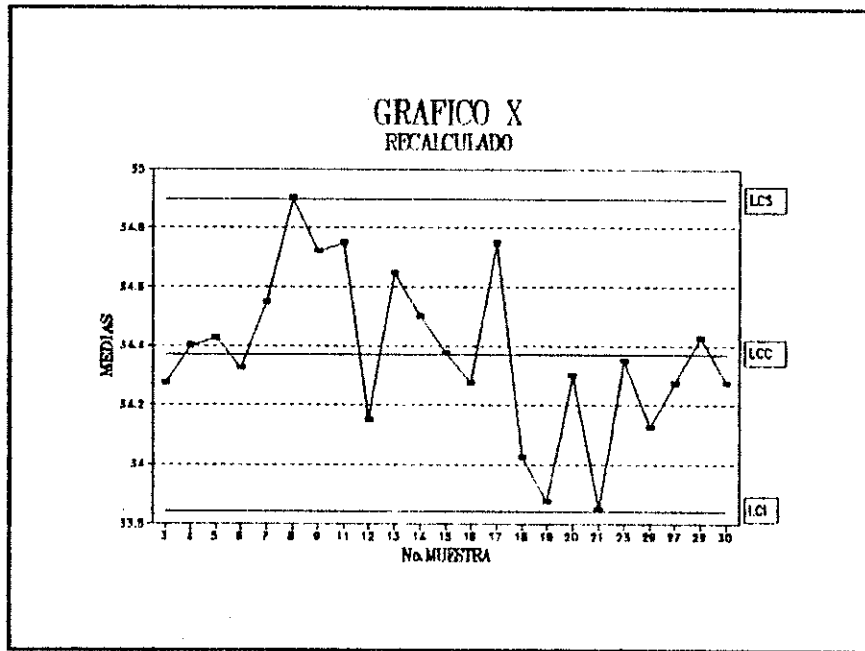
Conclusiones:

Se observa en las gráficas anteriores que el proceso se encuentra bajo control en relación a las amplitudes, mas no en relación con las medias, por lo que se debe realizar una investigación para determinar las causas atribuibles de variación.

Después de eliminar los puntos fuera de control, se recalculan los datos y se realiza la gráfica con los datos ya recalculados.

La gráfica con los datos recalculados se muestra a continuación:

Gráfica No. 7



5.1.5 EVALUACION

- Las especificaciones de dimensión de una pieza son $4.0050'' \pm 0.0005''$. Muestras de a cinco, tomadas cada 15 minutos, dieron los siguientes resultados para las primeras cinco horas de operación (en unidades de $0.0001''$ por encima de $4.0000''$):

No. MUESTRA	OBSERVACIONES
1	47 54 51 56 54
2	50 45 49 46 53
3	47 55 49 55 55
4	48 48 49 52 49
5	45 52 51 54 51
6	50 46 49 52 53
7	46 44 52 55 50
8	50 49 54 52 48
9	54 54 49 50 50
10	58 55 52 56 53
11	56 51 49 50 47
12	54 50 56 47 51

No.MUESTRA	OBSERVACIONES				
13	47	50	50	47	51
14	57	53	52	49	53
15	48	49	51	50	57
16	51	51	45	54	44
17	49	53	46	49	48
18	53	50	47	50	49
19	56	52	52	50	55
20	46	55	48	51	55

a) Haga gráficas X y R para el control de la producción futura. En caso de encontrarse puntos fuera de control, suponga causas asignables que se descubran y eliminen.

2. Los datos que siguen señalan la media y amplitud para muestras de a cinco tomadas cada 15 minutos, de un proceso cuya tasa de producción es de 500 por hora y cuya tolerancia especificada es de $1.230'' \pm 0.010''$:

No.MUESTRA	X	R
1	1.237	0.010
2	1.232	0.009
3	1.232	0.008
4	1.234	0.005
5	1.235	0.006
6	1.233	0.010
7	1.234	0.009
8	1.234	0.003
9	1.231	0.002
10	1.235	0.006
11	1.238	0.007
12	1.232	0.002
13	1.236	0.013
14	1.232	0.005
15	1.230	0.008
16	1.237	0.012
17	1.228	0.006
18	1.235	0.005
19	1.236	0.004
20	1.237	0.006

- a) Trace gráficas X y R para controlar este proceso en el futuro.
- b) Si el proceso da lugar a una distribución normal de la producción, es el proceso capaz de cumplir con las especificaciones?
¿Qué porcentaje de defectuosos puede esperarse?

5.2 GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES $X-\sigma$

5.2.1 DESCRIPCION

Sesión de laboratorio, en la cual por medio de ciertos datos que corresponden a un caso de estudio, se calcularán los límites de control, para luego representar los puntos en las gráficas $X-\sigma$ y determinar si el proceso se encuentra bajo control.

5.2.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Construir un gráfico de control por variables $X-\sigma$, identificando sus respectivos límites de control.
- b. Determinar si el proceso en estudio, se encuentra bajo control en relación con su tendencia central, y en relación con su variabilidad.
- c. Formar un criterio para la toma de decisiones de carácter general en el transcurso de la producción, como cuándo hay que buscar causas de variación, actuando para intentar corregirlas, o cuándo hay que dejar que el proceso continúe libremente.

- d. Formar un criterio para la toma de decisiones de carácter general, respecto a la aceptación o rechazo de productos fabricados o comprados.

5.2.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

Otro de los diagramas de control de variables comúnmente utilizado, es el de \bar{X} y σ .

Si la producción de un proceso forma una distribución normal de frecuencias, esta distribución quedará descrita por completo cuando se conozcan su media y su desviación estándar. Incluso cuando la distribución de la producción no es normal, la media y la desviación estándar son mediciones importantes de la distribución. Los cambios significativos, bien sean la media o la desviación estándar, son una indicación de cambios significativos en el proceso; y si los límites de especificación están próximos a los límites del proceso existente, estos cambios pueden ser origen de cambios significativos en la fracción defectuosa. Cuando se realiza el control utilizando variables en lugar de atributos, habitualmente se hace bajo la forma de un diagrama \bar{X} para controlar el promedio del proceso, y un diagrama R o uno σ para controlar la variabilidad general del proceso. Cuando ambos se utilizan conjuntamente (o bien un diagrama \bar{X} y uno σ) darán un control razonablemente bueno de la totalidad del proceso.

5.2.4 DESARROLLO

Una industria textil posee 9 máquinas que producen fibra destinada a la misma aplicación. Es fundamental, que la resistencia a la tracción sea lo más uniforme posible. En

la siguiente tabla se resumen los datos obtenidos de las producciones de cada máquina, con muestras de tamaño 5, durante los últimos 10 días.

Máquina	Número de pruebas	Resist. media a la tracción	Desviación tipo
1	5	1.29	0.04
2	5	1.35	0.09
3	5	1.27	0.12
4	5	1.32	0.06
5	5	1.34	0.05
6	5	1.27	0.10
7	5	1.33	0.07
8	5	1.25	0.09
9	5	1.31	0.12
PROMEDIOS		1.30	0.08

Calcular los límites de control de los gráficos \bar{X} y σ , luego representar los gráficos \bar{X} y σ .

Resolución:

Para hallar los límites de control, tenemos las siguientes fórmulas:

GRAFICO \bar{X}	GRAFICO σ
$LCS = \bar{X} + A1 * \sigma$	$LCS = \sigma * B4$
$LCC = \bar{X}$	$LCC = \sigma$
$LCI = \bar{X} - A1 * \sigma$	$LCI = \sigma * B3$

Tenemos que $n=5$. Para hallar los factores $A1$, $B4$ y $B3$, nos referimos a la tabla de factores del apéndice A.

$$A1 = 1.596$$

$$B4 = 2.089$$

$$B3 = 0$$

GRAFICO X

$$LCS = 1.30 + 1.596 * 0.08 = 1.43$$

$$LCC = 1.30$$

$$LCI = 1.30 - 1.596 * 0.08 = 1.17$$

GRAFICO σ

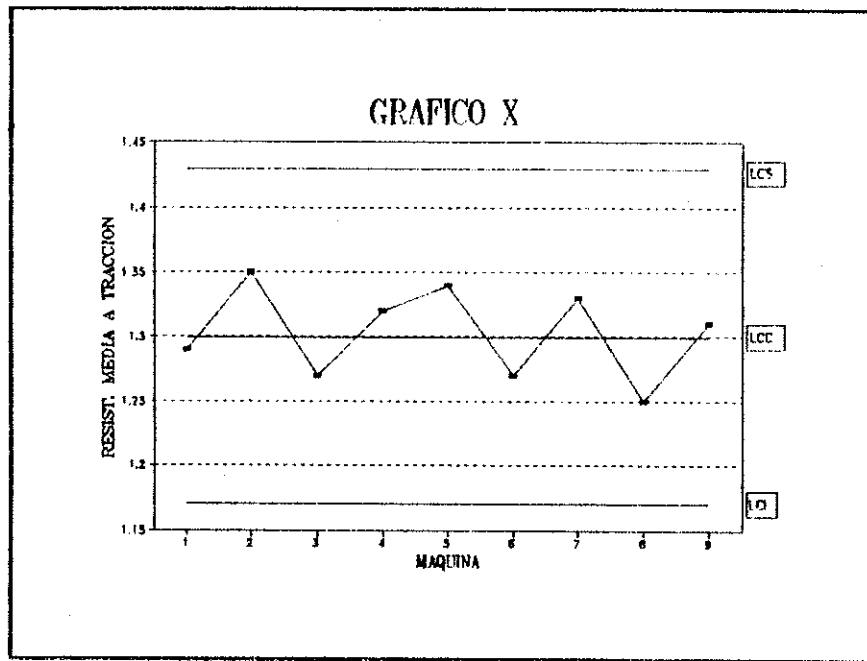
$$LCS = 0.08 * 2.089 = 0.17$$

$$LCC = 0.08$$

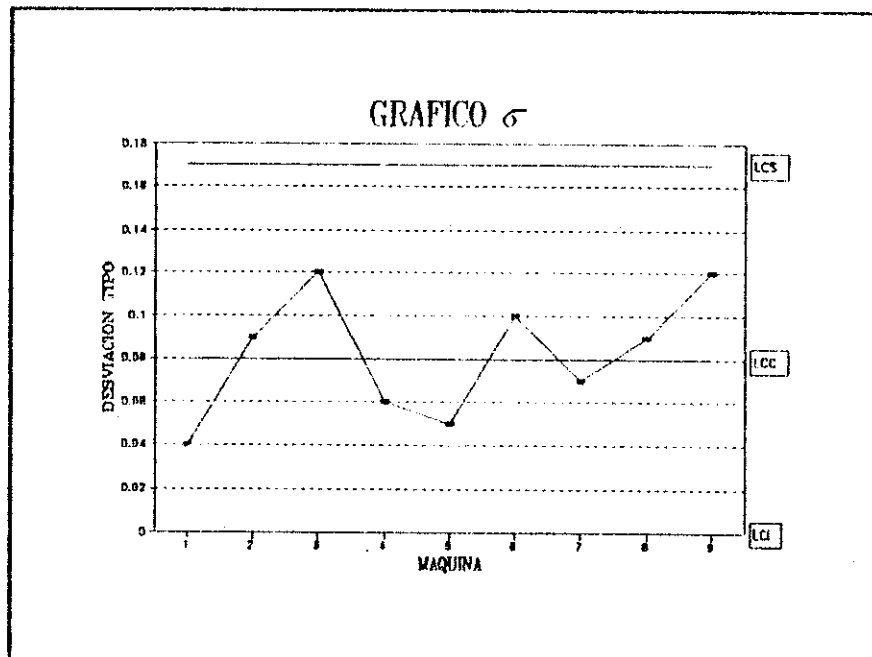
$$LCI = 0.08 * 0 = 0$$

Luego se realiza la gráfica en la opción GRAPH del menú, se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica. Los límites de control se indican en la opción ANNOTATE.

Gráfica No. 8



Gráfica No. 9



Conclusiones:

Como se puede observar en las gráficas anteriores, el proceso de fabricación de fibra textil se encuentra bajo control; en relación con su tendencia central, y con su variabilidad.

5.2.5 EVALUACION

1. Una máquina automática se emplea para llenar cajas de jabón en polvo. Las especificaciones requieren que las cajas pesen entre 11.8 y 12.2 onzas. Los datos disponibles acerca del rendimiento de la máquina se refiere al contenido promedio de 11.9 onzas y una desviación estándar de 0.3 onzas. Si se supone que el peso se distribuye normalmente:
 - a) Simule el proceso de producción generando 40 observaciones en grupos de 4. Para ello tome 40 números al azar Z_i de la tabla de números aleatorios de las desviaciones normales del apéndice D, y genere el peso de una caja $X=11.9+Z_i(0.3)$.
 - b) Construya el gráfico $\bar{X}-\sigma$ con las observaciones generadas. Verifique si el proceso está bajo control y si cumple con las especificaciones.
 - c) Generar otras 32 observaciones en grupos de 4, suponiendo un cambio en los parámetros a $\mu=11.9$, $\sigma=0.32$. Plotear los puntos en los gráficos anteriores y concluir sobre el comportamiento de los mismos.
 - d) Generar otras 32 observaciones en grupos de 4 con un nuevo cambio de parámetros a $\mu=12.1$, $\sigma=0.3$. Plotear y concluir.
 - e) Generar otras 32 observaciones en grupos de 4 con un nuevo cambio a $\mu=12.1$, $\sigma=0.32$. Plotear y concluir.

5.3 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS P Y nP

5.3.1 DESCRIPCION

En este laboratorio, se ingresarán ciertos datos en la computadora, los cuales se utilizarán para el cálculo de la fracción defectuosa, los límites de control y para la representación de los puntos en la gráfica muestra vrs. fracción defectuosa.

5.3.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Construir un gráfico de control por atributos P y nP, identificando sus respectivos límites de control.
- b. Interpretar el comportamiento de las diferentes muestras en el gráfico de control por atributos P y nP.
- c. Descubrir aquellos puntos fuera de control que requieran una acción para identificar y corregir las causas de mala calidad.
- d. Utilizar el gráfico para la toma de decisiones de carácter general en el transcurso de la producción, como cuándo hay que buscar causas de variación, actuando para intentar corregirlas, o cuándo hay que dejar que el proceso continúe libremente.

5.3.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

GRAFICO P

El gráfico de control por atributos más versátil y más ampliamente utilizado es el de fracción defectuosa, o gráfico p. Puede aplicarse a características de calidad consideradas como atributos, incluyendo aquellas que podrían medirse como variables; por ejemplo, dimensiones verificadas mediante calibres "pasa-no pasa". Como el resultado de una inspección consiste simplemente en clasificar un artículo como aceptado o rechazado, un gráfico p sencillo puede aplicarse a una característica de calidad, a una docena, o a un centenar.

La fracción defectuosa p puede definirse como la relación entre el número de artículos defectuosos encontrados en una inspección o en una serie de inspecciones, y la cantidad total de artículos inspeccionados.

A fin de hacer uso efectivo del gráfico de la fracción defectuosa como una ayuda en el proceso de control, tienen que haber algunos artículos defectuosos en la muestra observada. Es obvio que cuanto mejor es la calidad, mayores tienen que ser las muestras para poder encontrar en ellas algunos elementos defectuosos. Si sólo es defectuoso un 0.1% del producto, antes de que la media de artículos defectuosos sea de uno por muestra, el tamaño de la misma debe ser como mínimo de 1000. Por otro lado, una muestra de cinco elementos dará una media de uno defectuoso por muestra, si el 20% del producto es defectuoso. Es evidente, que con una calidad muy buena, el gráfico p es de gran utilidad para detectar falta de control, sólo cuando el tamaño de muestra sea grande; con una calidad baja, el gráfico p puede ser eficaz con muestra pequeñas.

Además cuanto mayor sea la muestra, más fielmente podrá reflejar la población.

Cuando se desea utilizar un gráfico de control para una sola característica de calidad medible, y debe escogerse entre un gráfico p y un gráfico X; es importante tener en

cuenta que este último requiere un tamaño de muestra mucho menor para dar buenos resultados. Desde un punto de vista estadístico, las variables son muy superiores a los atributos; las mediciones reales realizadas en unas pocas piezas resultan tan eficaces como la comprobación de gran cantidad de ellas mediante calibres pasa-no pasa.

GRAFICO nP

Siempre que se trabaje con un tamaño de subgrupo variable, el gráfico de control, más que el número real de artículos defectuosos, debe indicar la fracción defectuosa. Si se representasen las cantidades reales de artículos defectuosos, sería necesario cambiar la línea central del gráfico, así como los límites para cada tamaño de subgrupo. Sin embargo, si este valor se mantiene constante, puede utilizarse el gráfico para las cantidades reales de artículos defectuosos. Este gráfico se denomina "np". La fracción defectuosa se obtiene dividiendo el número de piezas defectuosas por el tamaño de subgrupo n . Por lo tanto, este numerador puede representarse por np , cantidad que dividida por n , da p .

