



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

**“DESARROLLO DE UNA INTERFAZ PARA EL CONTROL
ESTADÍSTICO DE PROCESOS UTILIZANDO
HERRAMIENTAS DE MATLAB”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

PEDRO VALENCIA PADILLA

ASESOR:

M.C. ORQUIDEA SÁNCHEZ LÓPEZ

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, DICIEMBRE 2010.

AGRADECIMIENTOS

A Dios ante todo por brindarme todo lo que tengo en la vida.

A mis padres Pedro Valencia Valencia y Rosa Hilda Padilla Zamora por la vida, sus consejos, confianza que me brindaron a lo largo de toda la carrera y sobre todo les doy gracias por dejarme esta herencia, padres les agradezco de corazón. A mi hermanos María Luisa y Carlos Alfredo por soportarme y apoyarme en los momentos difíciles. A todos ustedes muchas gracias.

A todos mis amigos y compañeros de la Universidad Berenice, Gloria, Yanet, Aniret, Azucena, Magarita, Yair, francisco Miguel, Gerson, Juan Carlos, Yeudiel y Eli Josafat, a todos ustedes simplemente gracias por estar conmigo en este gran sueño que fue la carrera.

A mis tíos Melecio y Estela por su apoyo incondicional que me motivó a seguir luchando para salir adelante. Incluyo también a todos mis tíos(as), primos(as) que siempre me brindaron su compañía.

Al profesor Fausto Rivera Toscano, por sus consejos y apoyo, gracias por todo pues nunca olvidaré tu incansable motivación hacia mi persona.

Al Dr. Guillermo Juárez López y la M.C. Orquídea Sánchez López, por su grandiosa colaboración y conducción de esa tesis.

A todos mis maestros que a lo largo de mi carrera me brindaron sus valiosos conocimientos y consejos en mi formación académica.

A todos mis amigos que me brindaron su amistad, gracias.

RESUMEN

El presente documento, muestra el proyecto de tesis llamado: “Desarrollo de una Interfaz para el control estadístico de procesos utilizando herramientas de Matlab”. Comenzando con un análisis de la necesidad de desarrollar una interfaz aplicada a las gráficas de control y capacidad del proceso, además se muestran también las etapas de manera general para su desarrollo.

El proyecto de tesis tiene como finalidad desarrollar una Interfaz para el control estadístico de procesos, que sirva como herramienta para brindar a los usuarios un análisis e interpretación del comportamiento de los datos de un determinado proceso que se desee analizar.

La interfaz se desarrolló utilizando la herramienta GUIDE del software Matlab, la cual permitió generar las ventanas para mostrar gráficas de control por Variables y Atributos, en dicha interfaz se puede seleccionar de entre 3 líneas de producción y cada una para 3 productos.

Se generan diagramas de flujo de las ventanas en las que se despliegan los datos de las muestras, los cuales proporcionan de manera clara la secuencia que siguen los datos que se ingresan a la interfaz.

La importancia de la interfaz radica en brindar al usuario un análisis breve de la variación de alguna característica de calidad de un proceso, indicando patrones o tendencias más comunes de inestabilidad y así como también los coeficientes de capacidad del proceso, a través de una hoja de texto de Microsoft Word.

Finalmente, se anexa un manual de usuario para la instalación del software y el manejo de la interfaz desarrollada.

ÍNDICE

	Página
Agradecimientos	
Resumen	i
Índice	ii
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
CAPÍTULO I	
1 MARCO DE REFERENCIA	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivo General.....	3
1.4 Objetivo específico.....	3
1.5 Metas.....	3
1.6 Justificación.....	4
1.7 Alcances del proyecto.....	5
CAPÍTULO II	
2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 Introducción	6
2.2 Historia de la calidad.....	7
2.3 Principales exponentes de la calidad.....	8
2.4 EI CEP	11
2.4.1 El CEP y la variabilidad.....	11
2.4.2 Fundamentos estadísticos de una gráfica de control.....	12
2.4.2.1 Gráficas de control por Variables.....	14
2.4.2.1.1 Gráficas de control de medias \bar{X}	14
2.4.2.1.2 Gráficas de control por rangos R	15
2.4.2.1.3 Gráficas de control de desviaciones S	15
2.4.2.1.4 Gráficas de control de medianas \bar{X}	16
2.4.2.2 Gráficas de control por atributos.....	17
2.4.2.2.1 Gráficas p	17
2.4.2.2.2 Gráficas np	18
2.4.2.2.3 Gráficas c	18
2.4.2.2.4 Gráficas u	19
2.4.2.3 Patrones generales de una gráfica de control.....	20
2.4.3 El CEP y los índices de capacidad	21
2.4.3.1 Capacidad potencial y coeficiente de capacidad real.	21
2.4.3.2 Porcentaje de defectuosos.....	22
2.4.3.3 Número de σ estándar para que los Límites naturales coincidan con los Límites de Especificaciones.....	23
2.4.3.4 Número σ que está separado el proceso que se está trabajando con respecto a la media nominal (χ_n).....	23
2.4.4 Otras herramientas de calidad del CEP.....	24
2.4.4.1 Hoja de chequeo rápido (check list).....	24
2.4.4.2 Diagrama causa-efecto.....	24

	2.4.4.3	Diagrama de dispersión.....	25
	2.4.4.4	Gráfica de corrida.....	25
	2.4.4.5	Histograma.....	26
	2.4.4.6	Gráficas de barras.....	27
	2.4.4.7	Diagrama de Pareto.....	27
2.5		El CEP en la actualidad.....	28
2.6		El CEP y las interfaces.....	28
	2.6.1	Softwares Minitab, Excel, WinQSB y Matlab.....	31
2.7		Determinación de los patrones de inestabilidad más comunes en el comportamiento de los datos.....	36
	2.7.1	Gráficas de control por Variables.....	36
	2.7.1.1	Gráfica de control de medias, rangos, desviación estándar y medianas.....	36
	2.7.2	Gráficas de control por Atributos.....	41
CAPÍTULO III			
2		DESARROLLO DE LA INTERFAZ.....	42
	3.1	Metodología.....	42
	3.1.1	Formulación del problema.....	43
	3.1.2	Recolección de información y datos.....	43
	3.1.3	Construcción del modelo conceptual.....	44
	3.1.4	Programar el modelo.....	44
	3.1.4.1	Bienvenida al programa.....	46
	3.1.4.2	Opciones.....	46
	3.1.4.3	Proceso de captura de datos de las muestras.....	54
	3.1.4.4	Presentación de resultados gráficos.....	55
	3.1.5	Validación del modelo conceptual.....	56
	3.1.6	Diseñar, revisar y analizar los experimentos.....	57
	3.1.7	Documentar y resumir los resultados de la simulación.....	57
	3.2	Equipo.....	57
	3.2.1	Hardware.....	57
	3.2.2	Software.....	57
CAPÍTULO IV			
4		PRUEBAS Y RESULTADOS.....	60
	4.1	Ventanas que conforman la interfaz.....	60
	4.1.1	Ventana de bienvenida a la interfaz.....	60
	4.1.2	Opciones.....	61
	4.1.2.1	Tipo de gráficas de control.....	61
	4.1.2.2	Número de gráficas por ventana y líneas de producción.....	61
	4.1.2.3	Gráficas pro Atributos o por Variables y producto de la línea.....	62
	4.1.2.4	Capacidad del proceso.....	67
	4.2	Patrones de inestabilidad en las gráficas.....	67
	4.2.1	Casos aplicados a las gráficas de control por Variables.....	68
	4.2.2	Casos aplicados a las gráficas de control por Atributos.....	73
	4.3	Índices de capacidad y descripción del proceso.....	78
	4.4	Pruebas.....	81

CAPITULO V	
CONCLUSIONES.....	87
TRABAJOS FUTUROS.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
APENDICE A.....	92
APENDICE B.....	93
APENDICE C.....	125
APENDICE D.....	126
APENDICE E.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
2.1 Historia de la calidad.....	7
2.2 Densidad del Defecto.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
2.1 Gráfica de control.....	13
2.2 Patrones naturales de una gráfica de control.....	21
2.3 Diagrama Causa-Efecto.....	25
2.4 Diagrama por dispersión.....	25
2.5 Gráfica de corrida.....	26
2.6 Histograma.....	26
2.7 Gráfica de barras.....	27
2.8 Diagrama de Pareto.....	27
2.9 Gráfica de control con Minitab.....	31
2.10 Gráfica de control con Excel.....	32
2.11 Gráfica de control con WinQSB.....	33
2.12 Gráfica de control con Matlab.....	34
2.13 Muestras están fuera del Límite de Control Superior.....	37
2.14 Muestras fuera del Límite de Control Inferior.....	37
2.15 Puntos que están por debajo del Límite Central.....	38
2.16 Puntos por encima del Límite Central.....	38
2.17 Datos con gran inestabilidad seguido de alta variación.....	38
2.18 Tendencia continua en aumento.....	39
2.19 Tendencia continua en disminución.....	39
2.20 Tendencia de adhesión a la media.....	40
2.21 Comportamiento gradual en aumento.....	40
2.22 Comportamiento gradual en disminución.....	41
3.1 Metodología de siete pasos para el desarrollo de estudios de Simulación...	43
3.2 Diagrama de flujo general de la interfaz aplicada al CEP.....	44
3.3 Diagrama de flujo para la ventana de bienvenida al programa.....	46
3.4 Diagrama de flujo de las opciones en la interfaz”.....	46
3.5 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica de control por Variables y Atributos”.....	47

3.6	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar línea de producción y número de gráficas por ventana”.....	48
3.7	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos”.....	50
3.8	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables”.....	51
3.9	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar un producto”.....	53
3.10	Diagrama de flujo para la opción “Capacidad del proceso”.....	54
3.11	Diagrama de flujo para la opción “Proceso de captura de los datos”.....	55
3.12	Diagrama de flujo para la opción “Presentación de resultados gráficos”.....	56
4.1	Ventana de bienvenida a la interfaz.....	60
4.2	Ventana tipo de gráficas de control.....	61
4.3	Ventana de número de gráficas por ventana y líneas de producción.....	62
4.4	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con un espacio para graficar.....	63
4.5	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con dos espacios para graficar.....	63
4.6	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con tres espacios para graficar.....	64
4.7	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con cuatro espacios para graficar.....	64
4.8	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con un espacio para graficar.....	65
4.9	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con dos espacios para graficar.....	65
4.10	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con tres espacios para graficar.....	66
4.11	Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con cuatro espacios para graficar.....	66
4.12	Diagrama de flujo para la opción “Capacidad del proceso”.....	67
4.13	Puntos fuera del Límite de Control Superior en color verde con forma de asterisco.....	68

4.14	Puntos fuera del Límite de Control Inferior, utilizando gráfica de desviaciones en el lado izquierdo y lado derecho gráfica de medianas.....	69
4.15	Siete puntos arriba del Límite Central pero dentro de los Límites de Control.....	70
4.16	Siete puntos abajo del Límite Central pero dentro de los Límites de Control.....	70
4.17	Patrones inusuales en una sección de siete o más puntos con una alta variación.....	71
4.18	Tendencia continua en forma ascendente y decreciente.....	72
4.19	Adhesión a la media mediante análisis de datos a través del software.....	72
4.20	Comportamiento gradual, donde la totalidad de muestras analizadas presentan un comportamiento ascendente o descendente gradual.....	73
4.21	Puntos fuera del Límite de Control Superior utilizando gráficas p y np	74
4.22	Ventana con tres espacios para gráficas tipo p , np , c	75
4.23	Ventana con tres espacios para gráficas del tipo n , np y u	75
4.24	Patrones inusuales.....	76
4.25	Tendencia continua.....	77
4.26	Adhesión a la media.....	77
4.27	Comportamiento gradual utilizando gráficas del tipo p y np	78
4.28	Ventana que muestra el botón “Descripción de proceso”.....	79
4.29	Ventana indicando nombre del archivo con la opción “Abrir”.....	80
4.30	Gráficas de medias obtenidas con Minitab.....	82
4.31	Gráficas de medias obtenidas con Excel.....	83
4.32	Gráficas de medias obtenidas con la interfaz.....	84
4.33	Capacidad del proceso obtenida mediante la interfaz.....	85

CAPÍTULO I

MARCO DE REFERENCIA

1.1 GENERALIDADES

Actualmente se vive en un mundo globalizado, donde la competitividad en la calidad de los productos es una característica principal del mercado mundial, lo que hace que una empresa pueda permanecer y consolidarse. De entre los distintos conceptos de calidad el que se considera más asertivo, está dada por Deming [1], donde menciona que un grado previsible de uniformidad y confiabilidad a bajo costo es el adecuado para el mercado. De esto se puede resaltar, que una empresa que desee ofrecer precios bajos a sus clientes requiere tener costos de producción bajos, para lo cual es necesario entre otros aspectos, tener un mínimo de desechos y productos mal elaborados, ya que la presencia de estos indica que hay problemas en la producción, lo que trae como consecuencia que no se esté cumpliendo con las especificaciones del proceso. Los productos mal elaborados, se deben someter a un proceso extra para no perderlos completamente, o en caso de que las fallas sean graves estos se deben desechar. Para abordar este tipo de problemas, es necesario recurrir a las herramientas del Control Estadístico de Procesos (CEP), como son las gráficas de control por Variables y Atributos [2], las cuales permiten recopilar, estudiar y analizar la información de los procesos para tomar las acciones preventivas y correctivas.

A lo largo de la historia, las gráficas de control se han estado mejorando, desde su aparición en 1920 con Walter Shewhart [1] y su implementación manual por muchos años, hasta la inserción de la informática la cual ha agilizado el tiempo de análisis de muchos procesos en los últimos años. La mayoría de los softwares que actualmente existen son caros y cuentan con muchas aplicaciones que no son aprovechadas al máximo ya que para conocerlas se requiere capacitación y por lo tanto una inversión económica. Por todo lo anterior, en este trabajo se propone llevar a cabo una interfaz amigable, fácil de manejar y que describa el comportamiento de los datos de un proceso.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La aplicación de las diferentes técnicas del CEP son muy laboriosas para ser realizadas de manera manual, tal situación ha ocasionado que distintas empresas desarrollen algunos programas que realicen esta función, por lo que de una u otra manera, las empresas se ven obligadas a adquirir softwares que al paso del tiempo se vuelven obsoletos, debido a la salida de paquetes estadísticos más sencillos de manejar.

Por otro lado, la falta de paquetes estadísticos que brinden una descripción del proceso es un grave problema, dado que los operadores en la mayoría de los casos, carecen de conocimientos para realizar una interpretación de los datos.

Dado lo anterior, se pretende desarrollar una interfaz que solo incluya las gráficas de control y capacidad del proceso, para así dar una descripción del comportamiento de los datos de un producto.

Cabe aclarar que la interfaz es un medio para poder llegar a la descripción del proceso, por lo que para el desarrollo de este trabajo se propone elaborar diagramas de flujo de las ventanas principales y posteriormente en base a estos diagramas elaborar las ventanas.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una interfaz para el CEP, mediante la aplicación de las herramientas del software Matlab para ayudar determinar la presencia de patrones de inestabilidad y disminuir el tiempo de análisis de datos de un proceso.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar los diferentes softwares existentes, para determinar sus alcances y limitaciones, con respecto al CEP.
- Determinar los patrones de inestabilidad más frecuentes en el comportamiento de los datos y programar funciones que los detecten, para así ayudar a realizar cada interpretación.
- Crear una interfaz que incluya las gráficas de control por Variables, Atributos y capacidad del proceso.
- Brindar una interfaz que en sus gráficas de control cuente con la posibilidad de escoger entre tres líneas de producción y tres productos en cada línea, para así graficar y describir el comportamiento de los datos de un proceso.