Un gráfico np indica, en lugar del porcentaje defectuoso, el número real de elementos defectuosos.

No hay diferencia en la apariencia de los gráficos p y np ni tampoco en la información que dan.

Cuando el tamaño del subgrupo es constante, podrían considerarse dos razones posibles en favor del uso del gráfico np , frente al gráfico p . Una de ellas es que el primero ahorra un cálculo por cada subgrupo, la división del número de artículos defectuosos por el tamaño del subgrupo para obtener p . La otra razón es que algunas personas entienden el gráfico np más rápidamente.

Sin embargo, en una planta de fabricación ocurre con frecuencia, que en muchos lugares que el tamaño de subgrupo es variable, sólo es aplicable el gráfico p; y en algunos otros, en que el tamaño del subgrupo es constante, puede utilizarse cualquiera de los dos. En tales casos, si se emplean los dos tipos de gráfico, existe una posibilidad de confusión que compensa con exceso la ligera ventaja del gráfico np, y es mejor manejar únicamente gráficos p, incluso cuando el tamaño del subgrupo se mantiene constante.

5.3.4 DESARROLLO

EJEMPLO GRAFICO P

Los siguientes datos son piezas defectuosas encontradas en muestras de 200 ítem tomadas durante un mes, de la producción diaria de envases plásticos de la empresa ENVAICA, S.A.:

MUESTRA	PIEZAS DEFECTUOSAS	p
1	16	16/200 = 0.080
2	6	6/200 = 0.030
3	13	13/200 = 0.065
4	3	3/200 = 0.015
5	11	11/200 = 0.055
6	16	16/200 = 0.080
7	5	5/200 = 0.025
8	8	8/200 = 0.040
9	9	9/200 = 0.045
10	8	8/200 = 0.040
11	9	9/200 = 0.045
12	5	5/200 = 0.025
13	5	5/200 = 0.025
14	7	7/200 = 0.035
15	15	15/200 = 0.075

$$\Sigma = 136$$

- a) ¿Está el proceso bajo control?
- b) Suponiendo que se encuentren causas asignables para cada punto fuera de control, construya una gráfica p para controlar la producción futura.

Resolución:

Se halla la fracción defectuosa "p" para cada muestra por medio de la siguiente fórmula:

$$p = \text{No. total defectuosos} / \text{No. total inspeccionado}$$

Para hallar la fracción defectuosa p de la muestra No.1 en QPRO, se posiciona en la celda donde se desea el resultado, se teclea el signo más (+), luego se posiciona en la celda donde se encuentra la cantidad 16, se teclea el signo división (/), se ingresa la cantidad 200 y finalmente la tecla enter. Aparecerá el resultado 0.080 en la celda.

Luego se copia esta fórmula a las 14 muestras restantes, por medio de la opción COPY que se encuentra en el menú EDIT de QPRO.

Para hallar los límites de control, tenemos las siguientes fórmulas:

GRAFICO P

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

$$LCC = p$$

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

Tenemos que n=200.

Para hallar p:

$p = \text{No. total defectuosos} / \text{No. total inspeccionado}$

$$= 136 / (15 * 200) = 0.045$$

GRAFICO P

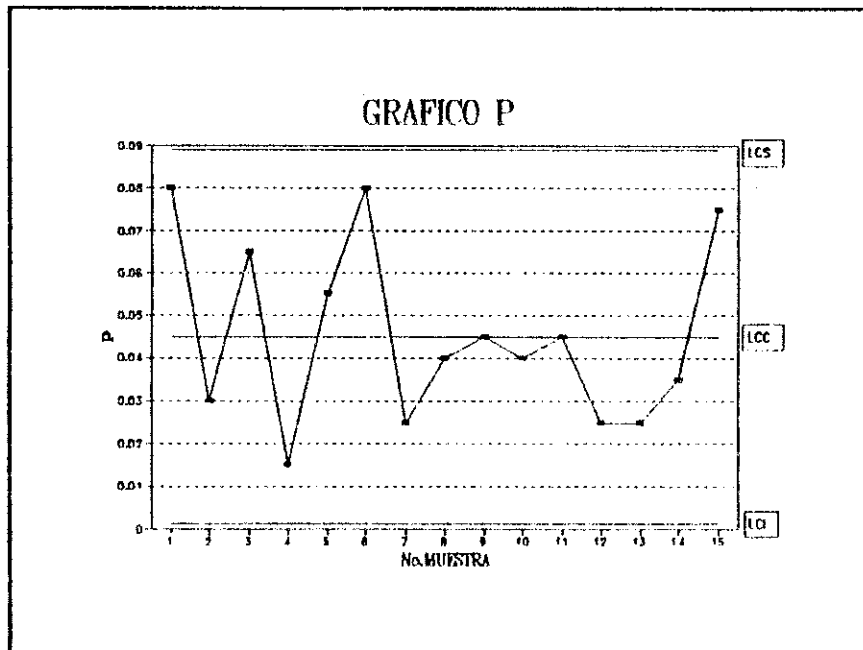
$$\text{LCS} = 0.045 + 3 * \text{SQRT}(0.045 * (1 - 0.045) / 200) = 0.089$$

$$\text{LCC} = 0.045$$

$$\text{LCI} = 0.045 - 3 * \text{SQRT}(0.045 * (1 - 0.045) / 200) = 0.001$$

Luego se realiza la gráfica en la opción GRAPH del menú, se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica. Los límites de control se indican en la opción ANNOTATE.

Gráfica No. 10



Conclusiones:

Según se observa en la anterior gráfica, el proceso de producción de envases plásticos de la empresa ENVAICA S.A., se encuentra bajo control, y se recomiendan esos límites para controlar la producción futura.

EJEMPLO GRAFICO nP

A continuación, se presentan los resultados de la inspección de una pieza de chapa del revestimiento del turbosobrealimentador de un avión. La pieza se inspeccionó después de haber sido conformada con un martinete.

Nº. DE ORDEN DE PRODUCCION	TAMAÑO DEL LOTE n	Nº. DE ARTICULOS DEFECTUOSOS np
1	200	19
2	200	15
3	200	17
4	200	15
5	200	0
6	200	16
7	200	14
8	200	0
9	200	8
10	200	16
TOTALES	2000	120

- ¿Está el proceso bajo control?
- Construya una gráfica np para controlar la producción futura.

Resolución:

Para hallar los límites de control, tenemos las siguientes fórmulas:

<p>GRAFICO nP</p> <p>LCS = $np+3*\sqrt{np*(1-p)}$</p> <p>LCC = np</p> <p>LCI = $np-3*\sqrt{np*(1-p)}$</p>
--

Tenemos que $n=200$.

$$np = 120/10$$

$$= 12$$

$$p = 120/2000$$

$$= 0.06$$

$$3\sigma_{np} = 3*\sqrt{n*p*(1-p)}$$

$$= 3*\sqrt{200*0.06*0.94}$$

$$= 10.08$$

GRAFICO nP

$$LCS = 12+10.08 = 22.08$$

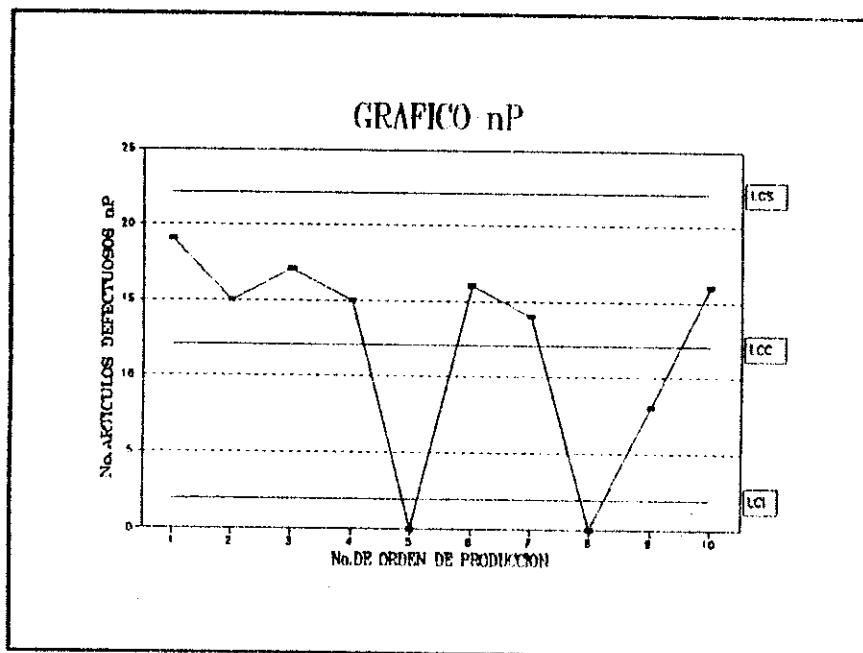
$$LCC = 12$$

$$LCI = 12-10.08 = 1.92$$

Luego se realiza la gráfica en la opción GRAPH del menú, se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica; en la opción SERIES, se definen los datos para el eje de la

ordenada y el eje de la abscisa; con la opción VIEW, se puede visualizar la gráfica. Los límites de control se indican en la opción ANNOTATE.

Gráfica No. 11



Conclusiones:

Con base en la gráfica anterior, se observa que el proceso no se encuentra bajo control, ya que hay causas no aleatorias de variación. Se deben investigar las causas que originaron los puntos que se encuentran fuera del límite de control inferior, ya que podrían ser causas para mejorar la calidad.

5.3.5 EVALUACION

1. Las siguientes son las fracciones defectuosas en los ensamblajes de eje y arandela durante el mes de abril, con muestras de 1500 cada uno.

FECHA ABRIL	FRACCIÓN DEFECTUOSA
1	0.11
3	0.06
4	0.10
5	0.11
6	0.14
7	0.11
10	0.14
11	0.03
12	0.02
13	0.03
14	0.03
15	0.03
17	0.04
18	0.07
19	0.04
20	0.04
21	0.04
22	0.03
24	0.06
25	0.06
26	0.04
27	0.03
28	0.04

Con base en estos datos, trácese un diagrama p y un diagrama np para controlar la calidad durante el mes próximo.

2. Los ítem defectuosos de un proceso fabril y para una producción de 25 días son los siguientes:

DIA	CANTIDAD INSPECCIONADA	CANTIDAD DE ÍTEM DEFECTUOSOS
1	56	2
2	73	5
3	47	4
4	51	3
5	59	6
6	60	2
7	63	2

DIA	CANTIDAD INSPECCIONADA	CANTIDAD DE ITEM DEFECTUOSOS
8	72	4
9	41	3
10	45	0
11	54	2
12	56	4
13	65	7
14	62	5
15	70	4
16	76	3
17	81	6
18	85	8
19	79	8
20	82	5
21	90	10
22	75	4
23	77	3
24	81	6
25	61	4

- a) ¿Está este proceso bajo control con respecto a su porcentaje de defectos?
- b) Suponiendo que existan causas asignables para todos los puntos fuera de control, trace una gráfica p a fin de controlar la producción futura.

5.4 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS C

5.4.1 DESCRIPCION

En el presente laboratorio, los estudiantes ingresarán una serie de datos en la computadora, para posteriormente calcular el número de defectos por unidad de inspección, los límites de control y para la representación de los puntos en la gráfica muestra vrs. número de defectos.

5.4.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Construir un gráfico de control por atributos C, identificando sus respectivos límites de control.
- b. Interpretar el comportamiento de las diferentes muestras en el gráfico de control por atributos C.
- c. Averiguar, después de un cierto período de tiempo, el número promedio de defectos por unidad, sometidos a inspección.
- d. Descubrir aquellos puntos fuera de control que requieran una acción para identificar y corregir las causas de mala calidad.
- e. Estimar el porcentaje de defectuosos en el proceso cuando se encuentra bajo control.

5.4.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

En muchos casos es necesario, o por lo menos más conveniente, trabajar con el número de defectos por unidad que con la fracción defectuosa. Como ejemplo, se pueden considerar casos en los que el producto es una unidad grande, por ejemplo, un radio que puede tener defectos en innumerables lugares, aunque cualquier unidad presenta sólo en raras ocasiones más de unos pocos defectos. En estos casos, es natural contar el número de defectos por unidad.

Los gráficos de control X y R pueden aplicarse a cualquier característica de calidad medible. El gráfico de control p, puede aplicarse a los resultados de cualquier inspección

que acepte o rechace piezas elementales del producto. Así pues, ambos tipos de gráfico son muy útiles en cualquier programa de control estadístico de la calidad.

El gráfico de control de los defectos, denominado generalmente gráfico *c*, tiene un campo de aplicación mucho más restringido. Es posible que en muchas plantas de fabricación no se presenten oportunidades para utilizarlo de una forma rentable, incluso aunque existan docenas de lugares en que los gráficos *X*, *R* y *p* puedan emplearse provechosamente.

Sin embargo, existen ciertas situaciones, tanto en fabricación como en inspección, en las que el gráfico *c* se hace definitivamente necesario.

La experiencia con la variación en el número de defectos por unidad, por ejemplo, número de imperfecciones por 100 yardas cuadradas, o el número de defectos por radio, indica que la distribución de la variable sigue muy estrechamente la forma de la distribución de Poisson. En muchos tipos de productos fabricados, las oportunidades de que se presenten defectos son numerosas, incluso aunque las posibilidades de que tengan lugar en cualquier zona limitada sean reducidas. Siempre que esto sea cierto, desde el punto de vista de la teoría estadística, es correcto basar los límites en la hipótesis de que la distribución de Poisson es aplicable. Este hecho, que puede ser probado empíricamente, se ve apoyado igualmente por ciertas consideraciones teóricas.

5.4.4 DESARROLLO

El número de defectos encontrados en aparatos de televisión inspeccionados a razón de 20 unidades, era el siguiente:

UNIDAD	NUMERO DE DEFECTOS
1	40
2	62
3	53
4	49
5	81
6	90
7	110
8	55
9	87
10	40
11	21
12	53
13	91
14	71
15	65
16	50
17	29
18	26
19	59
20	75
TOTAL	1207

Dibuje una gráfica para el número de defectos encontrados por aparato, y proyecte los límites que permitan controlar la producción futura.

Resolución:

Para hallar los límites de control, tenemos las siguientes fórmulas:

<p>GRAFICO C</p> $LCS = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$ $LCC = \bar{c}$ $LCI = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$
--

Para hallar \bar{c} :

$$\bar{c} = \frac{\sum \text{defectos}}{\text{No. unidades inspeccionadas}} = \frac{1207}{20} = 60.35$$

GRAFICO C

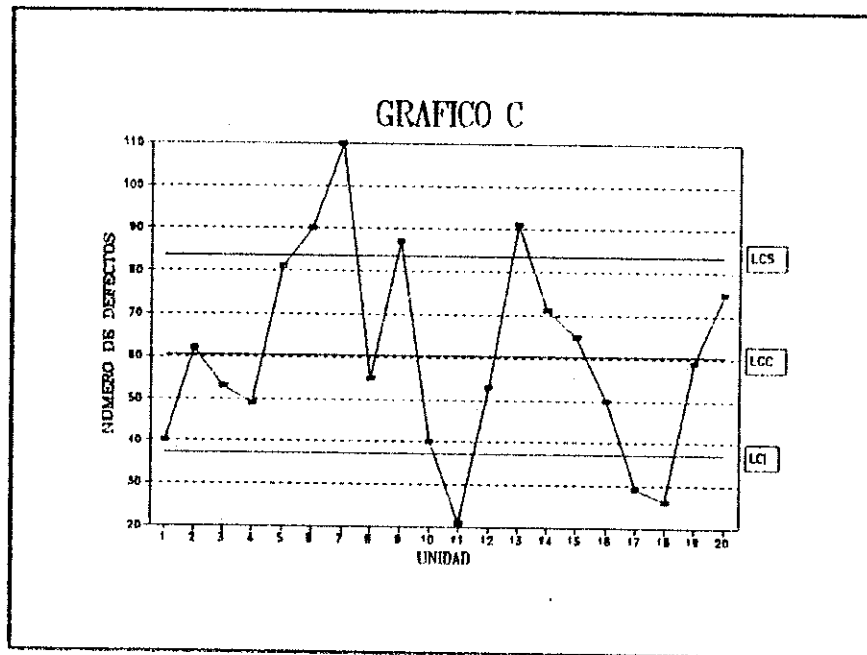
$$LCS = 60.35 + 3 * \text{SQRT}(60.35) = 83.66$$

$$LCC = 60.35$$

$$LCI = 60.35 - 3 * \text{SQRT}(60.35) = 37.04$$

Luego se realiza la gráfica en la opción GRAPH del menú, se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica. Los límites de control se indican en la opción ANNOTATE.

Gráfica No. 12



Como se ve en la gráfica de defectos anterior, el proceso no se encuentra bajo control. Para recalcular, se eliminan los puntos que se encuentran fuera del límite superior de

control, suponiendo que las causas atribuibles han sido eliminadas; y se realiza la gráfica con los datos ya recalculados.

DATOS DESPUES DE VARIOS RECALCULOS

UNIDAD	NUMERO DE DEFECTOS
1	40
2	62
3	53
4	49
8	55
10	40
11	21
12	53
15	65
16	50
17	29
18	26
19	59
TOTAL	602

$$\bar{c} = \frac{\sum \text{defectos}}{\sum n} = \frac{602}{13} = 46.31$$

GRAFICO C

$$LCS = 46.31 + 3 * \text{SQRT}(46.31) = 66.72$$

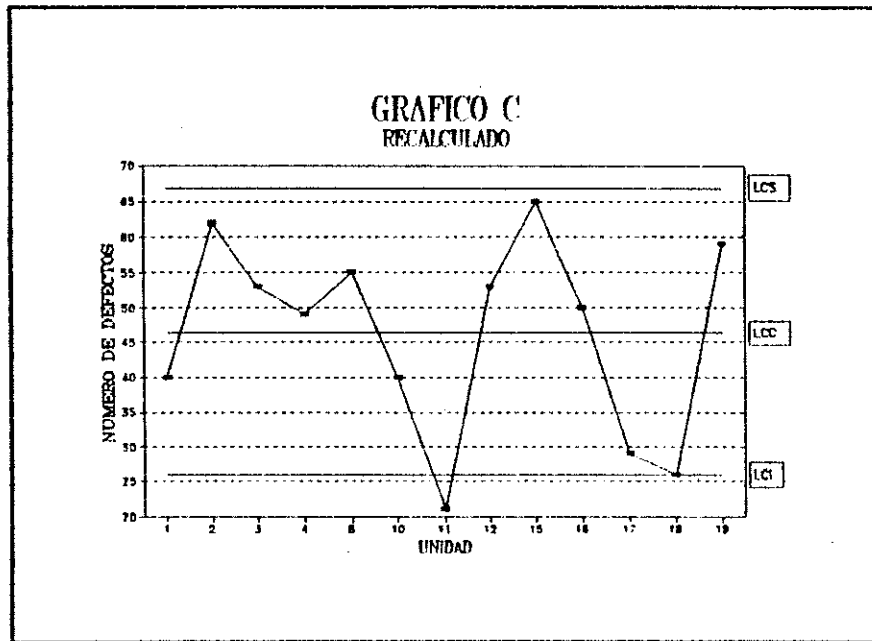
$$LCC = 46.31$$

$$LCI = 46.31 - 3 * \text{SQRT}(46.31) = 25.89$$

Conclusiones:

La gráfica con los datos recalculados se muestra a continuación. Se observa que el proceso se encuentra bajo control. Se deben investigar las causas que originaron los puntos fuera del límite inferior de control, ya que podrían ser causas para mejorar la calidad.

Gráfica No. 13



5.4.5 EVALUACION

- Los siguientes son los números de defectos encontrados en la inspección de subensamblaje de aparatos de radio, durante un período dado de operación (6 aparatos = 1 unidad de inspección):

NUMERO DE SUBENSAMBLAJE	NUMERO DE DEFECTOS
1	70
2	64
3	81
4	105
5	40
6	62
7	53
8	48
9	82
10	90
11	110
12	54
13	88

NUMERO DE SUBENSAMBLAJE	NUMERO DE DEFECTOS
14	40
15	21
16	56
17	91
18	70
19	65
20	50
21	28
22	24
23	60
24	75
25	25

Con base en estos datos, trace un gráfico c para utilizarlo en el período siguiente. Suponga que se han encontrado las causas atribuibles correspondientes a todos los puntos situados fuera de los límites preliminares de control.

- Como parte de un programa general de mejora de la calidad, un fabricante textil decide iniciar un gráfico c, para controlar el número de imperfecciones encontradas en cada pieza de tela. En la siguiente tabla, se recogen los datos obtenidos en las 25 últimas inspecciones. Calcular, a partir de ellos, los límites de control. Trace el diagrama respectivo. Revisar los límites para el próximo período de producción.

PIEZA DE TELA	NUMERO DE IMPERFECCIONES
1	14
2	5
3	10
4	19
5	0
6	6
7	2
8	9
9	8
10	7

PIEZA DE TELA	NÚMERO DE IMPERFECCIONES
11	3
12	12
13	1
14	22
15	1
16	6
17	14
18	8
19	6
20	9
21	7
22	1
23	5
24	12
25	4

5.5 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS U

5.5.1 DESCRIPCION

En esta sesión de laboratorio, los estudiantes calcularán el número de defectos por unidad y los límites de control, con base en una serie de datos que corresponden a un caso de estudio. Luego representarán los puntos en la gráfica muestra vrs. defectos.

5.5.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Construir un gráfico de control por atributos U, identificando sus respectivos límites de control.

- b. Interpretar el comportamiento de las diferentes muestras en el gráfico de control por atributos U.
- c. Averiguar, después de un cierto período de tiempo, el número promedio de defectos por unidad de inspección.
- d. Descubrir aquellos puntos fuera de control que requieran una acción para identificar y corregir las causas de mala calidad.

5.5.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

Como se mencionó en la sección de gráficos de control por atributos C, la cantidad c es el número de defectos observados en una inspección especificada concreta.

Muchas veces, esta inspección se refiere a una sola unidad de producto, por ejemplo, un avión, un aparato de radio, una pieza de cable o un rollo de papel couché. En este caso, por otra parte tan común, en que el tamaño del subgrupo es la unidad, c es a la vez el número de defectos y el número de defectos por unidad.

Sin embargo, en realidad no es necesario que el subgrupo esté formado por una sola unidad de producto. Para efectos del gráfico de control, la unidad puede estar constituida por 10 unidades de producto, o 100, o cualquier otra cantidad que interese. El número total de defectos de cada subgrupo puede representarse como si éste fuera una única unidad de producto.

Siempre que, por cualquier causa, se produzca una variación del área de oportunidad de ocurrencia de un producto de un subgrupo al siguiente, el gráfico c convencional que indica el número total de defectos no resulta satisfactorio.

Una forma de soslayar esta dificultad, consiste en dividir el número de defectos c , por n unidades. El cociente c/n se representa por el símbolo u . Estos diagramas se denominan diagrama u .

Cuando el tamaño de la muestra varía de una muestra a otra, es necesario utilizar un diagrama u .

5.5.4 DESARROLLO

En la tabla siguiente, se relaciona el número de piezas de tela producido diariamente en un pequeño telar, así como el número de imperfecciones encontrado en cada una de ellas. Partiendo de estos datos, calcular los límites de control de prueba para un gráfico u , y trace el gráfico u .

DIA	PIEZAS DE TELA PRODUCIDAS n	NUMERO DE IMPERFECCIONES c	IMPERFECCIONES POR PIEZA u
1	20	27	$27/20 = 1.35$
2	20	23	$23/20 = 1.15$
3	20	30	$30/20 = 1.50$
4	21	28	$28/21 = 1.33$
5	22	29	$29/22 = 1.32$
6	22	31	$31/22 = 1.41$
7	23	37	$37/23 = 1.61$
8	33	29	$29/33 = 0.88$
9	23	36	$36/23 = 1.57$
10	21	27	$27/21 = 1.29$
TOTALES	225	297	

Resolución:

Para hallar los límites de control, se tienen las siguientes fórmulas:

<p>GRAFICO U</p> <p>$LCS = \bar{u} + 3 * \text{sqrt}(\bar{u}/n)$</p> <p>$LCC = \bar{u}$</p> <p>$LCL = \bar{u} - 3 * \text{sqrt}(\bar{u}/n)$</p>
--

Se tiene que n es variable, por lo que la fórmula para hallar los límites de control será:

$$\bar{u} \pm 3 * \text{sqrt}(\bar{u}) / \text{sqrt}(n)$$

Para hallar \bar{u} :

$$\bar{u} = \sum \text{defectos} / \sum n = 297 / 225 = 1.32$$

GRAFICO U

Los límites de control serán variables, debido a que n es variable. Para hallar el LCS de la primera muestra:

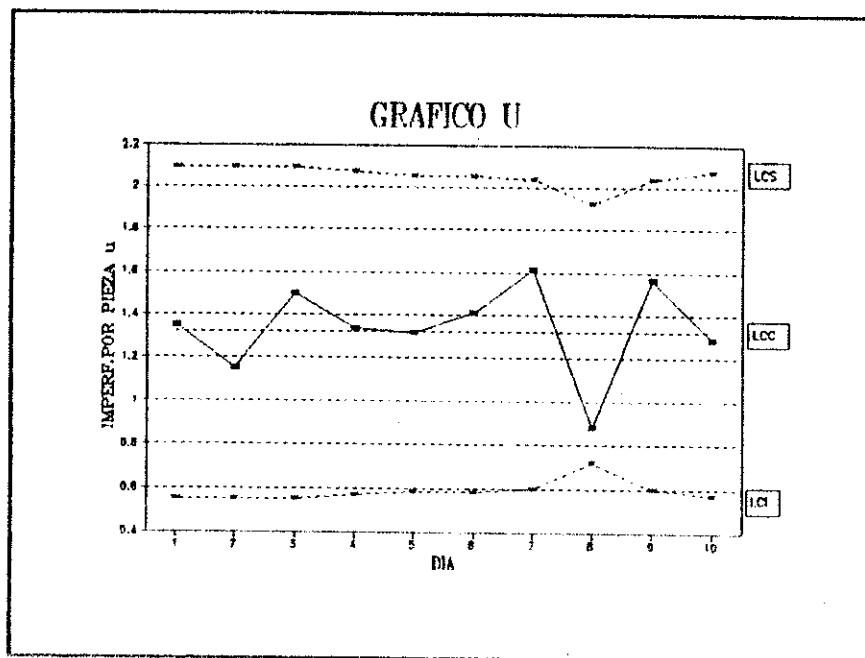
Se posiciona en la celda donde se desea el resultado, se ingresa la cantidad 1.32, se tecléa el signo más (+), luego se ingresa la cantidad 3, se tecléa el signo multiplicación (*), se ingresa SQRT(1.32), se tecléa el signo división (/), se ingresa SQRT(, se posiciona en la celda donde se encuentra la cantidad 20, se tecléa), y finalmente la tecla enter. Aparecerá el resultado 2.09 en la celda. De la misma forma se calcula el LCL.

Luego se copian estas fórmulas a las 9 muestras restantes, por medio de la opción COPY que se encuentra en el menú EDIT de QPRO.

<i>DIA</i>	<i>LCS</i>	<i>LCC</i>	<i>LCI</i>
1	2.09	1.32	0.55
2	2.09	1.32	0.55
3	2.09	1.32	0.55
4	2.07	1.32	0.57
5	2.05	1.32	0.59
6	2.05	1.32	0.59
7	2.04	1.32	0.60
8	1.92	1.32	0.72
9	2.04	1.32	0.60
10	2.07	1.32	0.57

Luego se realiza la gráfica en la opción GRAPH del menú, se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica. Los límites de control se indican en la opción ANNOTATE.

Gráfica No. 14



Conclusiones:

El proceso de producción de tela se encuentra bajo control, según se muestra en la gráfica anterior.

5.5.5 EVALUACION

1. La tabla siguiente proporciona los defectos c observados en una operación de montaje de una parte de un avión, y representa el número de unidades producidas en cada turno, durante una semana. Preparar un gráfico de control u. Concluir si existen causas asignables de variación.

TURNO	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
	c n	c n	c n	c n	c n	c n
DIA	19 5	25 5	15 5	29 5	36 4	27 5
TARDE	20 4	20 4	14 4	9 4	22 3	24 4
NOCHE	8 2	7 2	2 2	2 2	4 1	6 2

5.6 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS D

5.6.1 DESCRIPCION

Práctica de laboratorio en la cual los estudiantes calcularán los límites de control en base a una serie de datos que se presentarán, para la representación de los puntos en la gráfica muestra vrs. defecto ponderado.

5.6.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Construir un gráfico de control por atributos D, identificando sus respectivos límites de control.
- b. Interpretar el comportamiento de las diferentes muestras en el gráfico de control por atributos D.
- c. Descubrir aquellos puntos fuera de control que requieran una acción para identificar y corregir las causas de mala calidad.

5.6.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

Las gráficas de control por defectos anteriores tienen la deficiencia de concederle la misma importancia a todos los tipos de defectos; es obvio que en la mayoría de los casos esto no es verdad. Por ejemplo, en la revisión de un vehículo, no se da el mismo valor a un problema de frenos que a un defecto de pintura.

Cuando se asignan diferentes valores a los distintos tipos de defectos, se utiliza el gráfico D.

El procedimiento para asignar valores (deméritos por unidad), ha estado usándose por muchos años en los programas de inspección en la recepción.

El sistema MIL-STD 105 D tiene las clasificaciones: críticas, mayor y menor; para asignar una importancia relativa a diversos atributos.

El señor H.F.Dodge describió un plan más detallado para diferentes clases de defectos, los cuales fueron clasificados en:

- Defectos clase "A" - muy serios (100 deméritos):
 - a. Devolución de la unidad por inservible.

- b. Seguramente provocará falla durante la operación en servicio, la cual no se puede corregir durante las horas de trabajo.
 - c. Propensión a causar daños personales o a la propiedad.
- Defectos clase "B" - serios (50 deméritos):
- a. Existe la probabilidad, pero no la seguridad de que provoque una falla clase "A" de operación en servicio.
 - b. Seguramente provocará una perturbación de naturaleza menos seria que una falla de operación clase "A".
 - c. Con seguridad provocará aumento en el mantenimiento o disminución en el tiempo de vida.
- Defectos clase "C" - moderadamente serios (10 deméritos)
- a. Posiblemente provocará la falla de operación en servicio.
 - b. Probablemente provocará una perturbación de naturaleza menos seria que la falla de operación.
 - c. Es probable que provoque aumento en el mantenimiento o disminución en el tiempo de vida.
 - d. Defectos mayores en la apariencia, acabado, o mano de obra.
- Defectos clase "D" - no serios (1 demérito):
- a. No provocará fallas de operación en servicio.
 - b. Defectos menores en la apariencia, acabado o mano de obra.

Los valores establecidos de deméritos para los defectos deben acordarse para todas las partes involucradas, esto es, calidad, control, inspección y manufactura. Una forma más

precisa para determinarlos consiste en tomar como base el costo de reproceso. Cuando se hace así, la interpretación de la gráfica es relativamente fácil. La fluctuación será estable o disminuirá debido a que cualquier tendencia hacia arriba indica un aumento en el costo del producto. Sin embargo, se debe señalar que cualquier tendencia hacia abajo puede reflejar una situación antieconómica. Por ejemplo, una reducción en el costo en la inspección final se puede atribuir a un costo de reproceso excesivo en algún punto inicial del sistema.

5.6.4 DESARROLLO

En la siguiente tabla, se muestra el número de defectos de diferentes tipos, hallados en una defensa delantera:

FECHA	TIPO DE DEFECTO			
	Ampollas	Hoyos	Quem.ánodo	Golpes
3	3	7	5	6
4	5	7	6	5
5	2	7	7	2
6	3	9	5	5
7	4	9	7	6
10	4	10	8	3
11	4	5	6	2
12	6	8	7	3
13	7	6	11	6
14	4	7	9	7
17	5	17	7	3
18	5	6	5	5
19	6	7	9	6
20	4	7	4	6
21	8	6	10	6
24	7	7	9	6
25	6	7	10	5
26	4	7	5	4
27	5	4	8	6
28	5	6	4	6
PROMEDIOS	4.85	7.45	7.1	4.9

Los valores asignados a cada uno de los defectos son:

- Ampollas (5)
- Hoyos (1)
- Quemaduras en el anodo (2)
- Marcas de golpes (10)

Partiendo de estos datos, calcular los límites de control de prueba para un gráfico D, y trace el gráfico D.