1.5 METAS

- El usuario teniendo conocimientos básicos del CEP, será capaz de interpretar el comportamiento de los datos de un producto en una línea de producción a través del uso de la interfaz propuesta.
- El usuario teniendo conocimientos básicos del CEP, será capaz de interpretar el índice de la capacidad del proceso a través del uso de la interfaz propuesta.

1.6 JUSTIFICACIÓN

La competencia entre las distintas empresas ha ocasionado que la automatización de los procesos en las mismas sea cada vez más necesario; es por ello, que se ha decidido diseñar una interfaz fácil de manejar, debido a que existen en el mercado muchos softwares que no son utilizados al máximo, por la gran cantidad de funciones con las que cuentan, lo que a su vez determina que su manejo sea complicado.

En lo que respecta al número de líneas y productos, debe especificarse la cantidad antes de iniciar el desarrollo la interfaz, debido a que al momento de diseñarla, el programador debe definir la cantidad de líneas y productos que va a contener, por lo que y en consecuencia, las funciones se elaborarán de acuerdo a este número de líneas y productos. Para este trabajo a manera de muestra, se proponen tres líneas de producción y en cada una de ellas tres productos.

Dado lo anterior, el presente proyecto se desarrollará de tal manera que se pueda cumplir específicamente con las necesidades básicas del control estadístico, en lo que se refiere a gráficas de control, capacidad y descripción del proceso; particularmente se realizará una interfaz amigable usuario-sistema para el manejo de datos y cálculo de los conceptos antes mencionados.

La interfaz se podrá probar en las empresas que tienen procesos de transformación en sus líneas de producción, excluyendo a las que en sus líneas de producción solo realizan ensambles, siempre y cuando los requerimientos de la empresa sean acorde al diseño de la interfaz, de no ser así, se deberá solicitar a un especialista desarrolle un programa acorde a sus necesidades. Es importante señalar que la interfaz no se aplica en tiempo real; es decir, no será necesario que cada vez que se mida una variable, el usuario ingrese la magnitud del dato medido a la interfaz para que grafique el punto, sino que, se utilizará en las empresas que deseen llevar las gráficas de control un turno detrás del tiempo real como mínimo.

1.7 ALCANCES DEL PROYECTO

Con la finalidad de satisfacer la necesidad de desarrollar una interfaz que se aplique a las gráficas de control, este proyecto propone:

- Determinar los patrones usuales de inestabilidad que se presentan con mayor frecuencia en las líneas de producción.
- Desarrollar diagramas de flujo para cada una de las ventanas que conformarán el cuerpo principal de la interfaz.
- Elaborar las ventanas siguiendo la secuencia de sus diagramas de flujo.
- Mostrar en las ventanas la visualización de los patrones usuales de inestabilidad.
- Mostrar una descripción del comportamiento de los datos de un producto de una línea.
- Elaborar un manual de usuario para la instalación del software y manejo de la interfaz.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Desde la Revolución Industrial hasta la fecha, el concepto de calidad ha cambiado de perspectivas, comenzando desde la simple separación de productos buenos de productos defectuosos para su venta, hasta el enfoque de Calidad Total (CT).

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial (SGM), en Japón surgió la necesidad de levantar al país de los destrozos ocasionados por la Guerra, lo cual ocasionó que el concepto de calidad que fue llevado desde Estados Unidos tuviera gran relevancia en su aplicación a las industrias japonesas, esto surgió debido a que los Japoneses en su afán de mejorar la calidad, tuvieron la necesidad de copiar metodologías desarrolladas en otros países para la mejora de la CT, inclusive tuvieron que adaptarlas de acuerdo a sus propias necesidades.

Por otro lado, el CEP cada vez tenía más implicación en la mejora de la calidad, de tal manera que a lo largo de los años se desarrolló la metodología seis sigma, que ha contribuido a que empresas como Motorola hayan incrementado sus ingresos por ventas y reducido sus costos. Por lo que, ahora ya no es sorprendente que muchas compañías implementen metodologías para la mejora de la calidad, estas metodologías dieron origen a los sistemas ISO que contribuyeron a la unificación de criterios de calidad. Aunado a esto, países como Estados Unidos y Japón entregan año con año premios en sus respectivos países a las empresas que hayan tenido un mejor desempeño en cuanto a calidad se refiere.

2.2 HISTORIA DE LA CALIDAD

Para comenzar a estudiar el CEP es necesario conocer primero los antecedentes de la calidad, para ello se dará una breve reseña histórica [3] de la evolución de dicho concepto.

Tabla 2.1 Historia de la calidad

Año	Actividad
1700-1800	La calidad se determina en gran medida a los esfuerzos de los artesanos individuales.
1875	Frederick Taylor introduce los principios de la "Administración Científica". Gilbreth y Gantt hicieron aportaciones posteriores.
1990-1920	Ford desarrolló conceptos de ensamblaje a prueba de errores, la autoverificación y la inspección dentro del proceso.
Años 1920	Los Laboratorios Bell de AT&T forman un departamento de calidad, concentrándose en la calidad, inspección, pruebas y confiabilidad.
1924	W.A. Shewhart introduce el concepto de gráfica de control en un memorándum técnico de los Laboratorios Bell.
1932	W.A. Shewhart publica Economic Control of Quality of Manufactured Product, donde se describen métodos estadísticos para usarlos con los métodos de gráficas de control y de producción.
1933	La real sociedad de Estadística instituye la Sección de Investigación Industrial y Agrícola.
1938	W.E. Deming invita a Shewhart a presentar seminarios sobre las gráficas de control en la Escuelas de Graduados del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.
1942	Se funda en Gran Bretaña el Ministerio de Servicios de Asesoría en Métodos Estadísticos y Control de Calidad para Suministros.
1944	Inicia sus publicaciones Industrial Quality Control
1946	Deming es invitado a Japón por la Sección de Servicios Económicos y Científicos del Departamento de Guerra de Estados Unidos para ayudar a las fuerzas de ocupación a reconstruir la industria japonesa. Se funda la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros(JUSE por sus siglas en ingles)
1946-1948	Deming es invitado a dar seminarios de control estadístico ce calidad en la industria japonesa.
1949	El profesor G. Taguchi inicia el estudio y aplicación del diseño experimental.
1950	Deming inicia la educación de administradores industriales japoneses. La JUSE establece el "Premio Deming"
1954	El Dr. Josep M. Juran es invitado por los japoneses a dictar algunas conferencias sobre administración y mejoramiento de la calidad.
1957	Se publica la primera edición de Quality Control Handbook de J.M. Juran y F.M. Gryna.

1959	El programa de vuelos espaciales tripulados de Estados Unidos hace consiente a la industria de la necesidad de productos confiables.
1960	El concepto de círculo de control de calidad es introducido en Japón pos K. Ishikawa.
1961	Se funda en Gran Bretaña el Consejo Nacional de Calidad y Productividad (NCQP por sus siglas en ingles) como parte del consejo Británico de Productividad.
1963	Se introducen programas de cero defectos (ZD, por sus siglas en ingles) en algunas industrias estadounidenses.
1970	En Gran Bretaña se fusionan el NCQP y el Instituto de Aseguramiento de la Calidad para formar la asociación Británica de la Calidad.
1975-1978	Empieza el interés por los círculos de calidad en Norteamérica, el cual crece hasta formar el movimiento de la administración de calidad total (TQM, por sus siglas en ingles).
1980	Se publican por primera vez en estados Unidos los trabajos del profesor G. Taguchi sobre experimentos diseñados.
1984	La Asociación Americana de Estadística (ASA, por sus siglas en ingles) establece el comité Ad Hoc sobre Calidad y Productividad.
1986	Box y otros especialistas visitan Japón, donde observan el uso generalizado de los experimentos diseñados y otros métodos estadísticos.
1988	El Congreso de Estados Unidos establece el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige. Nace la iniciativa seis sigma de Motorola.
Años 1990	Se incrementan las actividades de certificación ISO 9000 en la industria estadounidense; los candidatos para el premio Baldrige aumentan de manera sostenida.
1995	Muchos programas de posgrado en ingeniería exigen cursos formales de técnicas estadísticas, enfocándose en los métodos básicos para la caracterización y mejoramiento de los procesos.
1997	El enfoque seis sigma de Motorola se extiende a otras industrias.
1998	La Sociedad Americana de Control de Calidad se convierte en Sociedad Americana de Calidad (ASQ, por sus siglas en ingles), en un intento por señalar los aspectos más amplios del campo del mejoramiento de la calidad.

2.3 PRINCIPALES EXPONENTES DE LA CALIDAD

En el intento de encontrar sistemas más económicos para controlar la calidad, se desarrollo el CEP [4]. En este método se aplican conceptos estadísticos para analizar y controlar la calidad en los procesos de transformación, permitiendo examinar un número reducido de piezas en una muestra significativa de un lote, en lugar de tener que inspeccionar el total de la

producción. Por lo que, en esta área surgieron personas que se encargaron de desarrollar metodologías para la mejora de los procesos. Los pioneros en este concepto se consideran los cinco grandes de la calidad, William Edwards Deming, Joseph M. Juran, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa y Philip B. Crosby. Después de ellos, han surgido otros que han tenido reconocimiento mundial pero, se considera que los aportes de estos cinco, fueron los que más impacto alcanzaron.

Deming, desarrolló el CEP, demostrando en 1940, que los controles estadísticos podrían ser utilizados tanto en operaciones de oficina como en las industriales. Los principios que siguió fueron los siguientes:

1. La calidad empieza con la educación y termina con la educación.
2. El primer paso en la calidad es conocer las necesidades de los clientes.
3. El estado ideal del control de calidad ocurre cuando ya no es necesaria la inspección.
4. Eliminar la causa raíz y no los síntomas.
5. El control de calidad es responsabilidad de todos los trabajadores en todas las divisiones.

En 1954 **Juran**, visitó por primera vez Japón y orientó el estudio del CEP a la necesidad de convertirlo en un instrumento de la alta dirección. Las ideas de Juran se enfocan en tres procesos principales de calidad, conocidas como la trilogía de la calidad:

- a) Planeación de la calidad: el proceso de preparación para cumplir con las metas de calidad; identificando a los clientes, tanto internos como externos; determinando sus necesidades; y finalmente desarrollando las características del producto que respondan a esas necesidades.
- b) Control de calidad: el proceso debe cumplir con las metas de calidad durante la operación.
- c) Mejora de calidad: el proceso de elevarse a niveles de rendimiento sin precedente; estableciendo un plan donde se demuestren las necesidades de

mejora, creando proyectos específicos, diagnosticando las causas y proporcionando los controles para mantener las mejoras.

Feigenbaum, fue el fundador del concepto de Control Total de la Calidad (CTC) y sus puntos principales están resumidos como sigue:

1. La calidad debe estar definida en términos de satisfacción del cliente.
2. La calidad es multidimensional. Debe estar definida comprensivamente.
3. Debido a que los clientes tienen necesidades cambiantes, la calidad es dinámica.

Por otro lado, según las opiniones externadas por **Kaoru Ishikawa** [5], señalan que en síntesis lo que permitió elevar la calidad en Japón se debió a que:

1. Los sistemas de calidad estadísticos y de control de inspección por muestreo tuvieron verdadera utilidad en Japón.
2. Se logró demostrar que tales métodos eran realmente favorables y que el control de la calidad era posible.
3. En un principio la calidad estaba siendo vista como una amenaza y no como un beneficio, pero poco a poco los trabajadores descubrieron que haciendo su trabajo con calidad tendrían todo tipo de beneficios.

Otro de los grandes, fue **Crosby** quien desarrolló toda una teoría basada fundamentalmente en que lo que cuesta dinero son las cosas que no tienen calidad, por lo que sus principios son los siguientes:

1. Calidad significa conformidad con las necesidades y no elegancia.
2. Los problemas deben ser identificados por aquellos individuos o departamentos que los causan.
3. Siempre es más económico hacer el trabajo bien desde la primera vez.
4. La única medición del desempeño es el costo de la calidad; es decir, el desembolso por falta de conformidad: Crosby observa que la mayoría de las empresas desembolsan de 15 a 20% de sus ventas en costos de calidad. Una empresa con un programa bien operado de administración de la calidad puede conseguir un costo de calidad que sea inferior a 2.5% de las ventas, principalmente en las categorías de prevención y evaluación.

2.4 EI CEP

El CEP, es un concepto que está muy ligado con la calidad, por lo que es una herramienta que muestra el estado de un proceso de transformación en términos estadísticos, lo cual va a permitir monitorearlo y establecer los parámetros para su mejor control.

El CEP es una metodología que tiene como objetivo proveer el control de procesos en términos estadísticos [6]. Algunos otros autores lo definen como un conjunto poderoso de herramientas para resolver problemas, además es muy útil para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del proceso mediante la reducción de la variabilidad [3]

El CEP se ha desarrollado a pasos agigantados después de la SGM, teniendo un desarrollo más completo en Japón, donde fue ampliamente utilizado en la industria manufacturera para controlar la variabilidad y mejorar los procesos [6,7].

En la sección 2.4 se presenta un panorama general de la variabilidad, los índices de capacidad y las herramientas de calidad del CEP. Para cumplir el objetivo de la tesis, del total de las herramientas de calidad, se abordarán las gráficas de control de Shewhart que son las que presentan mayor complejidad técnica. Para entender los conceptos estadísticos que constituyen la base del CEP, es necesario describir primero la teoría de la variabilidad de Shewhartl.

2.4.1 El CEP y la variabilidad

Cuando Shewart inició sus estudios en el CEP, determinó que todos los procesos están sujetos a variación [6,12], por lo que esta, afecta disminuyendo la calidad debido a que causa ineficiencia y gastos. Como resultado, si se logra identificar la fuente de variación, se pueden tomar acciones necesarias para disminuir o eliminar la ineficiencia e incrementar la productividad.

La variación en un proceso tiene dos tipos de causas [3], causas asignables y causas aleatorias o fortuitas. Son consideradas causas asignables a los cambios de materia prima, cambios de turno, errores del operador, materia

prima defectuosa, entre otros, mientras que se consideran causas aleatorias a cualquier fenómeno fortuito que pueda afectar la variabilidad del proceso, como los fenómenos climáticos por mencionar algunos. Cuando un proceso opera únicamente con causas fortuitas de variación, está bajo control estadístico y cuando un proceso opera en presencia de causas asignables esta fuera de control [10].

Las observaciones que se realizan en cualquier proceso presentan variación, lo que conduce a fenómenos fundamentales [5], tales como:

1. Todo varía: dos artículos u ocurrencias no son exactamente iguales.
2. Las observaciones individuales son impredecibles.
3. Grupo de observaciones tienden a formar patrones predecibles o arrojan pruebas de que no hay un patrón predecible sin algún cambio del proceso.

Estos fenómenos fundamentales siempre se van a presentar en la toma de datos para obtener las muestras, por lo que una vez que se ha comprendido la naturaleza de estos fenómenos, estos van a proporcionar un grado de confianza y comprensión en el uso de las gráficas de control.

Ahora, una vez que ya se conocen los tipos de variación, se analizará la herramienta que se llama gráficas de control con la finalidad de analizar sus conceptos, tipos y ecuaciones que la conforman.

2.4.2 Fundamentos de una gráfica de control

Las gráficas son elaboradas a partir de valores medidos de muestras tomadas del proceso [11], se menciona que las gráficas de control son una herramienta que se utiliza para analizar datos estadísticos de manera sofisticada, que incluye Límites de Control Superiores e Inferiores, tal como se observa en la Figura 2.1. Estas gráficas se utilizan cotidianamente en la manufactura [6], educación, gobierno e industrias de servicio.

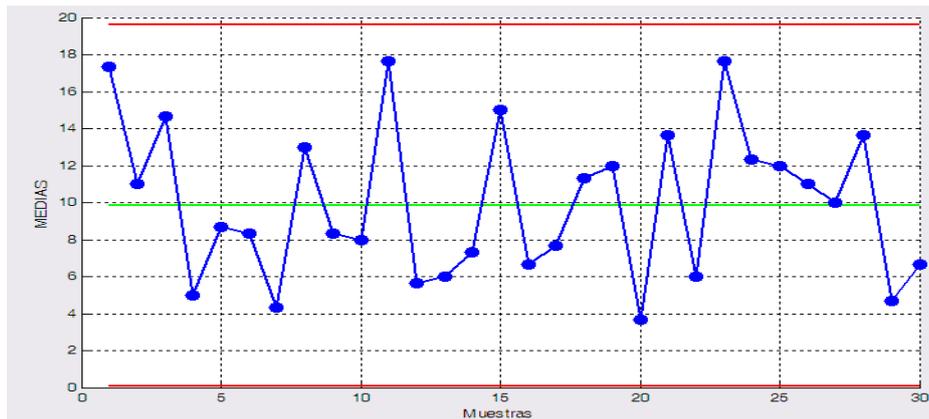


Figura 2.1 Gráfica de control

Los Límites de control dan poder analítico a la gráfica de control para que el usuario determine si un proceso se puede considerar estable y por lo tanto, predecible, impredecible o inestable. Por lo que dicha información lleva a controlar un proceso cuando este se considera estable o mejorar su control para cuando el proceso se considera inestable.

Fue Walter A. Shewart [1], el primero en utilizar las gráficas de control aplicadas a los procesos, siguiéndole W. Edwards Deming quién las aplicó durante la SGM en los Estados Unidos. Posteriormente una vez terminada la SGM, él y sus discípulos llevaron estas ideas a Japón.

Las gráficas de control muestran la cantidad y naturaleza de la variación en el tiempo, indican el control estadístico o la falta de él y permiten la interpretación y detección del patrón de cambios en el proceso de estudio. En general, hay dos tipos de datos que son útiles en el estudio de las características de la calidad, que son por Atributos y por Variables. Los primeros son el conteo o la conversión de los conteos a proporciones o porcentaje de la presencia o ausencia de algunas características o atributos en las unidades examinadas, mientras que las segundas son mediciones reales junto con una escala de una característica de calidad o propiedad del proceso capaz de ser la media [5].

2.4.2.1 Gráficas de control por Variables

Se emplean cuando es necesario examinar una característica de escala o medición y no la presencia de un atributo [5]. Este tipo de gráficas se utilizan para analizar una característica de calidad, las cuales contempla gráficas de medias (\bar{X}), rangos (R), desviaciones estándar (S) y medianas (\tilde{X}).

2.4.2.1.1 Gráficas de control de medias (\bar{X})

Estas gráficas proporcionan medidas sensitivas del proceso y para realizar un estudio de un proceso se debe primero determinar la media de los datos de las muestras que se deseen analizar, realizándose de la siguiente manera:

1. Obtener la media aritmética [14] del total de datos de las muestras, ecua. 1 :

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (1)$$

Donde x_i representa cada uno de los datos de las muestras, n la cantidad de los datos de la muestra y μ la media aritmética de los datos.

2. De la ecuación 2, se obtiene el rango promedio del total de las muestras:

$$R = \sum_{i=1}^n (x_{\max} - x_{\min}) / n \quad (2)$$

Donde $x_{\max} - x_{\min}$ es la diferencia aritmética del valor de mayor magnitud con el de menor magnitud de cada muestra, n es el número de muestras y R el rango promedio de la totalidad de muestras.

3. Los Límites de Control [3] están dados por las ecuaciones 3, 4 y 5.

$$LCS = \mu + [A_2(R)] \quad (3)$$

$$LC = \mu \quad (4)$$

$$LCI = \mu - [A_2(R)] \quad (5)$$

Donde LCS , LC , LCI representan los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, μ es la media obtenida en (1), R es el rango promedio obtenida en (2) y A_2 es una constante que se obtiene de acuerdo al número

de elementos que contiene cada muestra que se está analizando (Ver apéndice A).

2.4.2.1.2 Gráficas de control de rangos (R)

Estas gráficas muestran la variabilidad en proporción a un mayor control de desempeño del proceso. Este tipo de gráfico es más susceptible a mostrar los cambios en la muestras, por lo que primero se recomienda obtener este tipo de gráficos y luego obtener la gráfica de medias, de acuerdo a los Límites de Control [3] que están dados por las ecuaciones 6, 7 y 8.

$$LCS = D_4(R) \quad (6)$$

$$LC = R \quad (7)$$

$$LCI = D_3(R) \quad (8)$$

Donde LCS, LC, LCI son los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, R es el rango promedio obtenido en (2) y D_4, D_3 son constantes que se obtienen de acuerdo al número de elementos que contiene cada muestra que se está analizando (Ver apéndice A).

2.4.2.1.3 Gráficas de control de desviaciones estándar (S)

Estas gráficas ofrecen una mayor eficiencia en la estimación de la dispersión que la gráfica de rango y es más flexible para aplicaciones implicando tamaños de subgrupos mayores y desiguales, esto de acuerdo a:

1. Calcular primero con la ecuación 9, la desviación estándar s de cada una de las muestras:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - x_p)^2}{m-1}} \quad (9)$$

Donde x_i es cada elemento de la muestra, x_p es la media aritmética de cada muestra, m son los elementos que conforman una muestra.

2. Posteriormente se obtiene la desviación estándar promedio s_p de la totalidad de las muestras, ecuación 10.

$$s_p = \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{n} \quad (10)$$

Donde s_i es la desviación estándar obtenida en cada una de las muestras, n es el número de muestras que se están analizando.

3. Los Límites de Control están dados por las ecuaciones 11, 12 y 13:

$$LCS = B_4(s_p) \quad (11)$$

$$LC = s_p \quad (12)$$

$$LCI = B_3(s_p) \quad (13)$$

Donde LCS, LC, LCI son los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, s_p es la desviación estándar promedio obtenida en (10) y B_4, B_3 son constantes que se obtienen de acuerdo al número de elementos que contienen las muestras que se están analizando (Ver apéndice A).

2.4.2.1.4 Gráficas de control de medianas (\tilde{X})

Estas gráficas se utilizan en grupos racionales pequeños, por lo que se considera que la eficiencia de la mediana para estimar la media verdadera disminuye con el incremento del tamaño de la muestra, de acuerdo a:

1. Obtenemos la mediana promedio xm_p de acuerdo a la ecuación 14, para la totalidad de muestras:

$$xm_p = \sum_{i=1}^n xm_i / n \quad (14)$$

Donde xm_i es la mediana obtenida en cada una de las muestras, y n es el número de muestras que se están analizando.

2. Los Límites de Control están dados por las ecuaciones 15, 16 y 17:

$$LCS = xm_p + [A_6(R)] \quad (15)$$

$$LC = xm_p \quad (16)$$

$$LCI = xm_p - [A_6(R)] \quad (17)$$

Donde LCS, LC, LCI son los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, xm_p es la mediana promedio obtenida en (14) y A_6 es una constante que se obtiene de acuerdo al número de elementos que contienen las muestras que se están analizando (Ver apéndice A).

2.4.2.2 Gráficas de control por Atributos

Estas se emplean para demostrar el comportamiento básico de la variación de los Atributos en muestras tomadas de un proceso que tiene un nivel estable del porcentaje de ciertas características [5]. Aquí se contemplan gráficas de tipo p, np, c, u las cuales se utilizan para analizar defectos en la producción.

2.4.2.2.1 Gráficas p .

Este tipo de gráficas, muestran la fracción de artículos defectuosos o que no cumplen con las especificaciones y para realizar un estudio de un proceso se debe primero determinar [3]:

1. La proporción de defectuosas por cada una de las muestras y así obtener la media aritmética de la proporción de los defectuosos de todas las muestras, de acuerdo a la ecuación 18.

$$p_p = \sum_{i=1}^k p_i / n_i \quad (18)$$

Donde p_i representa la cantidad de defectos por muestra, n representa el tamaño de lote o tamaño de la muestra, k es la cantidad de muestras que se

están analizando y p_p representa la media aritmética de la proporción de los defectos.

2. Los Límites de Control están dados por las ecuaciones 19, 20 y 21.

$$LCS = p_p + \left[3\sqrt{\frac{p_p(1-p_p)}{n}} \right] \quad (19)$$

$$LC = p_p \quad (20)$$

$$LCI = p_p - \left[3\sqrt{\frac{p_p(1-p_p)}{n}} \right] \quad (21)$$

Donde LCS, LC, LCI son los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, p_p es la media aritmética obtenida en (18) y n representa el tamaño de lote o tamaño de la muestra.

2.4.2.2 Gráficas np

Estas gráficas muestran los artículos defectuosos o que no cumplen con las especificaciones en una muestra y para realizar el estudio de un proceso se debe primero:

1. Utilizar la proporción de defectuosos por cada una de las muestras obtenida en la ecuación (18).
2. Los Límites de Control están dados por las ecuaciones 22, 23 y 24.

$$LCS = np_p + \left[3\sqrt{np_p(1-p_p)} \right] \quad (22)$$

$$LC = np_p \quad (23)$$

$$LCI = np_p - \left[3\sqrt{np_p(1-p_p)} \right] \quad (24)$$

Donde LCS, LC, LCI son los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, p_p es la media aritmética de la proporción de defectos obtenida en (18) y n representa el tamaño de lote o tamaño de la muestra.

2.4.2.2.3 Gráfica c

Este tipo de gráficas son las que muestran la cantidad de defectos en una unidad de inspección y para realizar un estudio de un proceso se debe primero:

1. Obtener la media aritmética de defectos de las unidades de inspección, de acuerdo a la ecuación 25.

$$c_p = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k} \quad (25)$$

Donde x_i representa la cantidad de defectos por unidad de inspección, k es la cantidad de unidades de inspección que se están analizando y c_p representa la media aritmética de los defectos en todas las unidades de inspección.

2. Los Límites de Control están dados por las ecuaciones 26, 27 y 28.

$$LCS = c_p + [3\sqrt{c_p}] \quad (26)$$

$$LC = c_p \quad (27)$$

$$LCI = c_p - [3\sqrt{c_p}] \quad (28)$$

Donde LCS, LC, LCI son los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, c_p es la media aritmética de los defectos en las unidades de inspección obtenida en (25).

2.4.2.2.4 Gráfica u

Las gráficas u son las que muestran el promedio de la proporción de defectos en una unidad de producción y para realizar un estudio de un proceso se debe primero:

1. Obtener la media aritmética de la proporción de defectos de las unidades de producción, como se muestra en la ecuación 29.

$$u_p = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{kn} \quad (29)$$

Donde x_i representa la cantidad de defectos por unidad de producción, k es la cantidad de unidades de producción que se están analizando, n es la

unidad que conforma la unidad de producción y u_p representa la media aritmética de los defectos en todas las unidades de inspección.

2. Los Límites de Control están dados por las ecuaciones 30, 31 y 32.

$$LCS = u_p + \left[3\sqrt{\frac{u_p}{n}} \right] \quad (30)$$

$$LC = u_p \quad (31)$$

$$LCI = u_p - \left[3\sqrt{\frac{u_p}{n}} \right] \quad (32)$$

Donde LCS, LC, LCI son los Límites Superior, Central e Inferior respectivamente, u_p es la media aritmética de los defectos en las unidades de inspección obtenida en (29) y n son las unidades que conforman la unidad de producción.

2.4.2.3 Patrones generales para las gráficas de control

Estos patrones generales se han introducido con la finalidad de que se puedan comprender mejor las gráficas de control por Variables y Atributos. Siendo llamados también patrones naturales.

Cuando se tiene un proceso bajo control estadístico o constancia de variación [13], producirá de manera clara un patrón natural, tal como se muestra en la Figura 2.2, lo que proporcionará como resultado que un proceso tenga las siguientes características:

1. La mayoría de los puntos están cerca del Límite Central.
2. Algunos puntos están cerca de los Límites de Control Superior e Inferior.
3. Solo un punto ocasional cae fuera de los Límites de control.
4. Los puntos se distribuyen aleatoriamente sin agrupamientos, tendencias u otra salida de una distribución aleatoria de los puntos.

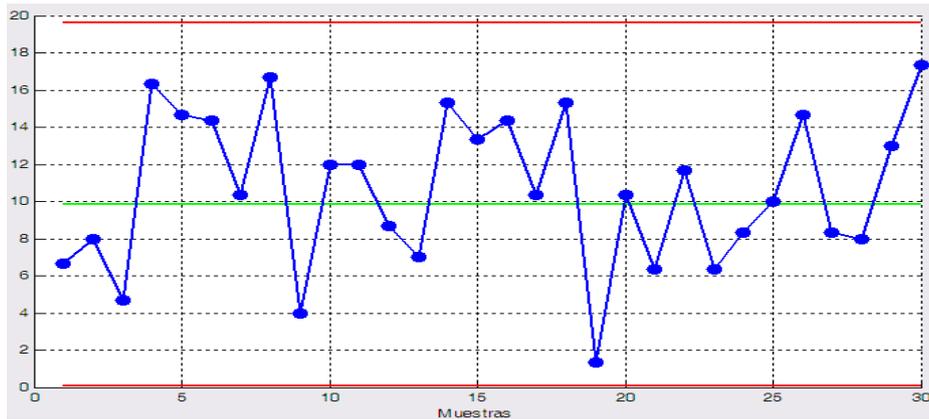


Figura 2.2 Patrones naturales de una gráfica de control

2.4.3 El CEP y los índices de capacidad

Dentro del control estadístico existen una infinidad de parámetros que ayudan a controlar los procesos, solo por mencionar algunos se tienen C_p , C_{p_k} , porcentaje de defectuosos, número de sigmas estándar para que los Límites Naturales coincidan con los Límites de Especificaciones y la cantidad de sigmas que el proceso está separando del proceso de la media nominal, los cuales indican la situación actual del proceso hablando de manera estadística. Para entender mejor cada concepto se desarrollará un análisis de sus ecuaciones.

2.4.3.1 Capacidad potencial y coeficiente de capacidad real

Para determinar la capacidad potencial del proceso C_p , el coeficiente de capacidad del proceso real C_{p_k} [14] y saber cuándo se utiliza cada uno, será necesario contemplar la ecuación 33.

$$\text{Si } \mu_R = \chi_n \quad (33)$$

Utilizar:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (34)$$

En caso contrario, utilizar:

$$C_{p_k} = \min \left[\frac{LSE - \mu_R}{3\sigma}, \frac{\mu_R - LIE}{3\sigma} \right] \quad (35)$$

Donde: μ_R = media real.

χ_n = media nominal.

LSE = Límite Superior de Especificaciones.

LIE = Límite Inferior de Especificaciones.

2.4.3.2 Porcentaje de Defectuosos

El porcentaje de artículos defectuosos [15] está dado por la ecuación 36.

$$\%Defectuosos_{Total} = \%Defectuosos_{izquierda} + \%Defectuosos_{derecha}$$

(36)

Donde:

$$\%Defectuosos_{izquierda} = [1 - P_x] * 100 \quad (37)$$

$$\%Defectuosos_{derecha} = [1 - P_y] * 100 \quad (38)$$

Los valores de P_x, P_y son las probabilidades de que los productos cumplan con las especificaciones, dichos valores están en un rango de 0 y 1, dados por las ecuaciones 39 y 40.

$$P_x = Z_{sup} \text{ buscado en tablas.} \quad (39)$$

$$P_y = Z_{inf} \text{ buscado en tablas.} \quad (40)$$

Para encontrar el valor de Z_{inf}, Z_{sup} , solamente se debe recurrir a tablas de distribución normal y localizar dicho valor. Ahora para determinar este valor, se sustituyen los Límites de Especificaciones (LSE, LIE) y la media real (μ_R) en las ecuaciones 41 y 42, quedando de la siguiente manera.

$$Z_{sup} = \frac{LSE - \mu_R}{\sigma} \quad (41)$$

$$Z_{\text{inf}} = \frac{\mu_R - LIE}{\sigma} \quad (42)$$

Una vez obtenidos estos valores, se sustituyen en las ecuaciones 39 y 40, luego el valor de esta se sustituye en la ecuación 37 y 38, para finalmente llegar a la ecuación 36.