Resolución:

Para hallar los límites de control, tenemos las siguientes fórmulas:

GRAFICO D $LCS = D + 3\sigma_D$ $LCC = D$ $LCL = D - 3\sigma_D$

donde:

$$D = \frac{\text{Suma } D_i \text{ para todas las unidades de inspección}}{\text{Número de unidades de inspección}} = \frac{\sum D_i}{K}$$

$$D_i = \sum(\text{No.defectos} * \text{Valor}) = \sum(w_i * \bar{c}_i)$$

$$\sigma_D = \sqrt{w_1^2 * \bar{c}_1 + w_2^2 * \bar{c}_2 + \dots + w_d^2 * \bar{c}_d}$$

$$\bar{c}_i = \frac{\text{Suma } c_i(\text{defecto tipo } i) \text{ para todas las unidades de insp.}}{\text{Número de unidades de inspección}} = \frac{\sum c_i}{K}$$

Entonces para este ejercicio:

Calcular Di multiplicando la cantidad de defectos individuales por su respectivo valor y sumar para cada unidad de inspección:

FECHA	D1	D2	D3	D4	TOTAL DEMERITOS
3	15	7	10	60	92
4	25	7	12	50	94
5	10	7	14	20	51
6	15	9	10	50	84
7	20	9	14	60	103
10	20	10	16	30	76
11	20	5	12	20	57
12	30	8	14	30	82
13	35	6	22	60	123
14	20	7	18	70	115
17	25	17	14	30	86
18	25	6	10	50	91
19	30	7	18	60	115
20	20	7	8	60	95
21	40	6	20	60	126
24	35	7	18	60	120
25	30	7	20	50	107
26	20	7	10	40	77
27	25	4	16	60	105
28	25	6	8	60	99

D PROMEDIO = 94.9

LIMITES DE CONTROL

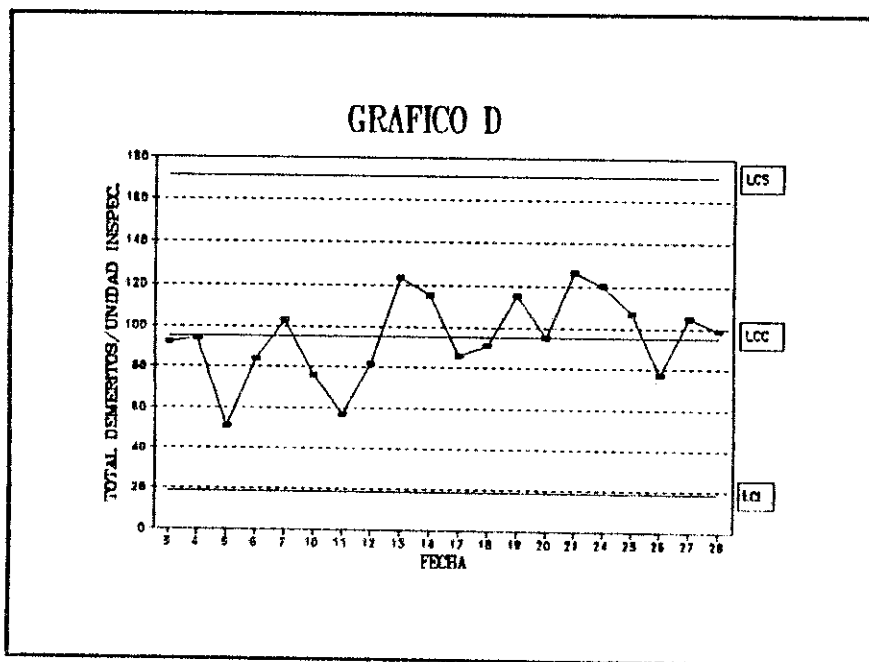
$$LCS = 94.9 + 3 * \sqrt{(5^2 * 4.85 + 1^2 * 7.45 + 2^2 * 7.1 + 10^2 * 4.9)} = 171.22$$

$$LCC = 94.9$$

$$LCI = 94.9 - 3 * \sqrt{(5^2 * 4.85 + 1^2 * 7.45 + 2^2 * 7.1 + 10^2 * 4.9)} = 18.58$$

Luego se realiza la gráfica en la opción GRAPH del menú, se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica. Los límites de control se indican en la opción ANNOTATE.

Gráfica No. 15



Conclusiones:

El proceso de producción de la defensa delantera se encuentra bajo control.

5.6.5 EVALUACION

1. En la siguiente tabla, se muestra el número de defectos hallados en diferentes tipos de defectos de un artículo niquelado:

MUESTRA	TIPO DE DEFECTO			
	Orif.No R.	Acab.D	Niquel.Pobr.	Rebabas
1	6	12	3	8
2	5	6	4	9
3	7	7	8	4
4	2	8	5	6
5	5	3	8	5
6	5	2	6	7
7	7	10	4	2
8	6	8	7	6
9	8	1	11	5

MUESTRA	TIPO DE DEFECTO			
	Orif.No R.	Acab.D	Niquel.Pobr.	Rebabas
10	3	5	5	8
11	6	16	6	4
12	2	9	4	2
13	7	7	8	5
14	3	7	5	3
15	6	7	9	5
16	9	6	7	4
17	7	4	5	6
18	7	5	6	7
19	3	8	8	8
20	5	3	7	4

Los valores asignados a cada uno de los defectos son:

- Orificio no roscado 4
- Acabado defectuoso 7
- Niquelado pobre 3
- Rebabas 9

Partiendo de estos datos, calcule los límites de control para un gráfico D, y trace el gráfico D.

CAPITULO 6

PRACTICAS DE LABORATORIO DE **MUESTREO DE ACEPTACION**

6.1 MUESTREO DE ACEPTACION POR ATRIBUTOS SIMPLE

6.1.1 DESCRIPCION

Se presenta un caso con un plan de muestreo establecido, para que los estudiantes lo ingresen en la computadora. Dicho plan será de utilidad para el cálculo, a partir de un porcentaje de defectuosos establecido, de la probabilidad de aceptación, el riesgo del productor, el riesgo del consumidor, la calidad media de salida, la inspección total media, y para la representación de los puntos en la curva característica de operación.

6.1.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Trazar la curva característica de operación para diferentes procesos de muestreo de aceptación simple.
- b. Interpretar los diferentes puntos que se encuentran a lo largo de la curva característica de operación de un plan de muestreo de aceptación simple.
- c. Determinar los índices de calidad que se utilizan en un plan de muestreo de aceptación simple.

6.1.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

Uno de los campos más amplios del control de calidad estadístico es el muestreo de aceptación. Una compañía recibe un embarque. Muestra el embarque, y de acuerdo con las normas, lo acepta o lo rechaza. Si es rechazado por no encontrarse bajo las normas, puede ser devuelto o conservado, dependiendo de la necesidad que se tenga de la mercancía, o de los acuerdos que se hayan tenido con el proveedor.

Con frecuencia la propia producción de una compañía es sometida a un muestreo de aceptación en varias etapas de la producción.

El propósito del muestreo de aceptación es el determinar una manera de actuar, y no el de encontrar la calidad del lote. Es decir, el muestreo de aceptación no es un intento para "controlar" la calidad, tal es el propósito de los diagramas de control, que guían al ingeniero en cuanto a la modificación de la producción, con objeto de generar mejores productos. Este es el verdadero control de calidad. Un muestreo de aceptación simplemente acepta o rechaza los lotes. Si los lotes son todos de la misma calidad, aceptará unos y rechazará otros, y los aceptados no serán mejores que los rechazados.

En la inspección de aceptación, un artículo defectuoso es el que no es conforme a las especificaciones en una o más características de calidad. Un procedimiento corriente en la aceptación por muestreo es considerar por separado cada lote de producto sometido y basar la decisión, sobre la aceptación o rechazo del lote, en la evidencia de una o más muestras escogidas al azar del lote. Cuando la decisión se hace siempre por la evidencia de sólo una muestra, el plan de aceptación se describe como de muestreo simple.

Cualquier plan sistemático de muestreo simple requiere que se especifiquen tres números. El primero es el número N de artículos en el lote del que debe sacarse la muestra. El segundo es el número n de artículos en la muestra al azar sacada del lote. Y el tercero es el número c de aceptación.

Este número de aceptación corresponde al máximo permisible de artículos defectuosos en la muestra. Un número de piezas defectuosas superior a c causaría el rechazo del lote. En los planes de muestreo desarrollados sin el provecho del análisis estadístico, c se especifica, con frecuencia, como 0 con la ilusión de que si la muestra es perfecta, el lote también lo será.

Por ejemplo, en el siguiente plan de muestreo: $N=50$, $n=5$, $c=0$; estos tres números pueden interpretarse como diciendo: "Tomar una muestra al azar de 5 de un lote de 50. Si la muestra contiene más de 0 defectos, rechazar el lote; en caso contrario, aceptarlo".

Al juzgar distintos planes de aceptación por muestreo, es conveniente comparar su funcionamiento sobre una gama de posibles niveles de calidad del producto recibido. La curva característica de operación, o curva CO, como normalmente se le llama, da un excelente cuadro de este funcionamiento o realización.

Para cualquier fracción defectuosa p en un lote recibido, la curva CO muestra la probabilidad $P(A)$ de que tal lote sea aceptado por el plan de muestreo dado. O dicho de un modo diferente, la curva CO muestra los porcentajes de los lotes ensayados que se aceptarían, si una gran cantidad de lotes de cierta calidad especificada se sometieran a inspección.

Se le ha dado particular importancia a dos puntos de la curva CO en el planteo de los sistemas de aceptación por muestreo. Dichos puntos son:

NCA (nivel de calidad aceptable) o AQL. Este es el nivel más pobre de calidad, o la máxima fracción defectuosa del proceso del proveedor, que el consumidor consideraría aceptable como promedio del proceso para efectos del muestreo de aceptación.

PDTL (porcentaje defectuoso tolerado en el lote) o LTPD. Es la proporción mínima de defectuosos que el consumidor considera inaceptable.

Además de los puntos anteriores, también son importantes los siguientes índices:

CMS (calidad media de salida) o AOQ. Es el porcentaje de defectuosos promedio en el producto saliente, usando el procedimiento aceptación rectificación.

LCMS (límite de calidad media de salida) o AOQL. Es el más alto porcentaje de defectuosos que se espera a la salida de la inspección, garantiza que con independencia de la calidad de entrada el promedio de la calidad de salida no es peor que él (LCMS).

ITM (inspección total media). Es el número promedio de unidades inspeccionadas, cuando se utiliza el procedimiento de rectificación.

6.1.4 DESARROLLO

Un plan de muestreo simple utiliza una muestra de 50 de un lote de 500, y un número de aceptación de 1. Calcular las probabilidades aproximadas de aceptación de lotes cuando p es 0.2%, 0.8%, 1.6%, 3%, 6%, 10%. Grafique la curva característica de operación para el presente proceso de muestreo. Calcule CMS, ITM. Para un NCA de 0.8% y un PDTL de 8.0%, calcular α y β .

Resolución:

Con base en los diferentes porcentajes de defectuoso producido, tamaño de la muestra, y criterio de aceptación, se halla la probabilidad de aceptación $P(A)$ para cada uno de los porcentajes de defectuoso producido, por medio de la siguiente fórmula:

$$P(A) = \sum_{k=0}^c \frac{\exp(-n \cdot p) \cdot (n \cdot p)^k}{k!}$$

También se puede utilizar la tabla de distribución de Poisson, para calcular las probabilidades aproximadas de aceptación de lotes, para cada uno de los porcentajes de defectuoso producido.

Luego se realiza la gráfica porcentaje de defectuosos producido vs. probabilidad de aceptación, en la opción GRAPH del menú. Se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica.

Para calcular la calidad media de salida (CMS) para un porcentaje de defectuoso establecido, se utiliza la siguiente fórmula:

$$CMS = \frac{p \cdot P(A) \cdot (N-n)}{N}$$

Para calcular la inspección total media (ITM) para un porcentaje de defectuoso establecido, se utiliza la siguiente fórmula:

$$ITM = n \cdot P(A) + N \cdot (1 - P(A))$$

Para hallar el riesgo del productor (α) para un porcentaje de defectuoso establecido, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\alpha = P(R) = 1 - P(A)$$

Para hallar el riesgo del consumidor (β) para un porcentaje de defectuoso en especial, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\beta = P(A)$$

Para el presente ejercicio tenemos:

$$N = 500$$

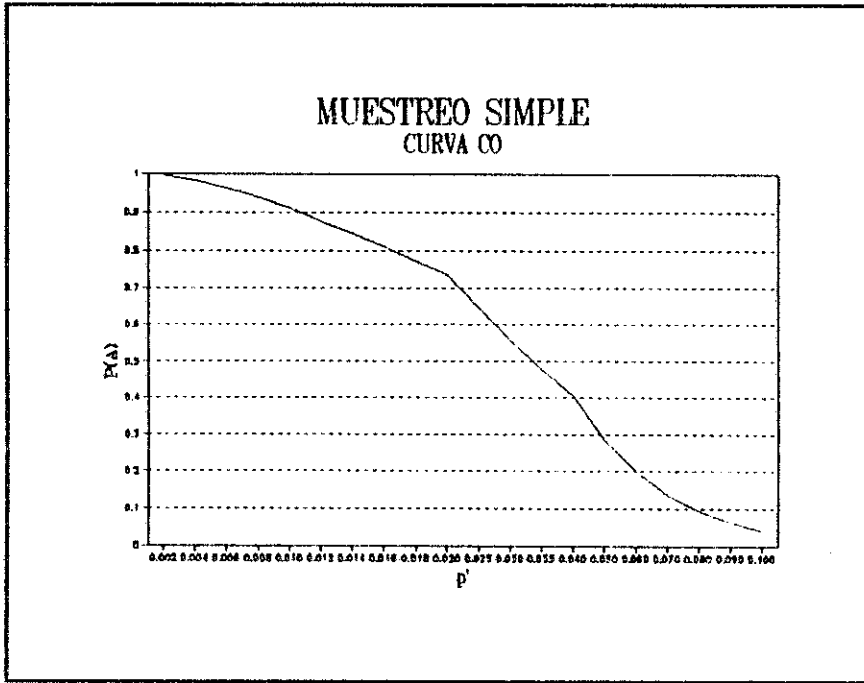
$$n = 50$$

$$c = 1$$

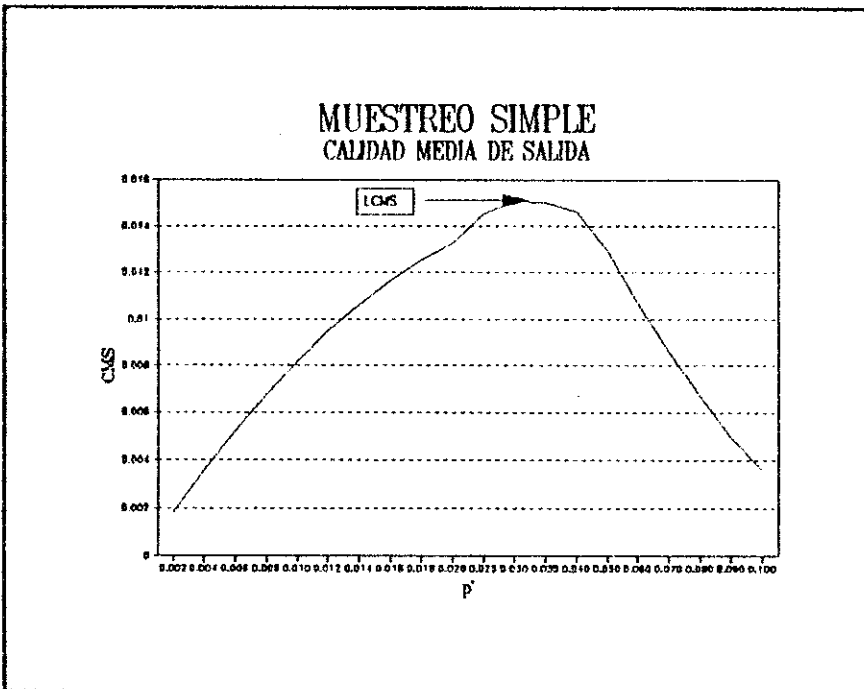
Fracción defectuosa en el lote p'	No. medio piezas defectuosas en la muestra np	Probabilidad de aceptación $P(A)$	Calidad media de salida CMS	Inspec. total media ITM
0.002	0.10	0.995	0.0018	52.25
0.004	0.20	0.982	0.0035	58.10
0.006	0.30	0.963	0.0052	66.65
0.008	0.40	0.938	0.0068	77.90
0.010	0.50	0.910	0.0082	90.50
0.012	0.60	0.878	0.0095	104.90
0.014	0.70	0.844	0.0106	120.20
0.016	0.80	0.809	0.0116	135.95
0.018	0.90	0.772	0.0125	152.60
0.020	1.00	0.736	0.0132	168.80
0.025	1.25	0.645	0.0145	209.75
0.030	1.50	0.558	0.0151	248.90
0.035	1.75	0.478	0.0151	284.90
0.040	2.00	0.406	0.0146	317.30
0.050	2.50	0.287	0.0129	370.85
0.060	3.00	0.199	0.0107	410.45
0.070	3.50	0.136	0.0086	438.80
0.080	4.00	0.092	0.0066	458.60
0.090	4.50	0.061	0.0049	472.55
0.100	5.00	0.040	0.0036	482.00

A continuación, se muestra la curva característica de operación para el presente proceso de muestreo, así como la gráfica de calidad media de salida:

Gráfica No. 16



Gráfica No. 17



Como se ve en la gráfica anterior, el LCMS es de 1.51%. Para un NCA=0.8%, $P(A)=93.8\%$ y $\alpha=1-P(A)=6.2\%$. Para un PDTL=8%, $P(A)=9.2\%$ y $\beta=1-P(A)=90.8\%$.