2.4.3.3 Número de σ estándar para que los Límites Naturales coincidan con los Límites de Especificaciones

La expresión que determina este parámetro esta dado por la ecuación 43.

$$\sigma_{\text{estandar}} = \min \left[\frac{LSE - \mu_R}{3}, \frac{\mu_R - LIE}{3} \right] \quad (43)$$

2.4.3.4 Número σ que está separado el proceso que se está trabajando con respecto a la media nominal (χ_n)

Este parámetro indica la desviación que tiene un proceso con respecto a la media nominal [10] y esta dado por la ecuación 44.

$$\# \sigma_{\text{desviados}} = \frac{|\mu_R - \chi_n|}{3} \quad (44)$$

Dado que solo se obtiene un valor absoluto, lo cual no indica si dicha desviación es hacia la derecha o izquierda, por lo que para determinar hacia donde está la desviación es necesario contemplar la condición 45.

$$\text{Si } \mu_R > \chi_n \quad (46)$$

Lo anterior indica que la desviación es hacia la derecha, por lo que si ocurre el caso contrario, la desviación es hacia la izquierda.

2.4.4 OTRAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD DEL CEP

Aquí se incluyen las demás herramientas del control del CEP [6,8,9], entre las que se destacan la hoja de chequeo rápido (check list), diagrama causa-efecto, diagrama de dispersión, gráfica de corridas, histogramas, gráficas de barra, diagrama de Pareto.

2.4.4.1 Hoja de chequeo rápido (check list)

Es una herramienta que se utiliza para recolectar datos de manera fácil y eficiente. Como las características de los datos son diferentes, la hoja de chequeo es diferente para cada situación y está diseñada específicamente considerando necesidades particulares [6], tal como se observa en la tabla 1.

Tabla 2.2 Densidad del Defecto

Nombre del Proyecto				
Fecha	Componentes del Software	Golpeo	Número de Defectos	Densidad del Defecto

2.4.4.2 Diagrama causa- efecto

Los diagramas causa-efecto son las herramientas útiles para visualizar, categorizar y alinear las posibles causas potenciales de un problema o situación. Son también llamados diagramas de espina o de pescado, esto es debido a su forma y normalmente se elabora como resultado de una discusión o una sesión de tormenta de ideas de un grupo de personas [6], lo anterior se muestra con claridad en la Figura 2.3

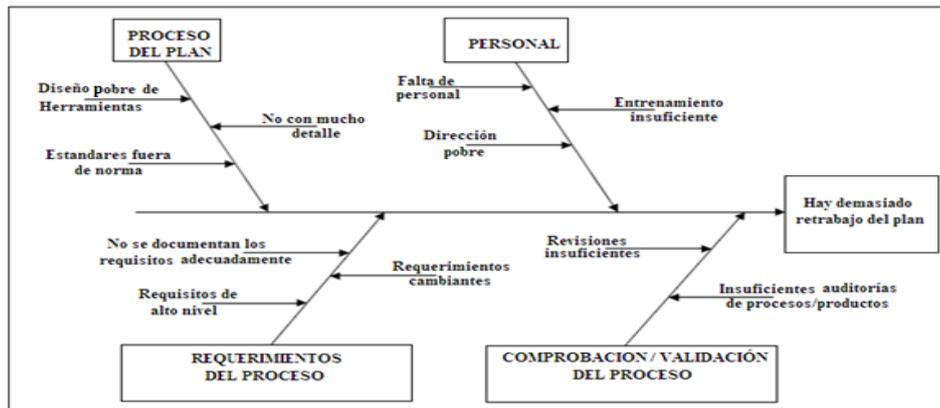


Figura 2.3 Diagrama Causa-Efecto

2.4.4.3 Diagrama de Dispersión

Para dibujar un diagrama de dispersión, se utilizan datos que son reunidos en pares (x_i, y_i) , por lo que para cada x_i se traza su y_i correspondiente. Esta es una manera útil para identificar una relación potencial entre dos características del proceso [10], lo cual es representado en la Figura 2.4

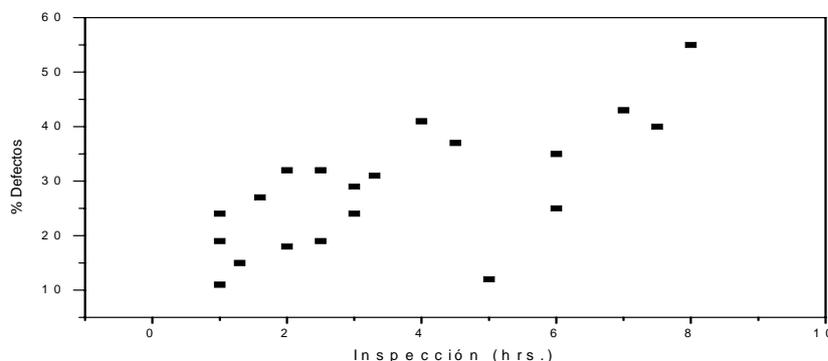


Figura 2.4 Diagrama por dispersión

2.4.4.4 Gráfica de corrida

Son gráficas especializadas en formas de tiempo-secuencia de los diagramas de dispersión y que pueden ser usados para examinar datos rápida e informalmente, para determinar si existen tendencias o patrones que ocurren en el tiempo. Observan la actuación de uno o más procesos dinámicamente a través del tiempo. Se parecen a las gráficas de control, pero sin los Límites de Control. Son útiles para visualizar la actuación del proceso después de un cambio [6], tal como se observa en la Figura 2.5

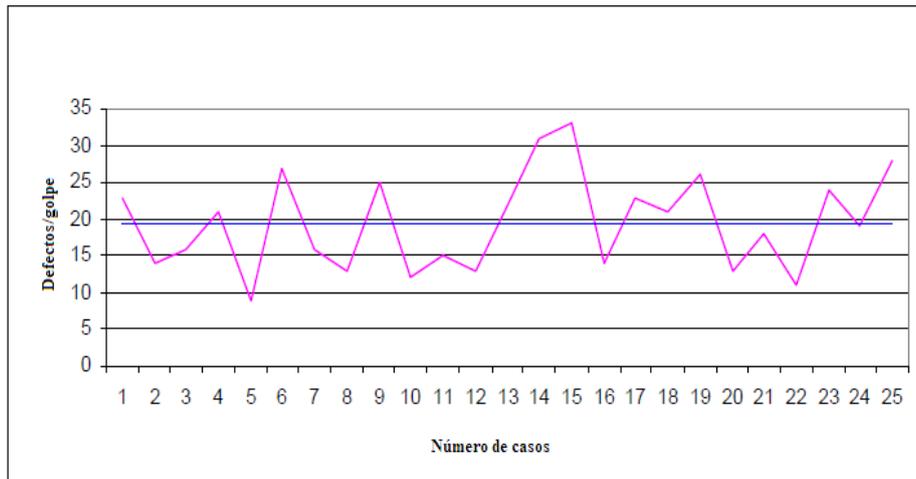


Figura 2.5 Gráfica de corrida.

2.4.4.5 Histograma

Los histogramas muestran la distribución de frecuencia de datos en una muestra, como se observa en la Figura 2.6. El primer paso para realizar un histograma, es categorizar los datos en clases con los rangos previamente definidos. Para muestras con un gran número de elementos, usualmente se requieren un gran número de clases y para el caso contrario las muestras con menor cantidad de datos requieren menos clases. Como regla [10] el número de clases debe estar entre 5 y 15.

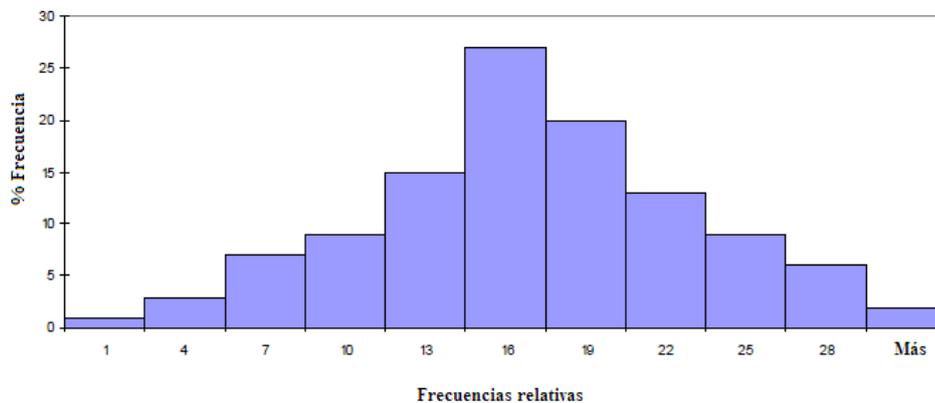


Figura 2.6 Histograma

2.4.4.6 Gráfica de barras

Las gráficas de barra son semejantes a los histogramas, con la diferencia de que no sólo se usan para mostrar las frecuencias de ocurrencia, sino que también se utilizan para mostrar algún valor numérico del atributo [10]. Lo anterior es observado en la Figura 2.7.

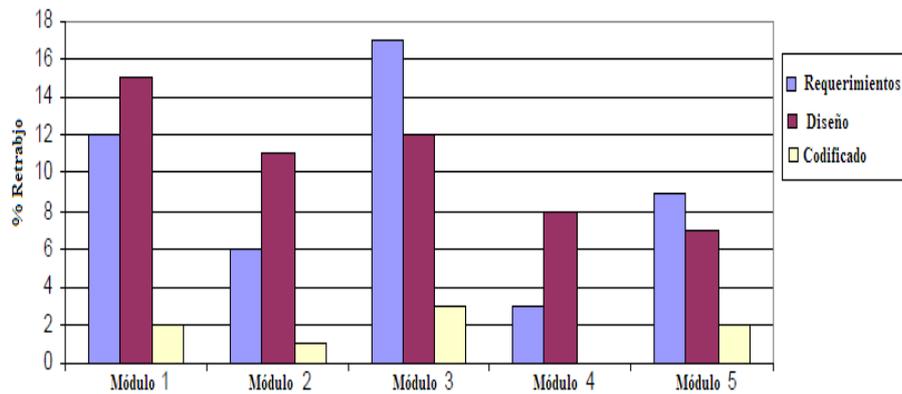


Figura 2.7 Gráfica de barras

2.4.4.7 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es otra forma de gráfica de barras. Sin embargo, las ocurrencias son ordenadas respecto a su frecuencia. Este diagrama es una buena medida para visualizar el ranking de un atributo entre diferentes categorías [18], tal como se observa en la Figura 2.8.

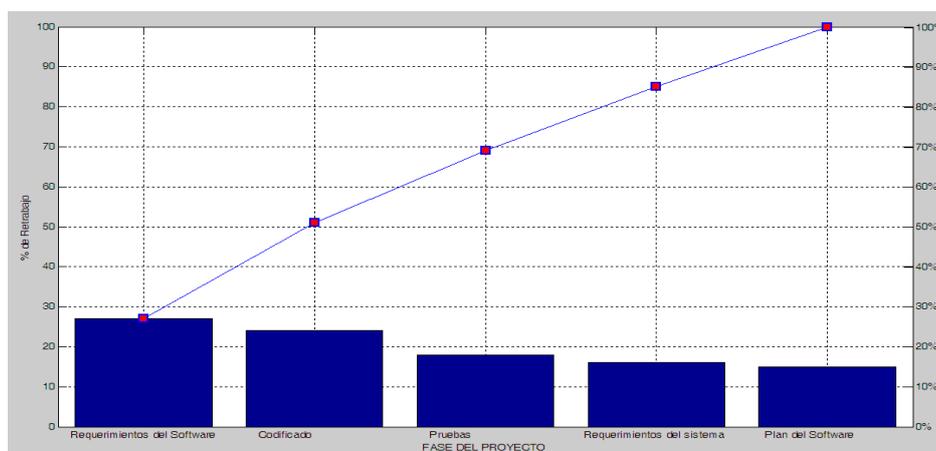


Figura 2.8 Diagrama de Pareto

2.5 EL CEP EN LA ACTUALIDAD

Con el paso de los años el CEP no solo se aplicó a las cuestiones de calidad y manufactura, sino que además se implementó en el área de desarrollo de nuevos productos; esto es, mostrar como el control estadístico ha influenciado la investigación del programa, por lo que el objetivo de implementar el control estadístico al desarrollo de productos es mejorar los productos con una reducción de la variabilidad en las partes de manufactura [16].

Otra de las áreas en la que el CEP, ha tenido una gran aplicación es en la salud, ingeniería, medio ambiente y el sector de servicios [17,18,19,20], con lo que se comprueba que este control no es exclusivo de las empresas manufactureras, aunque para el desarrollo de este trabajo se aplica solamente al sector manufacturero.

Actualmente el control estadístico de procesos se ha desarrollado de tal manera que un área mas compleja se denomina Control Estadístico de Procesos Multivariable (CEPM) [21], en donde se analizan al mismo tiempo las repercusiones que tienen un conjunto de variables en un proceso, sin olvidar que los conceptos que se utilizan en el CEP como media, desviación, etc. Son los mismos, la única diferencia es que las ecuaciones para determinar dichos conceptos son diferentes.

Dado que el CEP se relaciona con el Análisis de Varianza [22], algunos autores han llegado a comparar la utilización de ambas metodologías con el mismo fin, llegando a afirmar que por ejemplo la hipótesis nula en el ANOVA equivale a un proceso estable en el CEP.

2.6 EL CEP Y LAS INTERFACES

Actualmente existen softwares especializados para el manejo de datos estadísticos, los avances que se han logrado en este ramo son impresionantes, al grado de que la competencia entre las empresas que desarrollan softwares es cada vez más reñida, cabe aclarar que algunos de estos softwares son

específicamente estadísticos y abordan temas relacionados con análisis de varianza, el CEP en donde están incluidas las herramientas de calidad y algunos otros temas relacionados con la estadística, como es el caso del software Minitab y el WinQSB, por mencionar algunos de ellos. Algunos otros son más generales en cuanto a campos de aplicación se refiere, dado que se utilizan para resolver problema de ingeniería, ecuaciones, cálculos numéricos, pero con la virtud que dentro de todas estas aplicaciones permiten el desarrollo de interfaces, con la ventaja que se desarrolla de acuerdo a las necesidades y características que cada persona u organización desee. Por mencionar algún software, está el Matlab. Existe también otro que es propiedad de Microsoft y que es netamente estadístico, dicho software es Microsoft Excel el cual tiene la virtud de que se pueden desarrollar interfaces para el manejo de datos, con la única variante de que para desarrollar la interface, utiliza otro programa de la misma empresa, llamado Microsoft Visual Basic.

El software Minitab, es considerado el más completo para el manejo de datos estadísticos, con la desventaja que muchas veces el usuario se pierde en el uso de sus funciones, debido a que es demasiado extenso y contiene muchas funciones que la mayoría de organizaciones están lejos de aplicar. Aparte de todas sus características estadísticas para el manejo del CEP, contiene una sección para el manejo de datos no normalizados, los cuales son transformados a datos normalizados y con ello incrementar la productividad del proceso, esta es una variante relativamente nueva y la cual ha sido la base para la publicación de una gran cantidad de artículos [14].

Dado que el campo para desarrollar una interfaz es relativamente nuevo puesto que este concepto va de la mano con la automatización, se dice que en nuestro país son realmente pocas las empresas que cuentan con sistemas de producción altamente automatizados. Por otro lado, se han realizado algunos avances en la cuestión de interfaces en tiempo real, algunas empresas han invertido en este campo, al grado de llevar el CEP en tiempo real [15], pues saben que a la larga le retribuirá con mayores ganancias [23], en la mayoría de veces esta inversión es muy alta por lo que las empresas no siempre están en la posibilidad de realizar este tipo de inversiones.

Existen también algunos avances en el desarrollo de interfaces que no llevan el CEP en tiempo real, lo cual es más barato y que al final de todo les ha beneficiado en una disminución de defectos en la producción [24]. La empresa NIC (National Instrumentals Corporation por sus siglas en ingles) [25], que desarrolla el software Labview, lanzó en 1994 su propio manual para desarrollar interfaces aplicando las gráficas de control, esta versión es más flexible que Matlab, pues no utiliza código, solo botones y conexiones entre dichos botones para hacer la interfaz, considerando como una limitante que no se tiene facilidad para manejar los datos para graficar.

En Abril del 2001 la empresa SAP [26], que desarrolla el software Release lanzó al mercado su versión 4.6C para desarrollar interfaces aplicadas el CEP, en esta versión solo se consideran las gráficas X-R y sus Límites de Control.

En 2008, la empresa Matworks [27], coloca en el mercado su software Matlab versión 7.6, la cual contiene un apartado denominado GUIDE que se utiliza para el desarrollo de interfaces, en la cual se desarrollan ventanas para aplicar el CEP de acuerdo a los requerimientos de una empresa, además fue el software que se utilizó para desarrollar la interfaz, lo que motivo el desarrollo de este trabajo.

En Marzo del 2010, Laosiritaworn W. y Bunjongjit T. [28], publicaron un trabajo en el cual implementaban el CEP a un software con la finalidad de obtener una interfaz para que les ayudara al manejo de un proceso, dicha interfaz aplica las gráficas de control por Variables y la capacidad de proceso, excluyendo las gráficas de control por Atributos.

En septiembre del 2010, Valencia P. y colaboradores [29], publicaron un artículo en el congreso internacional de Chiapas, en el cual se desarrolló una interfaz para el CEP abarcando índices de capacidad y las gráficas de control por Variables y Atributos.

En este ámbito, se han desarrollado interfaces para ayudar a las empresas manufactureras a controlar la producción a través del CEP, creando una serie de ventanas, las cuales contienen botones, espacios para gráficas para así obtener mejores resultados en los procesos.

2.6.1 Softwares Minitab, Excel, WinQSB y Matlab.

Con la finalidad de identificar los alcances y limitaciones de algunos softwares que existen en el mercado, se realizará un listado de alcances y limitaciones de los softwares Excel, Minitab y WinQSB

El software Minitab

Este software muestra los puntos de la siguiente manera como se observa en la Figura 2.9

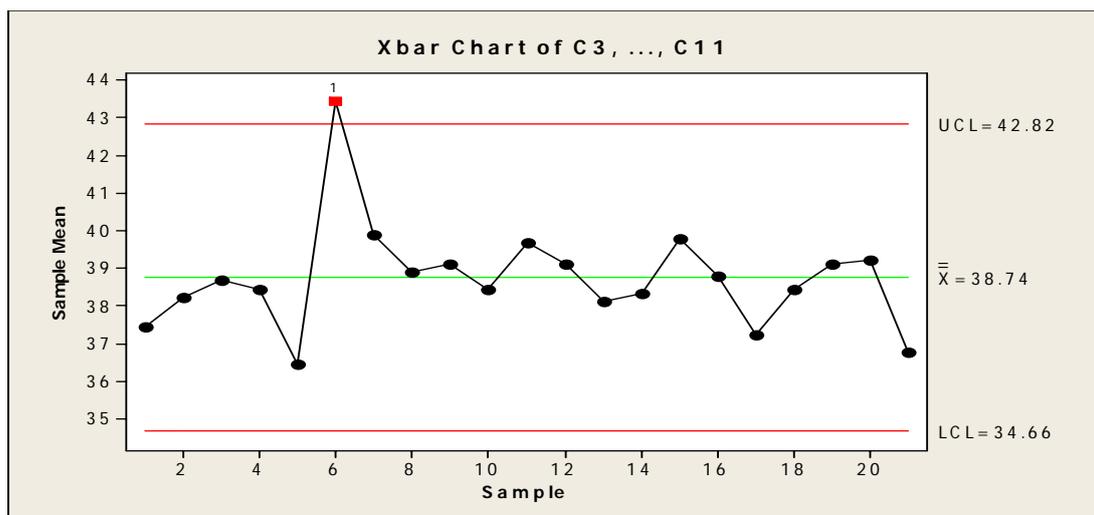


Figura 2.9 Gráfica de control con Minitab

Del software se pueden enlistar los siguientes alcances:

- Muestra de otro color las muestras que excedan los Límites de control.
- Ajusta de manera automática el rango en el eje Y, que mostrará en la gráfica.
- Muestra la magnitud los Límites de control sobre la gráfica.

Sus limitaciones son las siguientes:

- Calcula los Límites de control a partir de los datos de las muestras y no a partir de datos históricos.
- No identifica patrones de inestabilidad.
- No se pueden ver dos o más gráficas a la vez.
- No se pueden desarrollar interfaces.

El software Excel

Este software, muestra algunas variantes en cuanto a colores, mostrando gráficas de la siguiente manera:

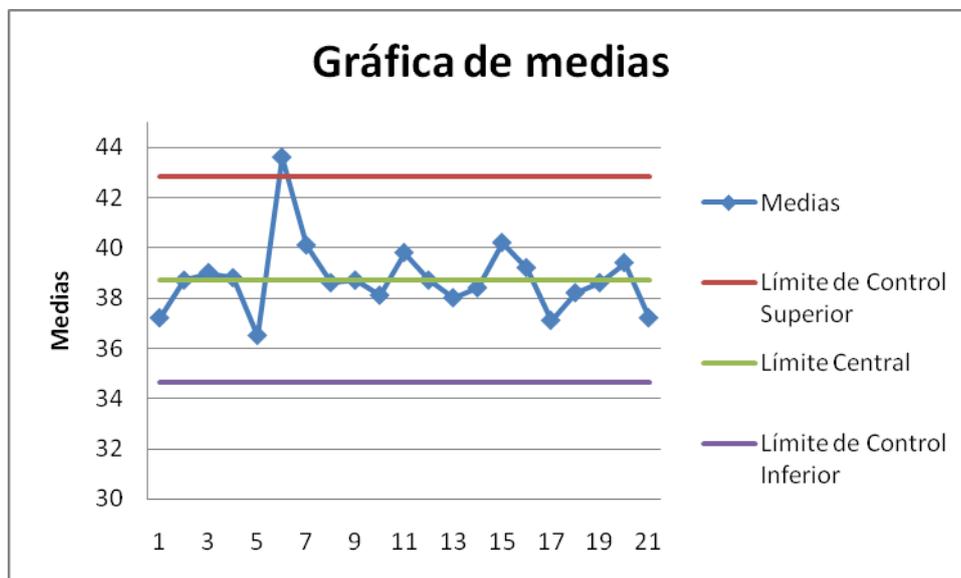


Figura 2.10 Gráfica de control con Excel

Del software se pueden enlistar los siguientes alcances:

- Flexibilidad en la hoja de cálculo para el manejo de datos.
- Permite graficar datos sin ingresar ninguna sintaxis.
- Permite editar los nombres de cada Línea que muestra la gráfica.
- Variedad de formas y colores para representar los puntos.

Sus limitaciones son las siguientes:

- No identifica de otro color las muestras que excedan los Límites de control.
- No identifica patrones de inestabilidad.

- No se pueden ver dos o más gráficas a la vez.
- No ajusta de manera automática el rango en el eje Y, que mostrará en la gráfica.

El software WinQsv

Este software muestra graficas como se observa en la Figura 2.11.

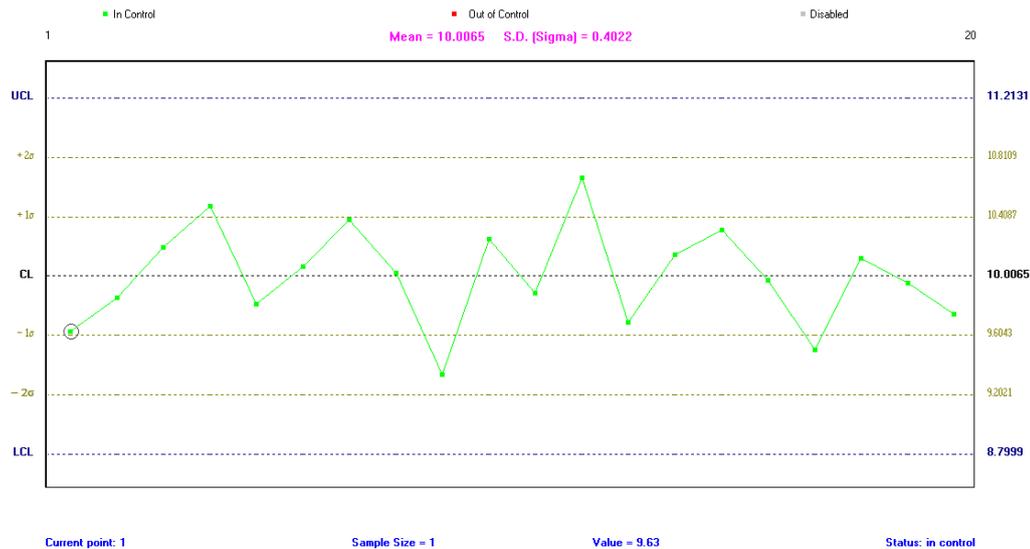


Figura 2.11 Gráfica de control con WinQSV

Del software se pueden enlistar los siguientes alcances:

- Muestra la magnitud de los valores de la media, desviación estándar y de los Límites de Control.
- Permite graficar datos sin ingresar ninguna sintaxis.
- Muestra en el eje Y, la distribución de los datos respecto a los sigmas.
- Puedes ver la magnitud de cada punto dando doble clic sobre él.

Sus limitaciones son las siguientes:

- No identifica de otro color las muestras que excedan los Límites de control.
- No identifica patrones de inestabilidad.
- No se pueden ver dos o más gráficas a la vez.

- En caso de tener un error a la hora de escoger las opciones, cierra el programa automáticamente.
- No se pueden desarrollar interfaces.

El software Matlab

Este software muestra graficas como se observa en la Figura 2.12

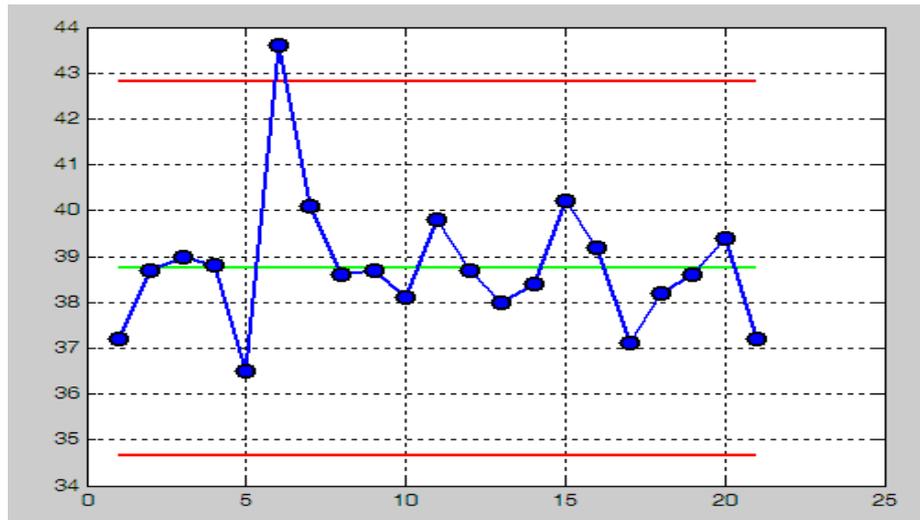


Figura 2.12 Gráfica de control Matlab.

Del software se pueden enlistar los siguientes alcances:

- Se permiten programar funciones para que identifiquen los patrones de inestabilidad.
- Se manejan los datos en vectores y matrices, para los análisis.
- Se pueden realizar enlaces con Microsoft Excel y Microsoft Word para el manejo de datos e información respectivamente.
- Se pueden realizar interfaces.
- Ajusta los rangos en los ejes de manera automática.

Sus limitaciones son las siguientes:

- Se deben especificar el número de líneas y productos antes de desarrollar la interfaz para así programar todas las funciones.
- No identifica los patrones de inestabilidad, ni los Límites de control si no se programan las funciones.

- Se deben especificar mediante sintaxis, las propiedades de cada línea en las gráficas.

Una vez que ya se conocen los alcances y limitaciones de cada uno de los softwares, se escogerá uno de aquellos en los que se puedan desarrollar interfaces, dado que esto es parte del objetivo de la tesis. Los softwares que cumplen con esta característica son Microsoft Excel y Matlab. Ahora, el software Microsoft Excel no se utilizará debido a que a medida que se incrementan la cantidad de datos, este se va haciendo cada vez más lento, lo que a la larga provoca que se tengan errores de cálculo, también porque para programar las funciones que identifiquen los patrones no cuenta con la misma flexibilidad que Matlab, aunado a lo anterior, el software Excel no ajusta de manera automática las gráficas para su visualización, lo que provoca una mala apreciación de los datos.

Una desventaja del software Matlab es que tiene su propio lenguaje de programación, que lo hace laborioso en un principio, pero pese a todo, comparte muchas características del lenguaje C, lo que facilita su aprendizaje. A pesar de que el software Matlab tiene algunas desventajas frente al Excel en lo que respecta a la facilidad de manejo del software y facilidad para graficar, se considera que es el más óptimo por dos razones:

- La primera porque se tiene un control de cada uno de los datos, debido a que los datos son colocados en vectores o matrices y su manejo es mediante posiciones en el eje de las ordenadas y en el eje de las abscisas, lo que permite realizar un análisis de los datos.
- La segunda porque tiene una herramienta llamada GUIDE la cual permite tener una programación orientada a objetos, lo cual al conjuntarlo con el análisis de los datos genera una herramienta poderosa para elaborar interfaces sencillas y fáciles de aplicar.

Para determinar los patrones de inestabilidad más comunes del comportamiento de los datos, se debe primero saber cuántos son y la forma de los patrones usuales de inestabilidad [13] que sigue una carta de control.

2.7 DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE INESTABILIDAD MÁS COMUNES EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS DATOS.

Para la determinación de los patrones de inestabilidad más comunes que se presentan en el comportamiento de los datos, se requiere hacer un análisis de los datos. Para ello, no importa si se trata de una carta de control por Variables o Atributos ya que en el análisis se contemplan si existen tendencias y puntos fuera de control. De lo anterior cabe resaltar que existe un caso especial para las gráficas de control por Atributos y este se muestra cuando algún punto cae fuera del Límite de Control Inferior, por lo que si se presenta este caso, no es para preocuparse dado que estos son defectos, por lo que le conviene al usuario que esta situación realmente suceda. De tal manera que se ha preparado el análisis como a continuación se detalla.

2.7.1 Gráficas de control por Variables

Para este tipo de gráficas, no importa el tipo que se vaya a manejar, ya sean gráficas de medias, rangos, desviaciones estándar y medianas. Los casos se aplican para todas las gráficas por igual, por lo que al realizar la descripción de cada uno de los casos se debe contemplar si existe alguna tendencia en la gráfica que se esté analizando, tal como a continuación se indica al momento en que ocurre alguna de estas tendencias.

2.7.1.1 Gráfica de control de medias, rangos, desviaciones estándar y medianas

Al realizar una descripción del comportamiento de los datos se deberán contemplar los siguientes casos:

1. **Las muestras están fuera del Límite de Control Superior.** Esto se presenta cuando una o más muestras exceden el Límite Superior de Control, resaltando que actualmente los softwares en el mercado contemplan esta opción. Por otro lado, algunos autores [13], proponen que para cuando se presenta este caso, solamente se ajuste la máquina como medida de solución. En la Figura 2.13, se muestra un ejemplo de este concepto para mejor entendimiento.