6.1.5 EVALUACION

1. Grafique la curva CO para cada uno de los siguientes procesos de muestreo por fracción defectuosa:

a) $n=40, c=1$

b) $n=80, c=1$

c) $n=80, c=2$

d) $n=160, c=2$

Compare el comportamiento de la curva $n=40, c=1$ con $n=80, c=1$ y explique sus conclusiones. También compare la curva $n=80, c=1$ con $n=80, c=2$; y la $n=80, c=2$ con $n=160, c=2$.

2. Una compañía usa el proceso de muestreo siguiente. Toma una muestra igual al 10 por ciento del lote que se va a inspeccionar. Si un 2 por ciento o menos de la muestra es defectuosa, el lote se acepta. Si más del 2 por ciento de la muestra es defectuoso, se rechaza.

a) Si un lote cuenta con 2000 elementos, de los cuales 80 son defectuosos. ¿Cuál es la probabilidad de que se acepte de acuerdo con el proceso anterior?

b) Si un lote cuenta con 1000 elementos, de los cuales 40 son defectuosos. ¿Cuál es la probabilidad de que se acepte de acuerdo con el proceso anterior?

- c) Si un lote cuenta con 5000 elementos, de los cuales 200 son defectuosos. ¿Cuál es la probabilidad de que se acepte de acuerdo con el proceso anterior?
- d) Si la tolerancia del lote por fracción defectuosa es 0.04. ¿Qué puede comentar acerca de la protección dada por el proceso anterior?

6.2 MUESTREO DE ACEPTACION POR ATRIBUTOS DOBLE

6.2.1 DESCRIPCION

En el presente laboratorio, se expone un plan de muestreo para que los estudiantes lo ingresen en la computadora. Dicho plan será de utilidad para el cálculo de las probabilidades de aceptación de las dos muestras, el riesgo del productor y el riesgo del consumidor para un porcentaje de defectuoso específico, la calidad media de salida, la inspección total media o el tamaño promedio de muestra (según sea el proceso con rectificación o no), y para la representación de los puntos en la gráfica porcentaje de defectuosos producido vrs. probabilidad de aceptación (curva característica de operación).

6.2.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Trazar la curva característica de operación para diferentes procesos de muestreo de aceptación doble.
- b. Interpretar los diferentes puntos que se encuentran a lo largo de la curva característica de operación de un plan de muestreo de aceptación doble.

- c. Determinar las ventajas y desventajas de la utilización de un plan de muestreo de aceptación doble.

6.2.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

El muestreo simple exige la decisión de aceptar o rechazar un lote, basándose en la evidencia de una muestra de dicho lote.

El muestreo doble implica la posibilidad de no tomar la decisión sobre el lote hasta después de haber tomado una segunda muestra. Un lote puede aceptarse en seguida, si la primera muestra es suficientemente satisfactoria, o rechazarse de inmediato si no lo es. Pero si la primera no es ni lo suficientemente satisfactoria ni lo suficientemente insatisfactoria, la decisión se basa en el resultado de la primera y segunda muestras combinadas.

Un proceso de muestreo doble tiene dos ventajas posibles sobre el de muestreo simple. En primer lugar, puede reducir la cantidad total de inspección; la muestra tomada es menor que la que se requiere para un proceso semejante de muestreo simple, y en consecuencia, en todos los casos en que es aceptado o rechazado un lote en la primera muestra, existe un ahorro considerable en la inspección total. Es también posible rechazar un lote sin inspeccionar completamente la totalidad de la segunda muestra. En segundo lugar, un proceso de muestreo doble tiene la ventaja psicológica de dar al lote una segunda posibilidad. Para algunas personas, especialmente los productores, puede parecer poco legal rechazar los lotes sobre la base de una muestra sencilla. La muestra doble permite tomar dos muestras sobre las cuales basar la decisión.

Los símbolos que se usan en el muestreo doble son los siguientes:

n_1 = número de piezas en la primera muestra.

c_1 = número de aceptación para la primera muestra; número máximo de piezas defectuosas que permitirán la aceptación del lote sobre la base de la primera muestra.

n_2 = número de piezas en la segunda muestra.

n_1+n_2 = número de piezas en las dos muestras combinadas.

c_2 = número de aceptación para las dos muestras combinadas, número máximo de piezas defectuosas que permitirán la aceptación del lote, basándose en las dos muestras.

Ejemplo del empleo de los símbolos para describir un plan de muestreo doble:

$$N = 1000$$

$$n_1 = 36$$

$$c_1 = 0$$

$$n_2 = 59$$

$$c_2 = 3$$

Esto puede interpretarse así:

- De un lote de 1000 inspeccionar una muestra de 36.
- Aceptar el lote, si en la primera muestra aparecen 0 piezas defectuosas.
- Rechazar el lote, si la primera muestra contiene más de 3 piezas defectuosas.
- Inspeccionar una segunda muestra de 59, si la primera contiene 1, 2 ó 3 piezas defectuosas.
- Aceptar el lote, si la muestra combinada de 95 contiene 3 ó, menos de tres piezas defectuosas.
- Rechazar el lote si la muestra combinada contiene más de 3 piezas defectuosas.

6.2.4 DESARROLLO

Un consumidor emplea un plan de muestreo doble para aceptar y rechazar los lotes. El plan actualmente en uso exige examinar una muestra de 25 piezas de un lote de 300, aceptándose el lote si aparecen 1 ó menos piezas defectuosas, y rechazarlo si se encuentran 3 ó más. Si aparecen dos piezas defectuosas, se inspecciona una segunda muestra de 75 piezas y se acepta el lote si ambas muestras tienen 2 ó menos piezas defectuosas. ¿Cuáles son las probabilidades de aceptación del lote cuando la fracción defectuosa es de 0.2%, 0.8%, 1.6%, 3%, 6%, 10%? Grafique la curva característica de operación para el presente proceso de muestreo. Calcular TPM, CMS, ITM.

Resolución:

Con base en los diferentes porcentajes de defectuoso producido, tamaño de la muestra, y criterio de aceptación, de cada una de las muestras; se halla la probabilidad de aceptación $P(A)$ para cada uno de los porcentajes de defectuoso producido. Para la primera muestra, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P(A1) = \sum_{k=0}^{c1} \frac{\exp(-n1*p)^{(n1*p)^k}}{k!}$$

Para la segunda muestra, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P(A2) = \sum_{y=c1+1}^{c2} \left[\frac{\exp(-n1*p)^{(n1*p)^y}}{y!} * \left[\sum_{x=0}^{c2-y} \frac{\exp(-n2*p)^{(n2*p)^x}}{x!} \right] \right]$$

También se puede utilizar la tabla de distribución de Poisson, para calcular las probabilidades aproximadas de aceptación de lotes, para cada uno de los porcentajes de defectuoso producido.

Luego se realiza la gráfica porcentaje de defectuosos producido vrs. probabilidad de aceptación, en la opción GRAPH del menú. Se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica.

Para calcular el tamaño promedio de muestra (TPM) para un porcentaje de defectuoso establecido, se utiliza la siguiente fórmula:

$$TPM = n1 + n2 * (1 - P(A1) - P(R1))$$

$$P(R1) = P(d1 \geq r1) = 1 - P(d1 \leq r1 - 1)$$

Para calcular la calidad media de salida (CMS) para un porcentaje de defectuoso en especial, se utiliza la siguiente fórmula:

$$CMS = p * P(A1) * ((N - n1) / N) + p * P(A2) * ((N - n1 - n2) / N)$$

Para calcular la inspección total media (ITM) para un porcentaje de defectuoso específico, se utiliza la siguiente fórmula:

$$ITM = n1 * P(A1) + (n1 + n2) * P(A2) + N * P(RT)$$

Para el presente ejercicio tenemos:

$$N = 300$$

$$n1 = 25$$

$$c1 = 1$$

$$n2 = 75$$

$$c_2 = 2$$

$$r_1 = r_2 = 3$$

Se halla: $P(A_1)$, $P(R_1)$, $P(A_2)$, $P(AT)$, $P(RT)$ para cada fracción defectuosa "p".

Para $p=0.002$:

$$P(A_1) = P(0)+P(1)$$

$$P(0) = \frac{\exp(-25*0.002)*(25*0.002)^0}{0!} = 0.951$$

$$P(1) = \frac{\exp(-25*0.002)*(25*0.002)^1}{1!} = 0.0476$$

$$P(A_1) = 0.951+0.0476 = 0.998$$

$$P(R_1) = P(d_1 \geq 3) = 1 - P(d_1 \leq 2) = 1 - (P(0)+P(1)+P(2))$$

$$P(2) = \frac{\exp(-25*0.002)*(25*0.002)^2}{2!} = 0.0012$$

$$P(R_1) = 1 - (0.951+0.0476+0.0012) = 0.0002$$

$$P(A_2) = P(2) \text{ de la 1a. muestra} * P(0) \text{ de la 2a. muestra}$$

$$P(0) = \frac{\exp(-75*0.002)*(75*0.002)^0}{0!} = 0.8607$$

$$P(A_2) = 0.0012*0.8607 = 0.001$$

$$P(AT) = P(A1)+P(A2) = 0.998+0.001 = 0.999$$

$$P(RT) = 1-P(AT) = 1-0.999 = 0.001$$

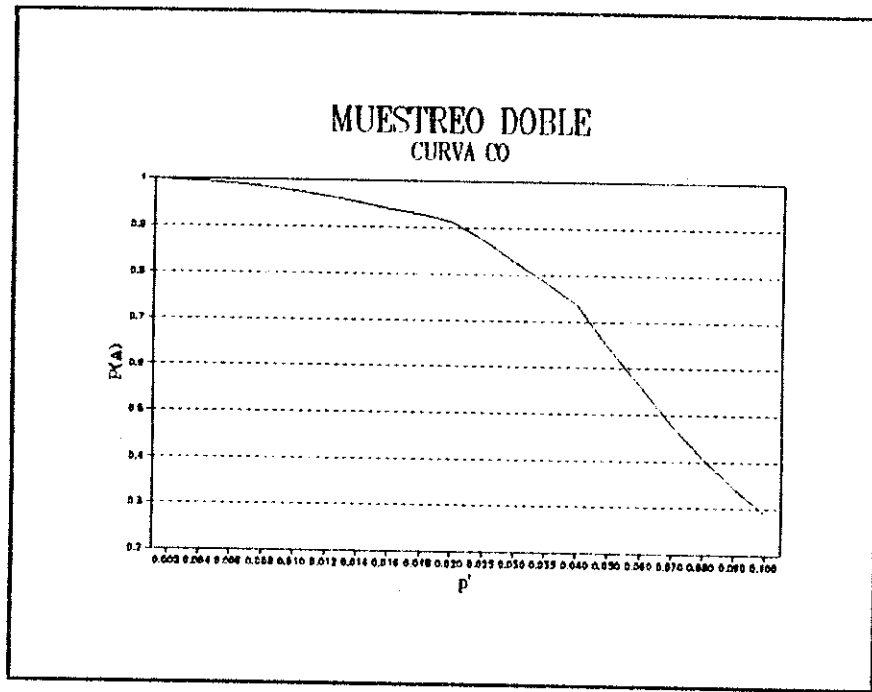
Luego se copian estas fórmulas al resto de fracciones defectuosas, por medio de la opción

COPY que se encuentra en el menú EDIT de QPRO.

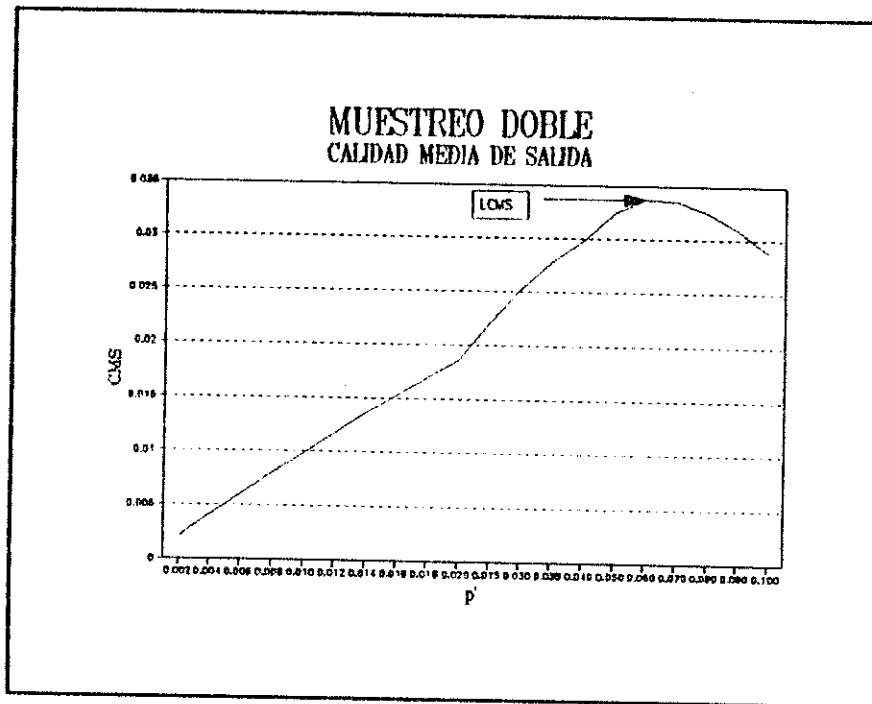
p'	P(A1)	P(R1)	P(A2)	P(AT)	P(RT)	TPM	CMS	ITM
0.002	0.998	0.0001	0.0010	0.9990	0.0010	25.14	0.0020	25.35
0.004	0.995	0.0002	0.0034	0.9984	0.0017	25.36	0.0040	25.71
0.006	0.990	0.0005	0.0062	0.9962	0.0038	25.71	0.0060	26.52
0.008	0.982	0.0012	0.0090	0.9910	0.0090	26.26	0.0079	28.15
0.010	0.974	0.0022	0.0115	0.9855	0.0145	26.79	0.0099	29.85
0.012	0.963	0.0036	0.0136	0.9766	0.0234	27.51	0.0117	32.46
0.014	0.951	0.0055	0.0151	0.9661	0.0339	28.26	0.0135	35.46
0.016	0.938	0.0079	0.0162	0.9542	0.0458	29.06	0.0153	38.81
0.018	0.925	0.0109	0.0167	0.9417	0.0583	29.81	0.0170	42.28
0.020	0.910	0.0144	0.0169	0.9269	0.0731	30.67	0.0185	46.37
0.025	0.870	0.0257	0.0160	0.8860	0.1140	32.82	0.0222	57.55
0.030	0.827	0.0405	0.0140	0.8410	0.1590	34.94	0.0252	69.78
0.035	0.782	0.0588	0.0116	0.7936	0.2064	36.94	0.0278	82.63
0.040	0.736	0.0803	0.0092	0.7452	0.2548	38.78	0.0298	95.77
0.050	0.645	0.1315	0.0053	0.6503	0.3497	41.76	0.0325	121.57
0.060	0.558	0.1912	0.0028	0.5608	0.4392	43.81	0.0336	145.99
0.070	0.478	0.2560	0.0014	0.4794	0.5206	44.95	0.0336	168.27
0.080	0.406	0.3233	0.0007	0.4067	0.5933	45.30	0.0325	188.22
0.090	0.343	0.3907	0.0003	0.3433	0.6567	44.97	0.0309	205.61
0.100	0.287	0.4562	0.0001	0.2871	0.7129	44.26	0.0287	221.05

A continuación, se muestra la curva característica de operación para el presente proceso de muestreo, así como la gráfica de calidad media de salida:

Gráfica No. 18



Gráfica No. 19



6.2.5 EVALUACION

1. Lea el siguiente plan de muestreo doble: (a) Seleccionar una muestra de 2 de un lote de 20. Si los dos artículos seleccionados son satisfactorios, aceptar el lote y si ambos son insatisfactorios, rechazarlo. Si uno es satisfactorio y el otro insatisfactorio, tomar una segunda muestra de 1 artículo. (b) Si el artículo de la segunda muestra es satisfactorio, aceptar el lote y, si es insatisfactorio, rechazarlo. ¿Cuál es la probabilidad de aceptación si se ensaya un lote con un 25% defectuoso? (Utilizar la distribución hipergeométrica).

2. Entre un fabricante y un consumidor, ambos acuerdan aceptar y rechazar los lotes mediante un plan de muestreo doble, según el cual se inspecciona una primera muestra de 50 artículos. El lote se acepta si no se encuentran piezas defectuosas y se rechaza si contiene dos o más. Si aparece una defectuosa, se extrae una segunda muestra de 50 y si no tiene defectos se acepta el lote; en caso contrario, se rechaza. (a) Calcular el riesgo del fabricante con un lote que tenga una fracción defectuosa de 0.01. (b) Calcular el riesgo del consumidor para un lote con una fracción defectuosa de 0.10. (c) Trazar la curva CO.