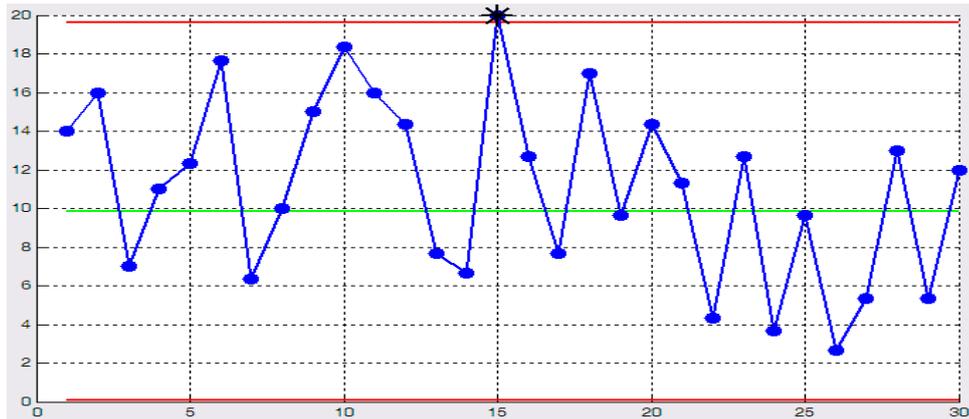


Figura 2.13 Muestras están fuera del Límite de Control Superior

2. **Las muestras están fuera del Límite de Control Inferior.** Para este caso, se identifican las muestras que están fuera del Límite de Control Inferior, que de igual forma que el anterior, los softwares que existen en la actualidad contemplan este caso. Además, se propone que como medida de solución rápida se ajuste la máquina. Para tener una mejor referencia, véase la Figura 2.14

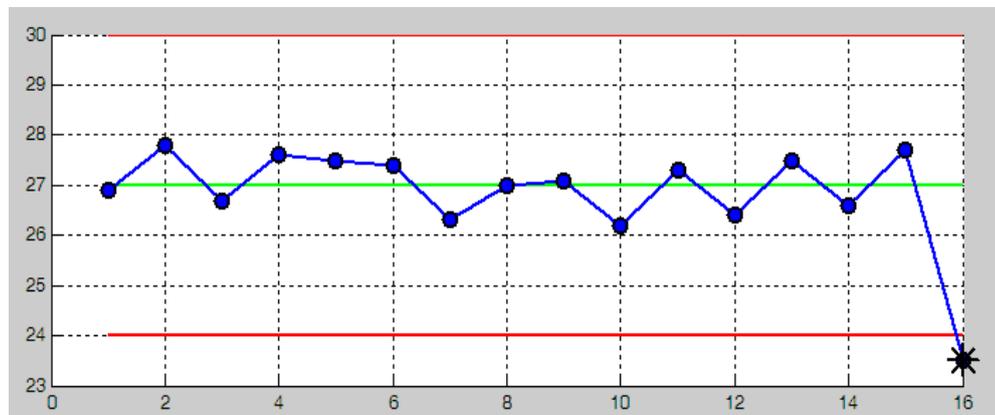


Figura 2.14 Muestras fuera del Límite de Control Inferior

3. **Cuando siete o más puntos están abajo o arriba del Límite Central.** Estos casos se presentan cuando siete puntos o más estén de manera continua, todos por encima o debajo del Límite Central. Para ello, se propone que además de marcarse con otro color, se ajuste la máquina. Para los puntos que están debajo del Límite Central se presentan en la Figura 2.15 y cuando los puntos están por encima se puede ver en la Figura 2.16.

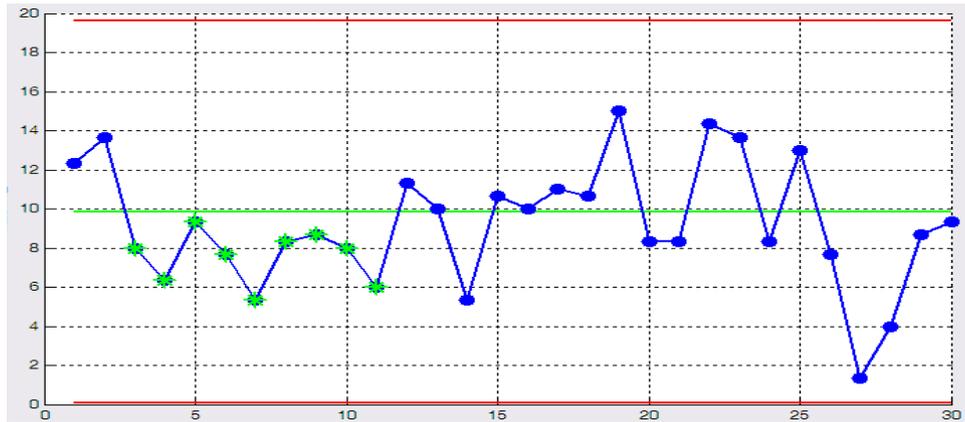


Figura 2.15 Puntos que están por debajo del Límite Central

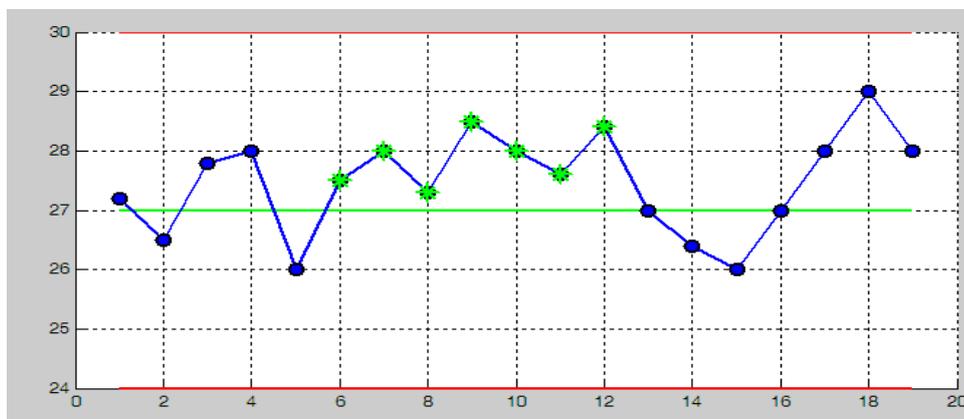


Figura 2.16 Puntos por encima del Límite Central

4. **Patrones inusuales.** Este se presenta cuando los datos tienen una gran inestabilidad seguido de una alta variación, como se puede apreciar en la Figura 2.17. Cuando sucede este tipo de tendencias, algunos autores [32], recomiendan notificar al supervisor.

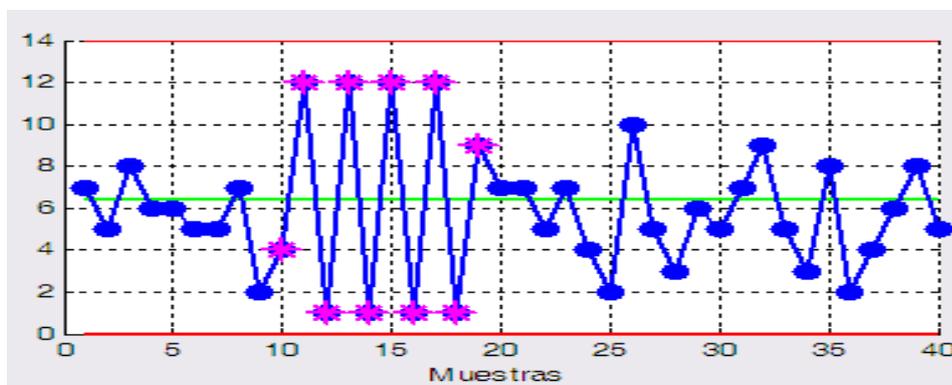


Figura 2.17 Datos con gran inestabilidad seguido de alta variación

5. **Tendencia continua.** Este tipo de situaciones se presenta cuando siete o más puntos van aumentando o disminuyendo de manera continua, por lo que la sugerencia es notificar al supervisor. Para tener una idea más clara de cuando esta tendencia va en aumento se presenta la Figura 2.18 y cuando es una disminución se observa en la Figura 2.19

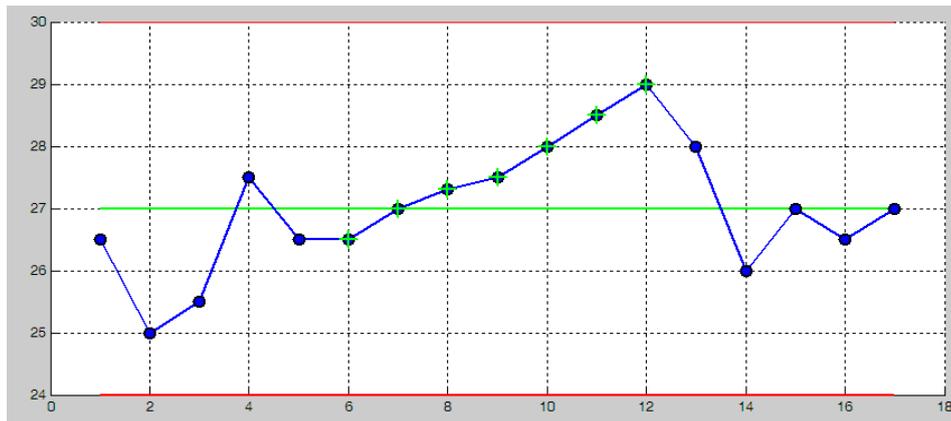


Figura 2.18 Tendencia continua en aumento

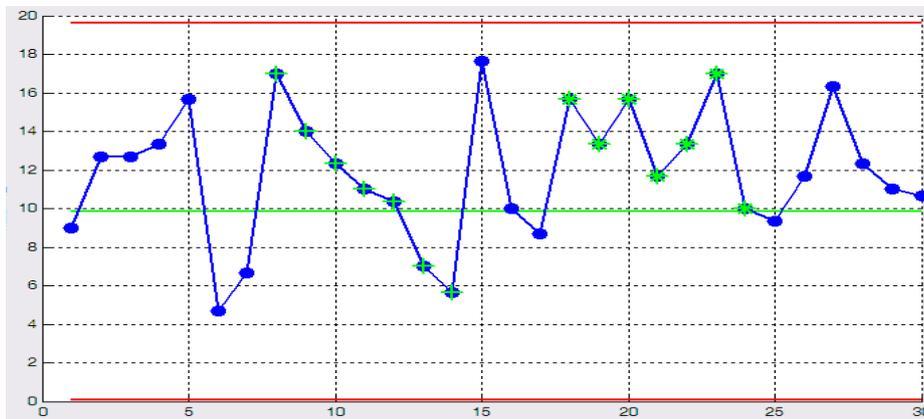


Figura 2.19 Tendencia continua en disminución.

6. **Adhesión a la media.** Este tipo de tendencias, incluyen todos los puntos de la muestra y para que se de esta situación, todos deben caer entre los puntos $1/6$ arriba del Límite Central o $1/6$ abajo del Límite Central, donde este parámetro es la diferencia aritmética entre el Límites Superior e Inferior de control dividido en 6. Una ejemplificación de este caso se observa en la Figura 2.20.

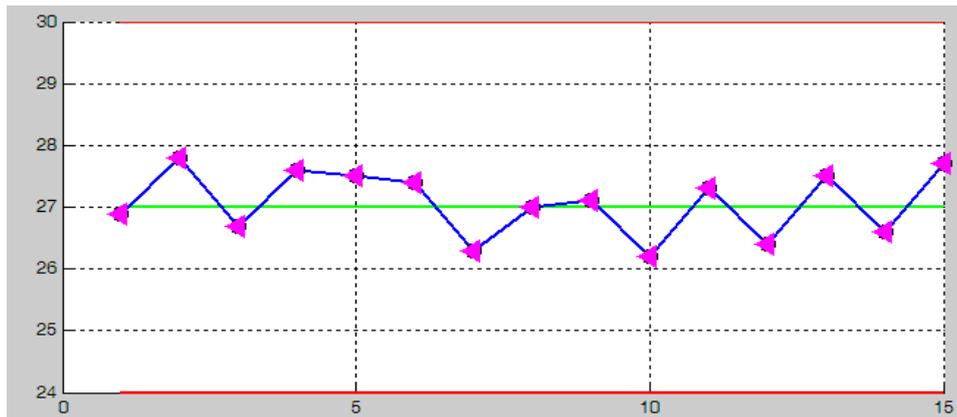


Figura 2.20 Tendencia de adhesión a la media

7. **Comportamiento gradual.** En este caso de igual manera que el anterior, involucra todos los puntos de la muestra, y consiste en que después del primer dato mostrado de la muestra uno, los demás siguen una tendencia en aumento o disminución y este patrón se repite en todas las demás muestras. Para el caso de comportamiento gradual en aumento, se presenta la Figura 2.21, mientras que para el caso del comportamiento gradual de manera opuesta, es decir que los puntos van disminuyendo después de la primera muestra, como se puede observar en la Figura 2.22

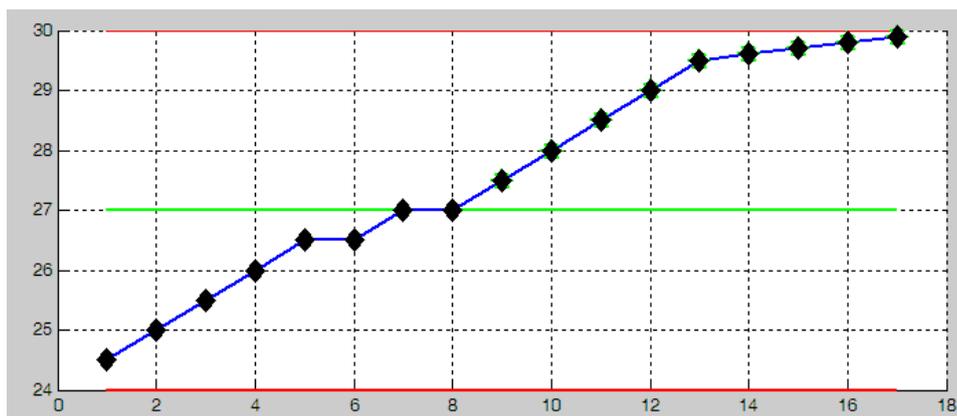


Figura 2.21 Comportamiento gradual en aumento

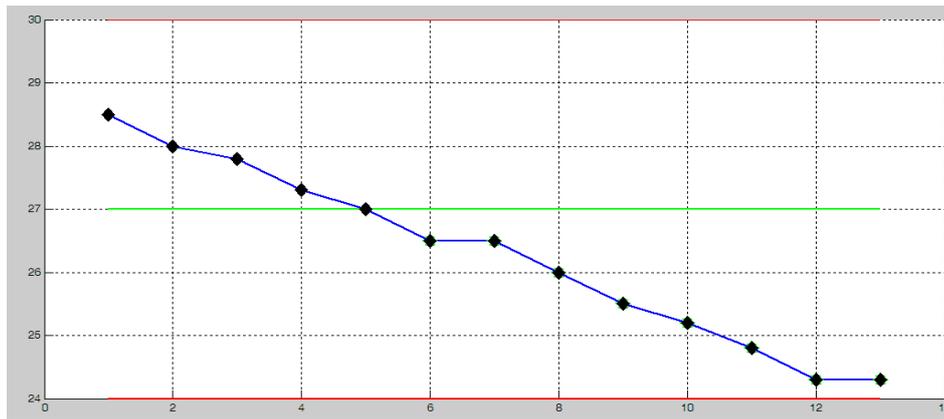


Figura 2.22 Comportamiento gradual en disminución

2.7.2 Gráficas de control por Atributos

En este tipo de catas, realmente no existe una gran diferencia respecto a los casos para las gráficas por Variables, se utilizan los mismos casos y las mismas sugerencias que se mostraron, la única distinción que se debe resaltar es que, en caso que se tengan puntos del Límite de Control Inferior no se debe de alarmar, dado que este caso no es de relativa importancia ya que se está trabajando con defectos, por lo que este tipo de comportamientos en vez de ser malos en la muestra, son puntos que benefician mucho al proceso.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INTERFAZ

Una vez que ya se han determinado sus alcances, limitaciones y cuáles serán los patrones de inestabilidad que se deben de identificar a través de la interfaz a través del software Matlab, requiere se establezca el camino a seguir para su desarrollo, es decir la metodología que será implementada.

3.1 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta interfaz se requiere entre otras cosas, crear una serie de ventanas que son las que finalmente van a conformar el cuerpo total de la interfaz; además, para la adquisición de datos se debe realizar un enlace con una hoja de cálculo .xls, que para este caso se utilizó Microsoft Excel. Dichos archivos serán la base de datos de las muestra de los productos que el usuario ingrese para trabajar con la interfaz.

Por otro lado, también para proporcionar el comportamiento de los datos, se necesita una hoja de texto .doc, en la cual se imprime la descripción del proceso del producto seleccionado, para ello se utiliza Microsoft Word; cabe aclarar que a diferencia de los archivos .xls que es un archivo por producto, el archivo de texto .doc será único y servirá para brindar el comportamiento de los datos del producto seleccionado.

Considerando las disposiciones anteriores, el procedimiento que se usa en este proyecto es la “Metodología de siete pasos para realizar un estudio de simulación con éxito”, que consiste en la formulación, recolección, validación del modelo conceptual, programación, validación del programa, diseño y documentación. Realizado por Dod Modeling & Simulation VV&A [7]. El cual se muestra en la Figura 3.1.

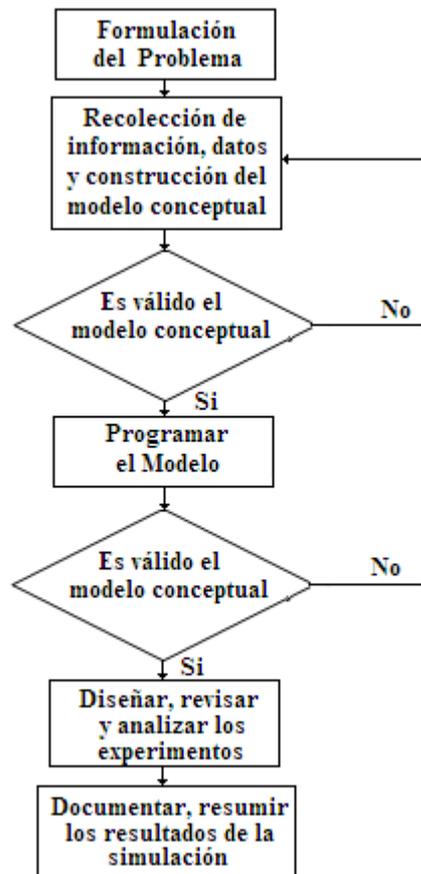


Figura 3.1 Metodología de siete pasos para el desarrollo de estudios de Simulación

Ahora, se procederá a explicar cómo y cuáles serán las tareas que se efectuarán en cada recuadro que se muestra en la Figura 3.1

3.1.1 Formulación del problema

El problema al que se enfrenta, es la ausencia de paquetes estadísticos que identifiquen los patrones comunes de inestabilidad, por lo que el problema a resolver es el objetivo general que fue planteado en la sección 1.3 de esta tesis.

3.1.2 Recolección de información y datos

Los datos e información obtenida, están relacionados con la manera de generar interfaces a través del software Matlab, la manera en que se programan cada uno de los botones, además también se necesitó información para la determinación de los casos más comunes del comportamiento de los datos para así poder programar cada una de las funciones de la interfaz.

El tipo de datos que se van a utilizar en la interfaz son datos de entrada mediante las hojas de Microsoft Excel y datos de salida en la hoja de Microsoft Word, los primeros son de tipo numérico mientras que los segundos son de tipo alfanumérico.

3.1.3 Construcción del modelo conceptual

Para el desarrollo secuencial del proyecto planteado, se propone un diagrama de flujo, tal como se muestra en la Figura 3.2. De tal manera, que se facilite de forma gradual la construcción del algoritmo.

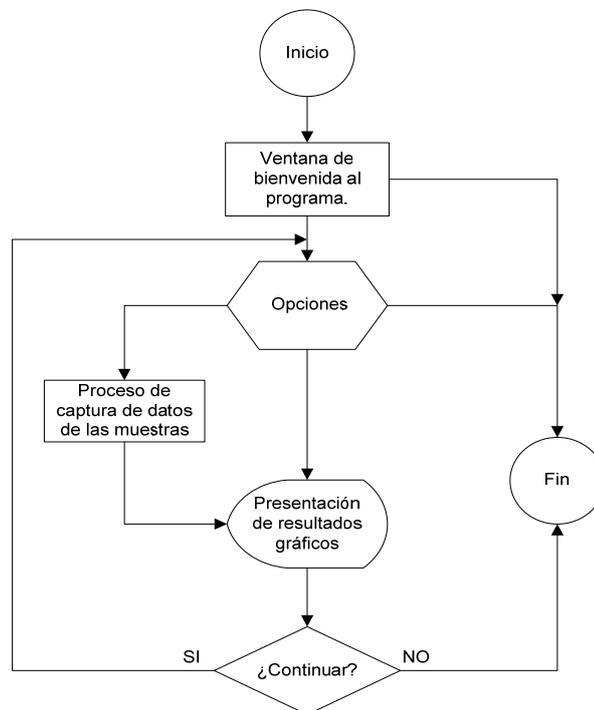


Figura 3.2 Diagrama de flujo general de la interfaz aplicada al CEP.

3.1.4 Programar el modelo

Para la programación del modelo se utilizó el modelo conceptual como guía y el software Matlab, ya que este cuenta, en uno de sus apartados, con la herramienta GUIDE que es la utilizada para el desarrollo de ventanas, que enlazadas dan paso al cuerpo de la interfaz. Ahora para el diseño de cada una de las ventanas, se desarrollaron diagramas de flujo, los cuales brindaron la manera lógica para programar las funciones.

Los programas para la computadora son las instrucciones que ejecuta la máquina para llevar a cabo la tarea encomendada.

Para lograr la captura y presentación de los datos de las muestras que el usuario ingrese, se diseñan programas en lenguaje de bajo o de alto nivel. El programa para la presentación del CEP está basado en un lenguaje de alto nivel como es el lenguaje de Matlab, que comparte muchas características de C, pero que tiene sus propias características.

El programa está organizado en 2 tipos:

- 1) Programa para tareas generales.
- 2) Programa para tarea específicas.

Los programas para tareas generales se encargan de la comunicación con el usuario, manejar la interfaz, así como también la presentación de los resultados en forma gráfica. Estos programas están diseñados en lenguaje de Matlab y comúnmente utilizan a los programas para tareas específicas, las cuales son esencialmente subrutinas y su principal objetivo es la realización de las gráficas de control y análisis de los patrones de inestabilidad en los datos de las muestras.

Ambos tipos de programas trabajan de manera conjunta y forman la programación general para el proceso de captura de datos de las muestras, análisis de los patrones de inestabilidad y su representación gráfica. El diagrama de flujo para la presentación general se muestra en el modelo conceptual en la Figura 3.2, y el pseudocódigo del programa principal es el siguiente:

Programa principal

```
Declaración de variables globales
opción=solicitar al usuario;
si(opción==continuar) entonces
    mostrar menú de opciones;
    mientras (opción~=salir)
        Mostrar menú;
        Opción=solicitar al usuario;
    fin
sino
    Salir
fin
```

3.1.4.1 Bienvenida al programa

Este diagrama de flujo, es sencillo puesto que solo es la entrada al programa, su diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.3

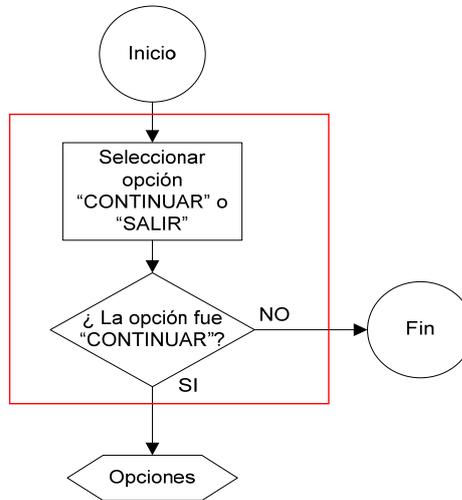


Figura 3.3 Diagrama de flujo para la ventana de bienvenida al programa

Su pseudocódigo es el siguiente:

Función bienvenida

opción=solicitar al usuario;

si (opción==continuar)

Opciones

Calcular los límites de control (ver apéndice B)

sino

Salir

fin

3.1.4.2 Opciones

Se especificaran cada uno de los bloques que conforman el diagrama de flujo general, iniciando con el menú de opciones que se presentan. En la Figura 3.4 se muestra un diagrama que incluye la secuencia que sigue la opción denominada "Opciones". A continuación se analiza cada una de ellas.

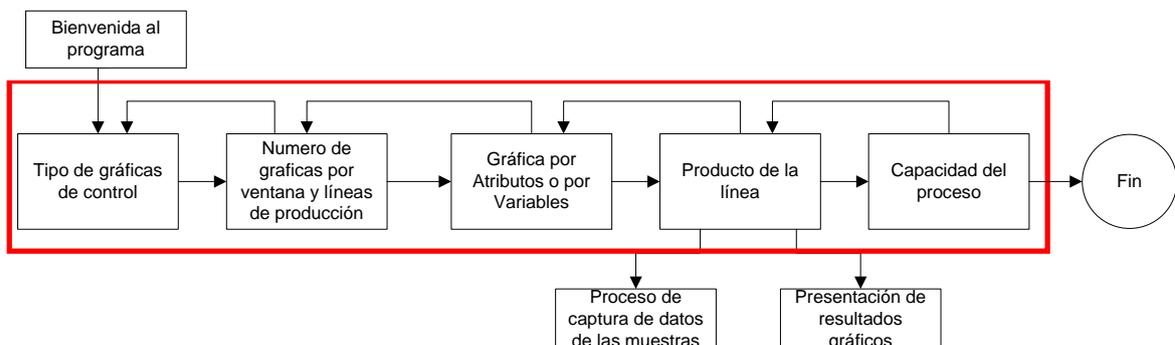


Figura 3.4 Diagrama de flujo de las opciones en la interfaz

Tipo de gráficas de control

Esta subrutina se utiliza para seleccionar el tipo de gráfica de control, ya sea por Variables o por Atributos. El diagrama de flujo de la Figura 3.5 muestra la secuencia que lleva esta opción.

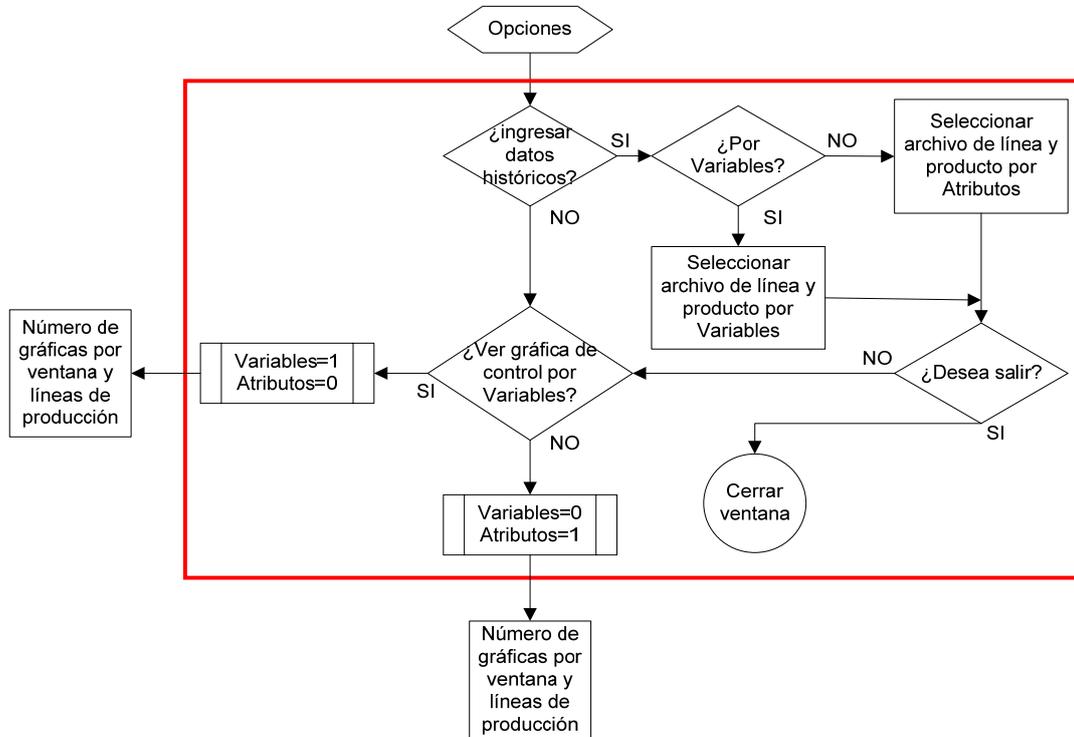


Figura 3.5 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica de control por Variables y Atributos”

El pseudocódigo es el siguiente:

Función tipo de gráficas

Variabes globales

si(datos históricos)

si (Variables)

Ingresar datos por variables;

sino

Ingresar datos por atributos;

fin

si(salir de hoja de Excel)

cerrar hoja

sino

ver tipo de gráficas de control

fin

sino

si(tipo variables)

Variables=1

```

Atributos=0;
ir a número de graficas por ventanas y línea de producción
sino
Variables=0;
Atributos=1
ir a número de graficas por ventanas y línea de producción
fin
fin

```

Numero de gráficas por ventana y líneas de producción

Esta subrutina se utiliza para seleccionar el número de gráficas por ventana y la línea de producción que se vaya a trabajar. Su diagrama de flujo es el que se muestra en la Figura 3.6

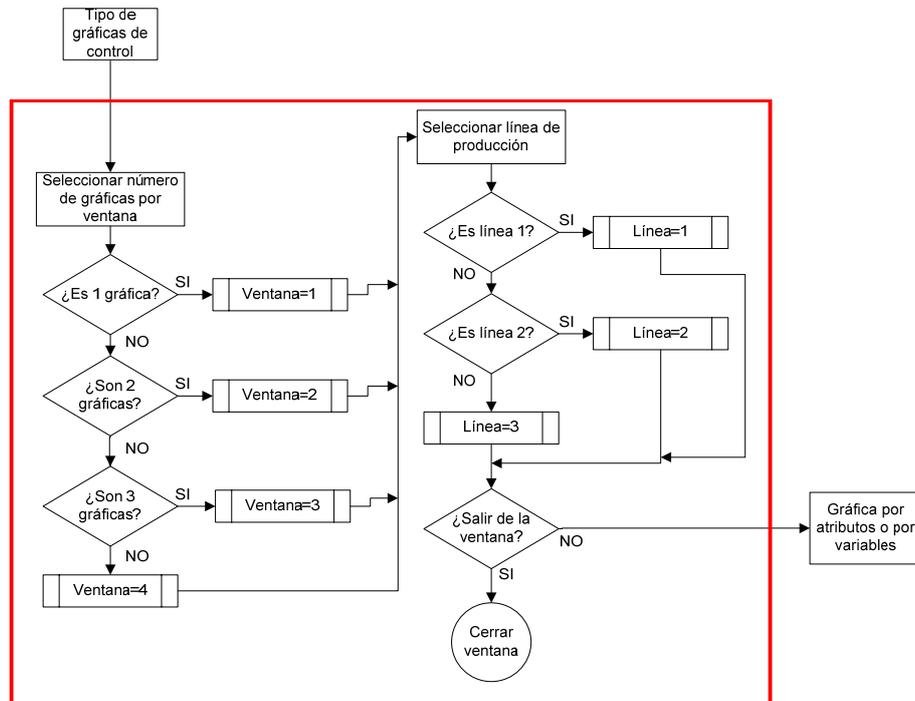


Figura 3.6 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar línea de producción y número de gráficas por ventana”