6.3 MUESTREO DE ACEPTACION POR ATRIBUTOS SECUENCIAL

6.3.1 DESCRIPCION

Se presenta una situación particular con las condiciones de muestreo estipuladas, para que los estudiantes lo ingresen en la computadora. Dichos datos serán de utilidad para el cálculo de los límites de aceptación y de rechazo, y para la representación de los puntos en la gráfica unidades inspeccionadas vrs. número de defectuosos.

6.3.2 OBJETIVOS

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de:

- a. Determinar las ventajas y desventajas de la utilización de un plan de muestreo de aceptación secuencial.
- b. Trazar un diagrama de unidades inspeccionadas vrs. unidades defectuosas, para un proceso de muestreo de aceptación secuencial que cumpla con ciertas condiciones dadas.
- c. Interpretar los diferentes puntos que se encuentran a lo largo del diagrama unidades inspeccionadas vrs. unidades defectuosas de un plan de muestreo de aceptación secuencial.
- d. Formar un criterio para la toma de decisiones de carácter general, respecto a la aceptación o rechazo de productos fabricados o comprados.

6.3.3 CONCEPTOS DE ENSEÑANZA

En el muestreo sencillo, el número de elementos examinados queda determinado en forma definida por el proceso. En el muestreo doble, se vio que el número de elementos

muestreados está determinado en parte por el proceso, pero en parte, también, por los resultados del muestreo. Si un lote es aceptado o rechazado en la primera muestra, no hay necesidad de tomar una segunda. Esta es la razón por la que se encontró que el doble muestreo ofrece la posibilidad de un costo de muestreo reducido.

El éxito con el doble muestreo indica que incluso puede lograrse una mayor reducción en costos, si se toma una secuencia de muestras y se deja que el número de muestras esté determinado enteramente por los resultados del proceso de muestreo. Esta útil sugerencia llevó a un criterio totalmente nuevo para muestrear, conocido como muestreo secuencial.

El muestreo secuencial se usa generalmente cuando es posible una decisión después de haber inspeccionado cada elemento y cuando no hay límite especificado sobre el total de unidades a inspeccionar.

Para el procedimiento de muestreo secuencial, es necesario trazar dos líneas paralelas que limitan las áreas de aceptación, de rechazo, y de continuar inspeccionando.

Para hallar las líneas de aceptación y de rechazo, se tienen las siguientes fórmulas:

$$Ac = \frac{\log((1-\alpha)/\beta)}{\frac{\log((PDTL)^*(1-NCA))}{NCA} - \frac{\log((1-NCA)/(1-PDTL))}{(1-PDTL)}} + m * \frac{\log((1-NCA)/(1-PDTL))}{\frac{\log((PDTL)^*(1-NCA))}{NCA} - \frac{\log((PDTL)^*(1-NCA))}{(1-PDTL)}}$$

$$Re = \frac{\log((1-\beta)/\alpha)}{\frac{\log((PDTL)^*(1-NCA))}{NCA} - \frac{\log((1-NCA)/(1-PDTL))}{(1-PDTL)}} + m * \frac{\log((1-NCA)/(1-PDTL))}{\frac{\log((PDTL)^*(1-NCA))}{NCA} - \frac{\log((PDTL)^*(1-NCA))}{(1-PDTL)}}$$

Este sistema consiste simplemente en anotar el número acumulado de elementos defectuosos en el diagrama. Para cada punto, la abscisa es el número total de unidades sacadas hasta aquel momento, y la ordenada el número total de estas unidades que resultaron defectuosas.

Si los números marcados figuran dentro de una zona limitada por las dos líneas paralelas de aceptación y rechazo, se continúa el muestreo, sin llegar a una decisión. Tan pronto como un punto caiga en o sobre la línea superior, el lote se rechaza, y tan pronto como lo haga en o debajo de la línea inferior, el lote se acepta.

Se recomienda el truncamiento en un valor de m (número de elementos inspeccionados), unas tres veces al del plan de muestreo simple que pasa por los mismos puntos designados de la curva CO.

6.3.4 DESARROLLO

Se somete cierto producto a aceptación o rechazo lote a lote sobre la base de una prueba destructiva aplicada a la muestra. Las condiciones del ensayo son mucho más severas que las que se espera aparezcan en la práctica. Todos los artículos ensayados se deterioran hasta tal punto que quedan inservibles. Los artículos que se consideran defectuosos son los que no llegan a una especificación. A fin de reducir el número de artículos ensayados a un mínimo de acuerdo con la protección de calidad que se busca, se decide determinar un plan secuencial artículo por artículo.

Tal plan se puede definir de modo que la curva CO pase por cualquier par de puntos deseados. En este caso, elabore un proceso de muestreo secuencial artículo por artículo con $NCA=0.10$, $PDTL=0.30$, $\alpha=0.05$ y $\beta=0.20$.

Resolución:

$$NCA = 0.10$$

$$PDIL = 0.30$$

$$\alpha = 0.05$$

$$\beta = 0.20$$

$$Ac = - \frac{\log((1-0.05)/0.20)}{\log((0.30)*(1-0.10))} + m * \frac{\log((1-0.10)/(1-0.30))}{\log((0.30)*(1-0.10))}$$
$$\frac{0.10}{0.5863} \quad \frac{0.1091}{(1-0.30)} \quad \frac{0.10}{0.5863} \quad \frac{0.1091}{(1-0.30)}$$

$$= - \frac{0.6767}{0.5863} + m \frac{0.1091}{0.5863} = -1.154 + 0.186m$$

$$Re = \frac{\log((1-0.20)/0.05)}{\log((0.30)*(1-0.10))} + m * \frac{\log((1-0.10)/(1-0.30))}{\log((0.30)*(1-0.10))}$$
$$\frac{0.10}{0.5863} \quad \frac{0.1091}{(1-0.30)} \quad \frac{0.10}{0.5863} \quad \frac{0.1091}{(1-0.30)}$$

$$= \frac{1.2041}{0.5863} + m \frac{0.1091}{0.5863} = 2.054 + 0.186m$$

Entonces, las ecuaciones de aceptación y rechazo están dadas por:

Recta de aceptación: $Ac = -1.154 + 0.186m$

Recta de rechazo: $Re = 2.054 + 0.186m$

En la siguiente tabulación, se muestran los números de aceptación y rechazo hasta $m=25$.

m	No.aceptación	No.rechazo
1	-0.968	2.240
2	-0.782	2.426
3	-0.596	2.612
4	-0.410	2.798
5	-0.224	2.984
6	-0.038	3.170
7	0.148	3.356
8	0.334	3.542
9	0.520	3.728
10	0.706	3.914
11	0.892	4.100
12	1.078	4.286
13	1.264	4.472
14	1.450	4.658
15	1.636	4.844
16	1.822	5.030
17	2.008	5.216
18	2.194	5.402
19	2.380	5.588
20	2.566	5.774
21	2.752	5.960
22	2.938	6.146
23	3.124	6.332
24	3.310	6.518
25	3.496	6.704

Los siguientes datos corresponden al número de defectuosos acumulado después de 13 elementos inspeccionados, y la decisión tomada respecto al lote:

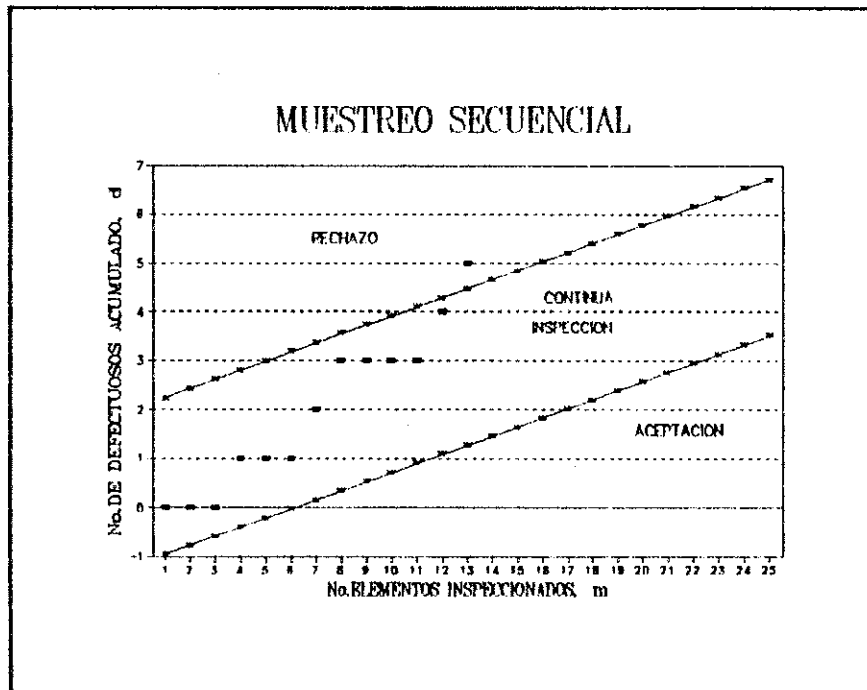
No.elemento inspeccionado	No.defectuosos acumulado	Decisión
1	0	continúa inspección
2	0	continúa inspección
3	0	continúa inspección
4	1	continúa inspección
5	1	continúa inspección
6	1	continúa inspección

No. elemento inspeccionado	No. defectuosos acumulados	Decisión
7	2	continúa inspección
8	3	continúa inspección
9	3	continúa inspección
10	3	continúa inspección
11	3	continúa inspección
12	4	continúa inspección
13	5	rechazo del lote

Luego se realiza la gráfica unidades inspeccionadas vrs. número de defectuosos, en la opción GRAPH del menú. Se selecciona la opción LINE en tipo de gráfica, en la opción SERIES se definen los datos para el eje de la ordenada y el eje de la abscisa, con la opción VIEW se puede visualizar la gráfica.

La representación gráfica de este plan secuencial, se muestra a continuación:

Gráfica No. 20



6.3.5 EVALUACION

1. Determinar las ecuaciones de las rectas de rechazo y de aceptación para un plan secuencial en el que $NCA=0.05$, $\alpha=0.05$, $PDTL=0.15$, $\beta=0.10$. Calcular los respectivos números de aceptación y rechazo cuando m es 20, 40, 60, 80 y 100.
2. Determinar los límites de aceptación y rechazo para un plan de muestreo secuencial en el que $NCA=0.05$, $\alpha=0.05$, $PDTL=0.25$, $\beta=0.10$. Preparar, además, una tabla de números de aceptación y rechazo, artículo por artículo, para valores de m desde 1 hasta 20.

CONCLUSIONES

1. Para poder sobrevivir en este mundo tan competitivo, es de vital importancia considerar la **calidad**, dentro de todas las actividades que realizamos. Debido a que la tecnología avanza en forma acelerada, constantemente surgen nuevas herramientas para simplificar los cálculos y las operaciones necesarias para el control estadístico de calidad. De esta forma, se torna imprescindible mantenerse actualizados en relación a estas herramientas, para situarse a la vanguardia y obtener con ello mayor productividad.
2. El curso de Controles Industriales estudia el control estadístico de calidad; y siendo un curso eminentemente práctico, es necesario contar con un laboratorio en el cual se pongan en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las clases magistrales.
3. El presente trabajo de tesis constituye una guía teórica-práctica de los diferentes puntos que se desarrollarán a lo largo del contenido del programa del curso. Con el presente manual, se pretende complementar las clases teóricas del curso, coordinar el contenido que se impartirá en los laboratorios, tanto de clase como de cómputo, y coadyuvar a la formación académica de los futuros profesionales en el área de control de calidad.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, desarrolle un plan permanente de investigación y actualización de los diferentes programas de computación disponibles, que se utilizarán como herramientas para la resolución de problemas de control estadístico de calidad.
2. Debido a la obsolescencia del equipo en el laboratorio de cómputo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, se sugiere mejorar el equipo de cómputo disponible, así también las instalaciones, que permitan albergar un mayor número de estudiantes, y que el aprendizaje de los mismos sea más efectivo.

REFERENCIAS

1. ACEITUNO, Armando. Quattro Pro Manual Autodidáctico. Guatemala: Educom. 1994.
2. ASTENGO, Jorge. et.al. Quattro Pro 5.0. México: Ventura Ediciones S.A. de C.V. 1994.
3. DUNCAN, Acheson J. Control de Calidad y Estadística Industrial. México: Ediciones Alfaomega S.A. 1989.
4. FETTER, Robert B. Sistemas de Control de Calidad. 2a. edición. Argentina: Librería El Ateneo Editorial. 1975.
5. GRANT, Eugene L. et.al. Control Estadístico de Calidad. México: Cía. Editorial Continental S.A. 1977.
6. HINES, William W. et.al. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración. México: Cía. Editorial Continental S.A. 1986.
7. LESTER, Ronald H. et.al. Control de Calidad y Beneficio Empresarial. España: Ediciones Díaz de Santos S.A. 1989.
8. MEYER. Probabilidad. s.l.i. s.p.i. s.f.
9. SPIEGEL, Murray. Probabilidad y Estadística. México: s.p.i. s.f.
10. Programa del Curso de Controles Industriales. Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, USAC. Guatemala. 1994.

1. GAITAN G., Martha G. **Planteamiento de un Sistema para el Desarrollo de los Laboratorios en los Cursos Profesionales de la Carrera de Ingeniería Industrial.** (Tesis: Facultad de Ingeniería, USAC) Guatemala, 1983.
2. JURAN, J. M. **Manual de Control de la Calidad.** España: Editorial Reverté S.A. 1951.
3. KAUFMAN, B. **El Control de Calidad.** 3a. edición. España: Editorial Index. 1982.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION

1. ULTRA INDUSTRIAS S.A. Calle Mariscal y Anillo Periférico 16-80 Zona 11. Guatemala.
2. ORGAMA S.A. 42 Avenida 9-47 Zona 5. Guatemala.
3. CAJAS Y EMPAQUES DE GUATEMALA S.A. 31 Calle 25-83 Zona 12. Guatemala.
4. CASA DE LA MONEDA. Avenida Petapa 43-81 Zona 12. Guatemala.
5. GRAN INDUSTRIA DE NEUMATICOS CENTROAMERICANA S.A. (GINSA). 50 Calle 23-70 Zona 12. Guatemala.
6. LITOGRAFIA PIEDRA SANTA. 5 Calle 7-55 Zona 1. Guatemala.
7. BDF CENTROAMERICA S.A. 35 Calle 7-61 Zona 11. Guatemala.

APENDICES

APENDICE A

FACTORES UTILES PARA LA CONSTRUCCION DE GRAFICAS DE CONTROL

NUMERO DE OBSERVAC. DE LA MUESTRA n	GRAFICA PARA PROMEDIOS			GRAFICA PARA DESVIACIONES ESTANDAR						GRAFICA PARA AMPLITUDES						
	FACTORES PARA LIMIT. DE CONTROL			FACTORES PARA LINEA CENTRAL		FACTORES PARA LIMITES DE CONTROL				FACTORES PARA LINEA CENTRAL		FACTORES PARA LIMITES DE CONTROL				
	A	A ₁	A ₂	c ₂	1/c ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	3.760	1.888	0.5642	1.7725	0	1.843	0	3.267	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	2.394	1.023	0.7236	1.3820	0	1.858	0	2.568	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	1.880	0.729	0.7979	1.2533	0	1.868	0	2.266	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	1.596	0.577	0.8407	1.1894	0	1.756	0	2.089	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	1.410	0.483	0.8686	1.1512	0.026	1.711	0.030	1.979	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	1.277	0.419	0.8882	1.1259	0.105	1.672	0.118	1.882	2.704	0.3698	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	1.061	1.175	0.373	0.9027	1.1078	0.167	1.638	0.185	1.815	2.847	0.3512	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	1.000	1.094	0.337	0.9139	1.0942	0.219	1.609	0.239	1.761	2.970	0.3367	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816
10	0.949	1.028	0.308	0.9227	1.0837	0.262	1.584	0.284	1.716	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.973	0.285	0.9300	1.0753	0.299	1.561	0.321	1.679	3.173	0.3152	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	0.866	0.925	0.266	0.9359	1.0684	0.331	1.541	0.354	1.646	3.258	0.3069	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	0.832	0.884	0.249	0.9410	1.0627	0.359	1.523	0.382	1.618	3.336	0.2998	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	0.802	0.848	0.235	0.9453	1.0579	0.384	1.507	0.406	1.594	3.407	0.2935	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671
15	0.775	0.816	0.223	0.9490	1.0537	0.406	1.492	0.428	1.572	3.472	0.2880	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652
16	0.750	0.788	0.212	0.9523	1.0501	0.427	1.478	0.448	1.552	3.532	0.2831	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636
17	0.728	0.762	0.203	0.9551	1.0470	0.445	1.465	0.466	1.534	3.588	0.2787	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621
18	0.707	0.738	0.194	0.9576	1.0442	0.461	1.454	0.482	1.518	3.640	0.2747	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	0.688	0.717	0.187	0.9599	1.0418	0.477	1.443	0.497	1.503	3.689	0.2711	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596
20	0.671	0.697	0.180	0.9619	1.0396	0.491	1.433	0.510	1.490	3.735	0.2677	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	0.655	0.679	0.173	0.9638	1.0376	0.504	1.424	0.523	1.477	3.778	0.2647	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	0.640	0.662	0.167	0.9655	1.0358	0.516	1.415	0.534	1.466	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.647	0.162	0.9670	1.0342	0.527	1.407	0.545	1.455	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.632	0.157	0.9684	1.0327	0.538	1.399	0.555	1.445	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	0.600	0.619	0.153	0.9696	1.0313	0.548	1.392	0.565	1.435	3.931	0.2544	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541
Mas de 25	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	...	....	....	*	**	*	**	...	....	...	...	...	...	...

$$* 1 - \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

$$** 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

FUENTE: Robert Fetter

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

APENDICE B

AREAS BAJO LA CURVA NORMAL

$\frac{X_i - X'}{s'}$	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00
-3.5	0.00017	0.00017	0.00018	0.00019	0.00019	0.00020	0.00021	0.00022	0.00022	0.00023
-3.4	0.00024	0.00025	0.00026	0.00027	0.00028	0.00029	0.00030	0.00031	0.00031	0.00034
-3.3	0.00035	0.00036	0.00038	0.00039	0.00040	0.00042	0.00043	0.00045	0.00047	0.00048
-3.2	0.00050	0.00052	0.00054	0.00056	0.00058	0.00060	0.00062	0.00064	0.00066	0.00069
-3.1	0.00071	0.00074	0.00076	0.00079	0.00082	0.00085	0.00087	0.00090	0.00094	0.00097
-3.0	0.00100	0.00104	0.00107	0.00111	0.00114	0.00118	0.00122	0.00126	0.00131	0.00135
-2.9	0.0014	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0016	0.0017	0.0017	0.0018	0.0019
-2.8	0.0019	0.0020	0.0021	0.0021	0.0022	0.0023	0.0023	0.0024	0.0025	0.0026
-2.7	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.0030	0.0031	0.0032	0.0033	0.0034	0.0035
-2.6	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041	0.0043	0.0044	0.0045	0.0047
-2.5	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0054	0.0055	0.0057	0.0059	0.0060	0.0062
-2.4	0.0064	0.0066	0.0068	0.0069	0.0071	0.0073	0.0075	0.0078	0.0080	0.0082
-2.3	0.0084	0.0087	0.0089	0.0091	0.0094	0.0096	0.0099	0.0102	0.0104	0.0107
-2.2	0.0110	0.0113	0.0116	0.0119	0.0122	0.0125	0.0129	0.0132	0.0136	0.0139
-2.1	0.0143	0.0146	0.0150	0.0154	0.0158	0.0162	0.0166	0.0170	0.0174	0.0179
-2.0	0.0183	0.0188	0.0192	0.0197	0.0202	0.0207	0.0212	0.0217	0.0222	0.0228
-1.9	0.0233	0.0239	0.0244	0.0250	0.0256	0.0262	0.0268	0.0274	0.0281	0.0287
-1.8	0.0294	0.0301	0.0307	0.0314	0.0322	0.0329	0.0336	0.0344	0.0351	0.0359
-1.7	0.0367	0.0375	0.0384	0.0392	0.0401	0.0409	0.0418	0.0427	0.0436	0.0446
-1.6	0.0455	0.0465	0.0475	0.0485	0.0495	0.0505	0.0516	0.0526	0.0537	0.0548
-1.5	0.0559	0.0571	0.0582	0.0594	0.0606	0.0618	0.0630	0.0643	0.0655	0.0668
-1.4	0.0681	0.0694	0.0708	0.0721	0.0735	0.0749	0.0764	0.0778	0.0793	0.0808
-1.3	0.0823	0.0838	0.0853	0.0869	0.0885	0.0901	0.0918	0.0934	0.0951	0.0968
-1.2	0.0985	0.1003	0.1020	0.1038	0.1057	0.1075	0.1093	0.1112	0.1131	0.1151
-1.1	0.1170	0.1190	0.1210	0.1230	0.1251	0.1271	0.1292	0.1314	0.1335	0.1357
-1.0	0.1379	0.1401	0.1423	0.1446	0.1469	0.1492	0.1515	0.1539	0.1562	0.1587
-0.9	0.1611	0.1635	0.1660	0.1685	0.1711	0.1736	0.1762	0.1788	0.1814	0.1841
-0.8	0.1867	0.1894	0.1922	0.1949	0.1977	0.2005	0.2033	0.2061	0.2090	0.2119
-0.7	0.2148	0.2177	0.2207	0.2236	0.2266	0.2297	0.2327	0.2358	0.2389	0.2420
-0.6	0.2451	0.2483	0.2514	0.2546	0.2578	0.2611	0.2643	0.2676	0.2709	0.2743
-0.5	0.2776	0.2810	0.2843	0.2877	0.2912	0.2946	0.2981	0.3015	0.3050	0.3085
-0.4	0.3121	0.3156	0.3192	0.3228	0.3264	0.3300	0.3336	0.3372	0.3409	0.3446
-0.3	0.3483	0.3520	0.3557	0.3594	0.3632	0.3669	0.3707	0.3745	0.3783	0.3821
-0.2	0.3859	0.3897	0.3936	0.3974	0.4013	0.4052	0.4090	0.4129	0.4168	0.4207
-0.1	0.4247	0.4286	0.4325	0.4364	0.4404	0.4443	0.4483	0.4522	0.4562	0.4602
-0.0	0.4641	0.4681	0.4721	0.4761	0.4801	0.4840	0.4880	0.4920	0.4960	0.5000

FUENTE: Eugene Grant

AREAS BAJO LA CURVA NORMAL (CONTINUACION)

$\frac{X_i - X'}{s'}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
+0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
+0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
+0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
+0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
+0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
+0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
+0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
+0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
+0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8079	0.8106	0.8133
+0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
+1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
+1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
+1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
+1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
+1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
+1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
+1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
+1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
+1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
+1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
+2.0	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
+2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
+2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
+2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
+2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
+2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
+2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
+2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
+2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
+2.9	0.9981	0.9982	0.9983	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
+3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99899
+3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99915	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
+3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
+3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
+3.4	0.99966	0.99967	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
+3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983

FUENTE: Eugene Grant

APENDICE C

TERMINOS ACUMULATIVOS, LIMITE BINOMIAL EXPONENCIAL DE POISSON

c	0	1	2	3	4	5	6	7	8	c
np'										np'
0.02	0.980	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.02
0.04	0.961	0.999	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.04
0.06	0.942	0.998	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.06
0.08	0.923	0.997	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.08
0.10	0.905	0.995	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.10
0.15	0.861	0.990	0.999	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	0.15
0.20	0.819	0.982	0.999	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	0.20
0.25	0.779	0.974	0.998	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	0.25
0.30	0.741	0.963	0.996	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	0.30
0.35	0.705	0.951	0.994	1.000	.....	.....	.....	.....	.....	0.35
0.40	0.670	0.938	0.992	0.999	1.000	.....	.....	.....	.....	0.40
0.45	0.638	0.925	0.989	0.999	1.000	.....	.....	.....	.....	0.45
0.50	0.607	0.910	0.986	0.998	1.000	.....	.....	.....	.....	0.50
0.55	0.577	0.894	0.982	0.998	1.000	.....	.....	.....	.....	0.55
0.60	0.549	0.878	0.977	0.997	1.000	.....	.....	.....	.....	0.60
0.65	0.522	0.861	0.972	0.996	0.999	1.000	.....	.....	.....	0.65
0.70	0.497	0.844	0.966	0.994	0.999	1.000	.....	.....	.....	0.70
0.75	0.472	0.827	0.959	0.993	0.999	1.000	.....	.....	.....	0.75
0.80	0.449	0.809	0.953	0.991	0.999	1.000	.....	.....	.....	0.80
0.90	0.407	0.772	0.937	0.987	0.998	1.000	.....	.....	.....	0.90
1.00	0.368	0.736	0.920	0.981	0.996	0.999	1.000	.....	.....	1.00
1.10	0.333	0.699	0.900	0.974	0.995	0.999	1.000	.....	.....	1.10
1.20	0.301	0.663	0.879	0.966	0.992	0.998	1.000	.....	.....	1.20
1.30	0.273	0.627	0.857	0.957	0.989	0.998	1.000	.....	.....	1.30
1.40	0.247	0.592	0.833	0.946	0.986	0.997	0.999	1.000	.....	1.40
1.50	0.223	0.558	0.809	0.934	0.981	0.996	0.999	1.000	.....	1.50
1.60	0.202	0.525	0.783	0.921	0.976	0.994	0.999	1.000	.....	1.60
1.70	0.183	0.493	0.757	0.907	0.970	0.992	0.998	1.000	.....	1.70
1.80	0.165	0.463	0.731	0.891	0.964	0.990	0.997	0.999	1.000	1.80
1.90	0.150	0.434	0.704	0.875	0.956	0.987	0.997	0.999	1.000	1.90
2.00	0.135	0.406	0.677	0.857	0.947	0.983	0.995	0.999	1.000	2.00
2.10	0.122	0.380	0.650	0.839	0.938	0.980	0.994	0.999	1.000	2.10
2.20	0.110	0.354	0.622	0.819	0.927	0.974	0.993	0.998	1.000	2.20
2.30	0.100	0.331	0.596	0.799	0.916	0.970	0.991	0.997	0.999	2.30
2.40	0.091	0.308	0.570	0.779	0.904	0.964	0.988	0.997	0.999	2.40
2.50	0.082	0.287	0.544	0.758	0.891	0.958	0.986	0.996	0.999	2.50
2.60	0.074	0.267	0.518	0.736	0.877	0.951	0.983	0.995	0.999	2.60
2.70	0.067	0.249	0.494	0.714	0.863	0.943	0.979	0.993	0.998	2.70
2.80	0.061	0.231	0.469	0.692	0.848	0.935	0.976	0.992	0.998	2.80
2.90	0.055	0.215	0.446	0.670	0.832	0.926	0.971	0.990	0.997	2.90
3.00	0.050	0.199	0.423	0.647	0.815	0.916	0.966	0.988	0.996	3.00
3.10	0.045	0.185	0.401	0.625	0.798	0.906	0.961	0.986	0.995	3.10
3.20	0.041	0.171	0.380	0.603	0.781	0.895	0.955	0.983	0.994	3.20
3.30	0.037	0.159	0.359	0.580	0.763	0.883	0.949	0.980	0.993	3.30
3.40	0.033	0.147	0.340	0.558	0.744	0.871	0.942	0.977	0.992	3.40
3.50	0.030	0.136	0.321	0.537	0.725	0.858	0.935	0.973	0.991	3.50
3.60	0.027	0.126	0.303	0.515	0.706	0.844	0.927	0.969	0.988	3.60
3.70	0.025	0.116	0.285	0.494	0.687	0.830	0.918	0.965	0.986	3.70
3.80	0.022	0.107	0.269	0.478	0.668	0.816	0.909	0.960	0.984	3.80
3.90	0.020	0.099	0.253	0.453	0.648	0.801	0.899	0.955	0.981	3.90
4.00	0.018	0.092	0.238	0.433	0.629	0.785	0.889	0.949	0.979	4.00
4.10	0.017	0.085	0.224	0.414	0.609	0.769	0.879	0.943	0.976	4.10
4.20	0.015	0.078	0.210	0.395	0.590	0.753	0.867	0.936	0.972	4.20
4.30	0.014	0.072	0.197	0.377	0.570	0.737	0.856	0.929	0.968	4.30
4.40	0.012	0.066	0.185	0.359	0.551	0.720	0.844	0.921	0.964	4.40
4.50	0.011	0.061	0.174	0.342	0.532	0.703	0.831	0.913	0.960	4.50
4.60	0.010	0.056	0.163	0.326	0.513	0.686	0.818	0.905	0.955	4.60
4.70	0.009	0.052	0.152	0.310	0.495	0.668	0.805	0.896	0.950	4.70
4.80	0.008	0.048	0.143	0.294	0.476	0.651	0.791	0.887	0.944	4.80
4.90	0.007	0.044	0.133	0.279	0.458	0.634	0.777	0.877	0.938	4.90

FUENTE: Acheson Duncan

**TERMINOS ACUMULATIVOS, LIMITE BINOMIAL EXPONENCIAL DE POISSON
(CONTINUACION)**

c	θ	1	2	3	4	5	6	7	8	c
np'										np'
5.00	0.007	0.040	0.125	0.265	0.440	0.616	0.762	0.867	0.932	5.00
5.10	0.006	0.037	0.116	0.251	0.423	0.598	0.747	0.856	0.925	5.10
5.20	0.006	0.034	0.109	0.238	0.406	0.581	0.732	0.845	0.918	5.20
5.30	0.005	0.031	0.102	0.225	0.390	0.563	0.717	0.833	0.911	5.30
5.40	0.004	0.029	0.095	0.213	0.373	0.546	0.702	0.822	0.903	5.40
5.50	0.004	0.027	0.088	0.202	0.358	0.529	0.686	0.809	0.894	5.50
5.60	0.004	0.024	0.082	0.191	0.342	0.512	0.670	0.797	0.886	5.60
5.70	0.003	0.022	0.077	0.180	0.327	0.495	0.654	0.784	0.877	5.70
5.80	0.003	0.021	0.072	0.170	0.313	0.478	0.638	0.771	0.867	5.80
5.90	0.003	0.019	0.067	0.160	0.299	0.462	0.622	0.758	0.857	5.90
6.00	0.002	0.017	0.062	0.151	0.285	0.446	0.606	0.744	0.847	6.00
6.10	0.002	0.016	0.058	0.143	0.272	0.430	0.590	0.730	0.837	6.10
6.20	0.002	0.016	0.054	0.134	0.259	0.414	0.574	0.716	0.826	6.20
6.30	0.002	0.013	0.050	0.126	0.247	0.399	0.558	0.702	0.815	6.30
6.40	0.002	0.012	0.046	0.119	0.235	0.384	0.542	0.687	0.803	6.40
6.50	0.002	0.011	0.043	0.112	0.224	0.369	0.527	0.673	0.792	6.50
6.60	0.001	0.010	0.040	0.105	0.213	0.355	0.511	0.658	0.780	6.60
6.70	0.001	0.009	0.037	0.099	0.202	0.341	0.495	0.643	0.767	6.70
6.80	0.001	0.009	0.034	0.093	0.192	0.327	0.480	0.628	0.755	6.80
6.90	0.001	0.008	0.032	0.087	0.182	0.314	0.465	0.614	0.742	6.90
7.00	0.001	0.007	0.030	0.082	0.173	0.301	0.450	0.599	0.729	7.00
7.20	0.001	0.006	0.025	0.072	0.156	0.276	0.420	0.569	0.703	7.20
7.40	0.001	0.005	0.022	0.063	0.140	0.253	0.392	0.539	0.676	7.40
7.60	0.000	0.004	0.019	0.055	0.125	0.231	0.365	0.510	0.648	7.60
7.80	.....	0.004	0.016	0.048	0.112	0.210	0.338	0.481	0.620	7.80
8.00	.....	0.003	0.014	0.042	0.100	0.191	0.313	0.453	0.593	8.00
8.20	.....	0.003	0.012	0.037	0.089	0.174	0.290	0.425	0.565	8.20
8.40	.....	0.002	0.010	0.032	0.079	0.157	0.267	0.399	0.537	8.40
8.60	.....	0.002	0.009	0.028	0.070	0.142	0.246	0.373	0.509	8.60
8.80	.....	0.001	0.007	0.024	0.062	0.128	0.226	0.348	0.492	8.80
9.00	.....	0.001	0.006	0.021	0.055	0.116	0.207	0.324	0.456	9.00
9.20	.....	0.001	0.005	0.018	0.049	0.104	0.189	0.301	0.430	9.20
9.40	.....	0.001	0.005	0.016	0.043	0.093	0.173	0.279	0.404	9.40
9.60	.....	0.001	0.004	0.014	0.038	0.084	0.157	0.258	0.380	9.60
9.80	.....	0.001	0.003	0.012	0.033	0.075	0.143	0.239	0.356	9.80
10.00	.....	0.001	0.003	0.010	0.029	0.067	0.130	0.220	0.333	10.00
10.20	.....	0.000	0.002	0.009	0.026	0.060	0.118	0.203	0.311	10.20
10.40	.....	.....	0.002	0.008	0.023	0.053	0.107	0.186	0.290	10.40
10.60	.....	.....	0.002	0.007	0.020	0.048	0.097	0.171	0.269	10.60
10.80	.....	.....	0.001	0.006	0.017	0.042	0.087	0.157	0.250	10.80
11.00	.....	.....	0.001	0.005	0.015	0.037	0.079	0.143	0.232	11.00
11.20	.....	.....	0.001	0.004	0.013	0.033	0.071	0.131	0.215	11.20
11.40	.....	.....	0.001	0.004	0.012	0.029	0.064	0.119	0.198	11.40
11.60	.....	.....	0.001	0.003	0.010	0.026	0.057	0.108	0.183	11.60
11.80	.....	.....	0.001	0.003	0.009	0.023	0.051	0.099	0.169	11.80
12.00	.....	.....	0.001	0.002	0.008	0.020	0.046	0.089	0.155	12.00
12.20	.....	.....	0.000	0.002	0.007	0.018	0.041	0.081	0.143	12.20
12.40	.....	.....	.....	0.002	0.006	0.016	0.037	0.073	0.131	12.40
12.60	.....	.....	.....	0.001	0.005	0.014	0.033	0.066	0.120	12.60
12.80	.....	.....	.....	0.001	0.004	0.012	0.029	0.060	0.109	12.80
13.00	.....	.....	.....	0.001	0.004	0.011	0.026	0.054	0.100	13.00
13.20	.....	.....	.....	0.001	0.003	0.009	0.023	0.049	0.091	13.20
13.40	.....	.....	.....	0.001	0.003	0.008	0.020	0.044	0.083	13.40
13.60	.....	.....	.....	0.001	0.002	0.007	0.017	0.039	0.075	13.60
13.80	.....	.....	.....	0.001	0.002	0.006	0.016	0.035	0.068	13.80
14.00	.....	.....	.....	0.000	0.002	0.006	0.014	0.032	0.062	14.00
14.20	.....	.....	.....	.....	0.002	0.005	0.013	0.028	0.056	14.20
14.40	.....	.....	.....	.....	0.001	0.004	0.011	0.025	0.051	14.40
14.60	.....	.....	.....	.....	0.001	0.004	0.010	0.023	0.046	14.60
14.80	.....	.....	.....	.....	0.001	0.003	0.009	0.020	0.042	14.80
15.00	.....	.....	.....	.....	0.001	0.003	0.008	0.018	0.037	15.00

FUENTE: Acheson Duncan

APENDICE D

DESVIACIONES NORMALES ALEATORIAS

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	0.31	-0.51	-1.45	-0.35	0.18	0.03	0.00	0.11	-1.91	-1.07
01	0.90	-0.36	0.33	-0.28	0.30	-2.62	-1.43	-1.79	-0.99	-0.35
02	0.22	0.58	0.87	-0.02	0.04	0.12	-0.17	0.78	-1.31	0.35
03	-1.00	0.53	-1.90	-0.77	0.67	0.56	-0.94	0.16	2.22	-0.08
04	-0.12	-0.43	0.69	0.75	-0.32	0.71	-1.13	-0.79	-0.26	-0.86
05	0.01	0.37	-0.36	0.68	0.44	0.43	1.18	-0.68	-0.13	-0.41
06	0.16	-0.83	-1.88	0.89	-0.39	0.93	-0.76	-0.12	0.66	2.06
07	1.31	-0.82	-0.36	0.36	0.24	-0.95	0.41	-0.77	0.78	-0.27
08	-0.38	-0.26	-1.73	0.06	-0.14	1.59	0.96	-1.39	0.51	-0.50
09	0.38	0.42	-1.39	-0.22	-0.28	-0.03	2.48	1.11	1.10	0.40
10	1.07	2.26	-1.68	-0.04	0.19	1.38	-1.53	-1.41	0.09	1.91
11	-1.65	-1.29	-1.03	0.06	2.18	-0.55	-0.34	-1.07	0.80	1.77
12	1.02	-0.67	-1.11	0.08	-1.92	-0.97	-0.70	-0.40	-0.72	-0.47
13	0.06	1.43	-0.46	-0.62	-0.11	0.36	0.64	-0.27	0.72	0.68
14	0.47	-1.84	0.69	-1.07	0.83	-0.25	-0.91	-1.94	0.96	0.75
15	0.10	1.00	-0.54	0.61	-1.04	-0.33	0.94	0.56	0.62	0.07
16	-0.71	0.04	0.63	-0.26	-1.35	-1.20	1.52	0.63	-1.29	1.16
17	-0.94	-0.94	0.56	-0.09	0.63	-0.36	0.20	-0.60	-0.29	0.94
18	0.29	0.62	-1.09	1.84	-0.11	0.19	-0.45	0.23	-0.63	-0.06
19	0.57	0.54	-0.21	0.09	-0.57	-0.10	-1.25	-0.26	0.88	-0.26
20	0.24	0.19	-0.67	3.04	1.26	-1.21	0.52	-0.05	0.76	-0.09
21	-1.47	1.20	0.70	-1.80	-1.07	0.29	1.18	0.34	-0.74	1.75
22	-0.01	0.49	1.16	0.17	-0.48	0.81	1.40	0.17	0.57	0.64
23	-0.63	-0.26	0.55	-0.21	-0.07	-0.37	0.47	-1.69	0.05	-0.36
24	0.85	-0.65	-0.94	0.12	-1.67	0.28	-0.42	0.14	-1.15	-0.41
25	1.07	-0.36	1.10	0.83	0.37	-0.20	-0.75	-0.50	0.18	1.31
26	1.18	2.09	-0.61	0.44	0.40	0.42	-0.61	-2.55	-0.09	-1.33
27	0.47	0.88	0.71	0.31	0.41	-1.96	0.34	-0.17	1.73	-0.33
28	0.26	0.90	0.11	0.28	0.76	-0.12	-1.01	1.29	-0.71	2.15
29	0.39	-0.88	-0.15	-0.38	0.55	-0.41	-0.02	-0.74	-0.48	0.46
30	-1.01	-0.89	-1.23	0.07	-0.07	-0.08	-0.08	1.95	-0.34	-0.29
31	1.36	0.18	0.05	0.55	0.00	-0.43	0.27	-0.39	0.25	0.69
32	1.02	-2.49	1.79	0.04	-0.03	0.85	-0.29	-0.77	0.26	-0.33
33	-0.53	-1.13	0.75	-0.39	0.43	0.10	-2.17	0.37	-1.85	0.96
34	0.76	1.21	-0.68	0.26	0.93	0.99	1.12	-1.72	-0.04	-0.73
35	0.07	-0.23	-0.88	-0.23	0.68	0.24	1.38	-2.10	-0.79	-0.27
36	0.27	0.61	0.43	-0.38	0.68	-0.72	0.90	-0.14	-1.61	-0.88
37	0.93	0.72	-0.45	2.80	-0.12	0.74	-1.47	0.39	-0.61	-2.77
38	1.03	-0.43	0.95	-1.49	-0.63	0.22	0.79	-2.80	-0.41	0.61
39	-0.32	1.41	-0.23	-0.36	0.60	-0.59	0.36	0.63	0.73	0.81
40	1.41	0.64	0.06	0.25	-1.75	0.39	1.84	1.23	-1.27	-0.75
41	0.25	-0.70	0.33	0.12	0.04	1.03	-0.64	0.08	1.63	0.34
42	-1.15	0.57	0.34	-0.32	2.31	0.74	0.85	-1.25	-0.17	0.14
43	0.72	0.01	0.50	-1.42	0.26	-0.74	-0.55	1.86	-0.17	-0.10
44	-0.92	0.15	-0.66	0.83	0.50	0.24	-0.40	1.90	0.35	0.69
45	-0.42	0.62	0.24	0.55	-0.06	0.14	-1.09	-1.53	0.30	-1.56
46	-0.54	1.21	-0.53	0.29	1.04	-0.32	-1.20	0.01	0.05	0.20
47	-0.13	-0.70	0.07	0.69	0.38	1.18	0.61	-0.46	-1.54	0.50
48	-0.23	0.36	1.44	-0.44	0.53	-0.14	0.66	0.00	0.33	-0.36
49	1.90	-1.21	-1.07	-0.27	-1.86	-0.49	0.25	0.25	0.14	1.73

FUENTE: Meyer

DESVIACIONES NORMALES ALEATORIAS

(CONTINUACION)

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
00	-0.73	0.25	-2.08	0.17	-1.04	-0.23	0.74	0.23	0.70	-0.79
01	-0.87	-0.74	1.44	-0.79	-0.76	-0.42	1.93	0.88	0.80	-0.53
02	1.18	0.05	0.10	-0.15	0.05	1.06	0.82	0.90	-1.38	0.51
03	-2.09	1.13	-0.50	0.37	-0.18	-0.16	-1.85	-0.90	1.32	-0.83
04	-0.32	1.06	1.14	-0.23	0.49	1.10	-0.27	-0.64	0.47	-0.05
05	0.90	-0.86	0.63	-1.62	-0.52	-1.55	0.78	-0.54	-0.29	0.19
06	-0.16	-0.22	-0.17	-0.81	0.49	0.96	0.53	1.73	0.14	1.21
07	0.15	-1.12	0.80	-0.30	-0.77	-0.91	0.00	0.94	-1.16	0.44
08	-1.87	0.72	-1.17	-0.36	-1.42	-0.46	-0.58	0.03	2.08	1.11
09	0.87	0.95	0.05	0.46	-0.01	0.85	1.19	1.61	0.10	0.87
10	0.52	0.12	-1.04	-0.56	-0.91	-0.13	0.17	1.17	1.24	0.84
11	-1.39	-1.10	1.67	2.88	-2.06	0.10	0.05	-0.55	0.74	0.33
12	-0.94	-0.46	-0.85	-0.29	0.54	0.71	0.90	-0.42	-1.30	0.50
13	-0.51	0.04	-0.44	-1.87	-1.06	1.18	-0.39	0.22	-0.55	-0.54
14	-1.50	-0.21	-0.89	0.43	-1.81	-0.07	-0.66	-0.02	1.77	-1.54
15	-0.48	1.54	1.88	0.66	-0.62	0.28	-0.34	2.42	-1.65	2.06
16	0.89	-0.23	0.57	0.23	1.81	1.02	0.33	1.23	1.31	0.06
17	0.38	1.52	-1.32	2.13	-0.14	0.28	-0.46	0.25	0.65	1.18
18	-0.53	0.37	0.19	-2.41	0.16	0.36	-0.15	0.14	-0.15	-0.73
19	0.15	0.62	-1.29	1.84	0.80	-0.65	1.72	-1.77	0.07	0.46
20	-0.81	-0.22	1.16	1.09	-0.73	-0.15	0.87	-0.88	0.92	-0.04
21	-1.61	2.51	-2.17	0.49	-1.24	1.16	0.97	0.15	0.37	0.18
22	0.26	-0.48	-0.43	-2.08	0.75	1.59	1.78	-0.55	0.85	-1.87
23	-0.32	0.75	-0.35	2.10	-0.70	1.29	0.94	0.20	-1.16	0.89
24	-1.00	1.37	0.68	0.00	1.87	-0.14	0.77	-0.12	0.89	-0.73
25	0.66	0.04	-1.73	0.25	0.26	1.46	-0.77	-1.67	0.18	-0.92
26	-0.20	-1.53	0.59	-0.15	-0.15	-0.11	0.68	-0.14	-0.42	-1.51
27	1.01	-0.44	-0.20	-2.05	-0.27	-0.50	-0.27	-0.45	0.83	0.49
28	-1.81	0.45	0.27	0.67	-0.74	-0.17	-1.11	0.13	-1.18	-1.41
29	-0.40	1.34	1.50	0.57	-1.78	0.08	0.95	0.69	0.38	0.71
30	-0.01	0.15	-1.83	1.18	0.11	0.62	1.86	0.42	0.83	-0.14
31	-0.23	-0.19	-1.08	0.44	-0.41	-1.32	0.14	0.65	-0.76	0.76
32	-1.27	0.13	-0.17	-0.74	-0.44	1.67	-0.07	-0.99	0.51	0.76
33	-1.72	1.70	-0.61	0.18	0.48	-0.26	-0.12	-2.83	2.35	1.25
34	0.78	1.55	-0.19	0.43	-1.53	-0.76	0.83	-0.46	0.48	-0.43
35	1.86	1.12	-2.09	1.82	-0.71	-1.76	-0.20	-0.38	0.82	-1.88
36	-0.50	-0.93	-0.68	-1.62	-0.88	0.05	-0.27	0.23	-0.58	-0.24
37	1.02	-0.81	-0.62	1.46	-0.31	-0.37	0.08	0.59	-0.27	0.37
38	-1.57	0.10	0.11	-1.48	1.02	2.35	0.27	-1.22	-1.26	2.22
39	2.27	-0.61	0.61	-0.28	-0.39	-0.45	0.89	1.43	1.03	0.01
40	-2.17	-0.69	1.33	-0.26	0.15	-0.10	-0.78	0.64	-0.70	0.14
41	0.05	-1.71	0.21	0.55	-0.60	-0.74	-0.90	2.52	-0.07	-1.11
42	-0.38	1.75	0.93	-1.36	-0.60	-1.76	-1.10	0.42	1.44	-0.58
43	0.40	-1.50	0.24	-0.66	0.83	0.37	-0.35	0.16	0.96	0.79
44	0.39	0.66	0.19	-2.08	0.32	-0.42	-0.53	0.92	0.69	-0.83
45	-0.12	1.18	-0.08	0.30	-0.21	0.45	-1.84	0.26	0.90	0.85
46	1.20	-0.91	-1.08	-0.99	1.76	-0.80	0.51	0.25	-0.11	-0.58
47	-1.04	1.28	2.50	1.56	-0.95	-1.02	0.45	-1.90	-0.02	-0.73
48	-0.32	0.56	-1.03	0.11	-0.72	0.53	-0.27	-0.17	1.40	1.61
49	1.08	0.56	0.34	-0.28	-0.37	0.46	0.03	-1.13	0.34	-1.08

FUENTE: Meyer

APENDICE E

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA MECANICA INDUSTRIAL

CONTROLES INDUSTRIALES
LABORATORIO DE COMPUTO
PRIMER SEMESTRE DE 1995

PROYECTO FINAL

PRESENTACION

El proyecto final, que se le entrega a los estudiantes, forma parte de la evaluación del laboratorio de cómputo, en el cual los estudiantes tendrán que aplicar todos los conocimientos que adquirieron respecto a la utilización de las diferentes herramientas de computación, para el curso de Controles Industriales.

OBJETIVO

Al finalizar las actividades de aprendizaje, los estudiantes estarán en capacidad de resolver problemas de control de calidad aplicando las diferentes herramientas disponibles de computación.

DESARROLLO

Una madera de 9 pies se considera inservible si su porcentaje de desecho es 16% o más. Se revisaron 125 trozos de ese tamaño, agrupados en sub-grupos de tamaño 5, para averiguar el porcentaje de desperdicio, y se obtuvieron los siguientes resultados:

PORCENTAJE DE DESPERDICIO POR PIEZA DE MADERA											
1	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	14	0.18	0.16	0.14	0.16	0.16
2	0.17	0.12	0.14	0.12	0.10	15	0.17	0.12	0.17	0.11	0.17
3	0.18	0.12	0.12	0.15	0.14	16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.14
4	0.16	0.16	0.09	0.20	0.19	17	0.15	0.12	0.11	0.14	0.12
5	0.14	0.15	0.12	0.14	0.15	18	0.12	0.14	0.13	0.13	0.09
6	0.14	0.17	0.17	0.16	0.16	19	0.16	0.10	0.14	0.10	0.12
7	0.16	0.15	0.14	0.18	0.16	20	0.14	0.12	0.16	0.14	0.17
8	0.11	0.12	0.11	0.17	0.14	21	0.16	0.16	0.16	0.11	0.17
9	0.16	0.15	0.13	0.19	0.18	22	0.08	0.16	0.16	0.13	0.16
10	0.11	0.12	0.14	0.14	0.16	23	0.15	0.16	0.11	0.14	0.11
11	0.13	0.11	0.14	0.11	0.14	24	0.13	0.15	0.13	0.16	0.16
12	0.16	0.17	0.17	0.14	0.14	25	0.16	0.20	0.14	0.13	0.11
13	0.15	0.14	0.11	0.18	0.20						

- A) ¿Está el porcentaje de desperdicio bajo control?
B) ¿Qué porcentaje de madera se considera inservible?

INSTRUCCIONES

Con base en el problema planteado se le pide:

- Resolverlo, haciendo las gráficas que crea convenientes.
- Deberá utilizar macros para resolver el problema y elaborar las gráficas.
- Todas las conclusiones deberá anotarlas bajo cada gráfica (utilizando la forma Annotate).

LA ENTREGA DEL PROYECTO ES INDIVIDUAL

El proyecto deberá ser entregado el día 9 de Mayo, en el horario de 17:00 a 19:00 horas, en el Laboratorio de computación (salón 300, T3).

Todas las operaciones que se realicen para resolver el problema deberán ser entregadas en un Diskette de 3½" , incluyendo los macros que se hayan utilizado.

NO SE RECIBIRAN PROYECTOS FUERA DE FECHA Y HORA ESTIPULADO.

NOTA: identifique cada macro utilizado, con una letra, y anótelas en la etiqueta del Diskette. No olvide anotar su nombre y número de carnet.