Su pseudocódigo es el siguiente:

```

Función numero de gráficas y líneas
Ventana=solicitar al usuario numero;
Línea=solicitar al usuario;
si(Ventana==1 && Línea==1)
    Ventana con un espacio para graficar y línea 1 activada;
fin

```

```

si(Ventana==2 && Línea==1)
    Ventana con dos espacios para graficar y línea 1 activada;
fin
si(Ventana==3 && Línea==1)
    Ventana con tres espacios para graficar y línea 1 activada;
fin
si(Ventana==4 && Línea==1)
    Ventana con cuatro espacios para graficar y línea 4 activada;
fin

si(Ventana==1 && Línea==2)
    Ventana con un espacio para graficar y línea 2 activada;
fin
si(Ventana==2 && Línea==2)
    Ventana con dos espacios para graficar y línea 2 activada;
fin
si(Ventana==3 && Línea==2)
    Ventana con tres espacios para graficar y línea 2 activada;
fin
si(Ventana==4 && Línea==2)
    Ventana con cuatro espacios para graficar y línea 2 activada;
fin
si(Ventana==1 && Línea==3)
    Ventana con un espacio para graficar y línea 3 activada;
fin
si(Ventana==2 && Línea==3)
    Ventana con dos espacios para graficar y línea 3 activada;
fin
si(Ventana==3 && Línea==3)
    Ventana con tres espacios para graficar y línea 3 activada;
fin
si(Ventana==4 && Línea==3)
    Ventana con cuatro espacios para graficar y línea 3 activada;
fin
si(salir de ventana)
    cerrar ventana
    grafica por atributos o por variables
sino
    ver ventana de numero de gráficas y líneas
fin

```

Gráficas por Atributos

Esta subrutina se encarga de determinar qué tipo de gráfica de control por atributos se va a escoger y se hace de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.7

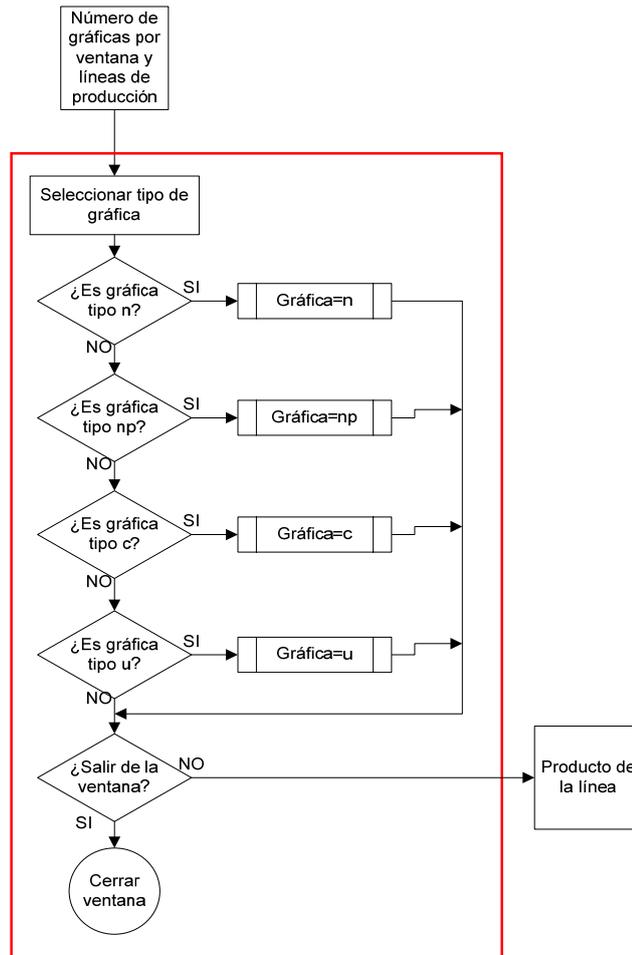


Figura 3.7 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos”

El pseudocódigo esta dado de la siguiente manera:

Función tipo de gráficas por atributos

Gráfica=solicitar al usuario tipo de gráfica por atributos;

si(Gráfica==n)

Ventana con gráfica tipo n activada;

fin

si(Gráfica==np)

Ventana con gráfica tipo np activada;

fin

si(Gráfica==u)

Ventana con gráfica tipo u activada;

fin

si(Gráfica==c)

Ventana con gráfica tipo c activada;

fin

si(salir de ventana)

cerrar ventana

sino

ver ventana con tipo de gráfica por atributos

fin

Gráficas por Variables

Esta subrutina elige el tipo de gráfica de control por Variables, el diagrama de flujo muestra esta acción en la Figura 3.8

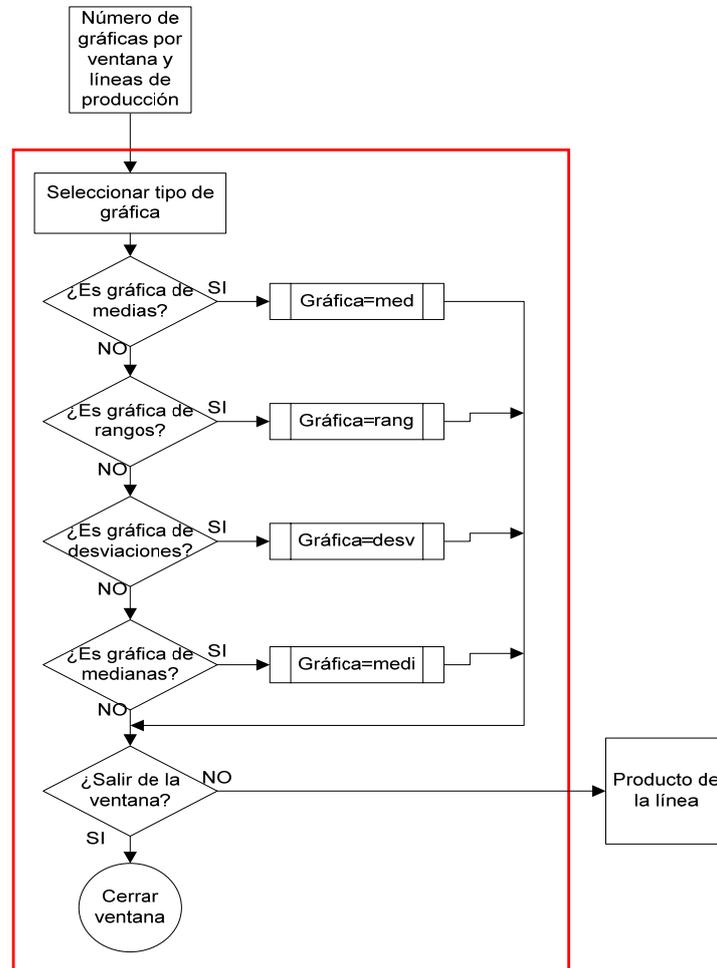


Figura 3.8 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables”

El pseudocódigo está dado de la siguiente manera:

Función tipo de gráficas por variables

Inicio

Gráfica=solicitar al usuario tipo de gráfica por variables;

si(Gráfica==med)

Ventana con gráfica tipo medias activada;

fin

si(Gráfica==ran)

Ventana con gráfica tipo rangos activada;

fin

si(Gráfica==desv)

Ventana con gráfica tipo desviaciones estándar activada;

fin

si(Gráfica==medi)

```

    Ventana con gráfica tipo medianas activada;
fin
si(salir de ventana)
    cerrar ventana
sino
    ver ventana con tipo de gráfica por variables
fin

```

Producto de la línea

Esta subrutina, elige el producto de la línea que fue seleccionada en el diagrama de flujo de la Figura 3.6, y para realizar esta acción se debe seguir la secuencia que indica el diagrama de flujo contenido en la Figura 3.9. El pseudocódigo esta dado de la siguiente manera:

Función producto

Inicio

Producto=solicitar al usuario producto;

si(Producto==1)

 Seleccionar producto 1

si(ingresar muestras del producto)

 proceso de captura de las muestras

sino

si(ver representación de resultados gráficos)

 ir a función identificar los patrones de inestabilidad (Ver apéndice B)

 ir a presentación de resultados gráficos

fin

fin

si(Producto==2)

 Seleccionar producto 2

si(ingresar muestras del producto)

 proceso de captura de las muestras

sino

si(ver representación de resultados gráficos)

 ir a función identificar los patrones de inestabilidad (Ver apéndice B)

 ir a presentación de resultados gráficos

fin

fin

sino

 Seleccionar producto 3

si(ingresar muestras del producto)

 proceso de captura de las muestras

sino

si(ver representación de resultados gráficos)

 ir a función identificar los patrones de inestabilidad (Ver apéndice B)

 ir a presentación de resultados gráficos

fin

fin

si(salir de la ventana)

 cerrar ventana

sino

 ver resultados gráficos

fin

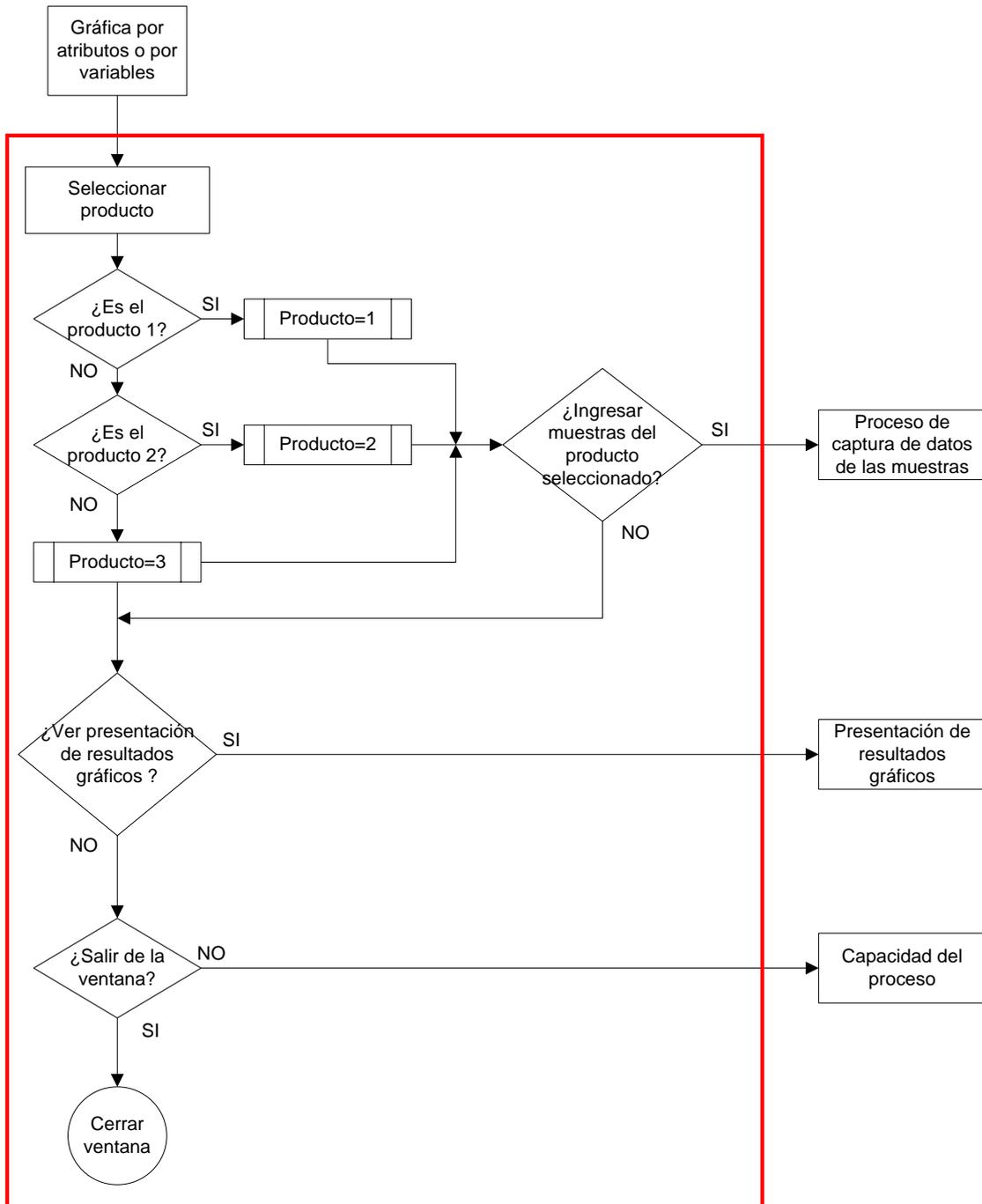


Figura 3.9 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar un producto”

Capacidad del proceso

Esta subrutina, calcula los coeficientes de capacidad, porcentaje de errores, número de sigmas estándar desviados y número de sigmas estándar para que la media real sea igual a la media nominal. Para realizar esto se debe seguir la secuencia que indica el diagrama de flujo en la Figura 3.10

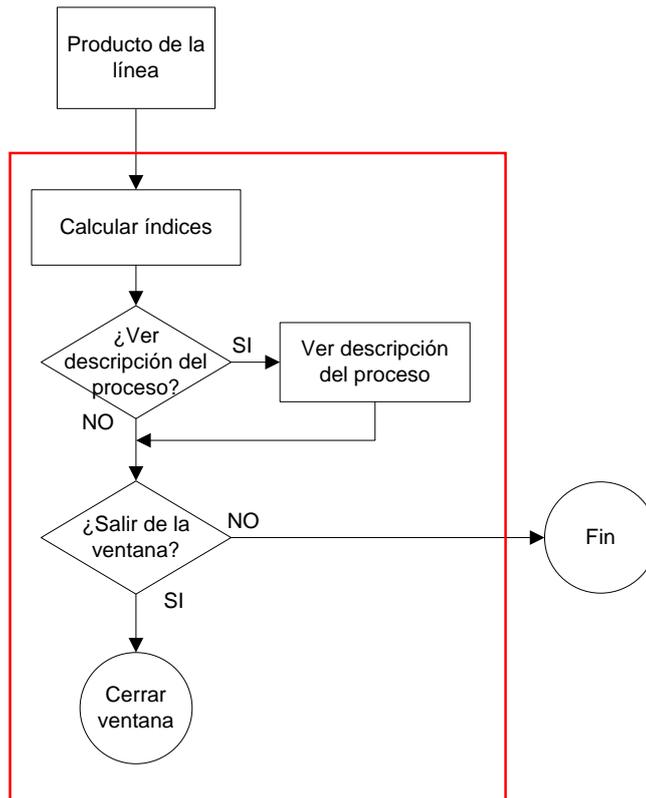


Figura 3.10 Diagrama de flujo para la opción “Capacidad del proceso”

El pseudocódigo está dado de la siguiente manera:

Función capacidad

Acción=Calcular índices;

Descripción=solicitar al usuario;

si(Descripcion==si)

ir a función calcular índices(Ver apéndice B)

Ver descripción del proceso

sino

si(salir de ventana)

cerrar ventana

sino

fin del programa

fin

fin

3.1.4.3 Proceso de captura de datos de las muestras

Esta rutina se encarga de realizar el enlace al programa Microsoft Excel, con la finalidad que en ella sean ingresados los datos del producto que el usuario haya seleccionado. Esta opción está integrada en la Figura 3.2 y en la Figura 3.9 se especifica el momento en que se ejecuta esta opción. El diagrama de flujo que indica la secuencia de esta opción es el de la Figura 3.11.

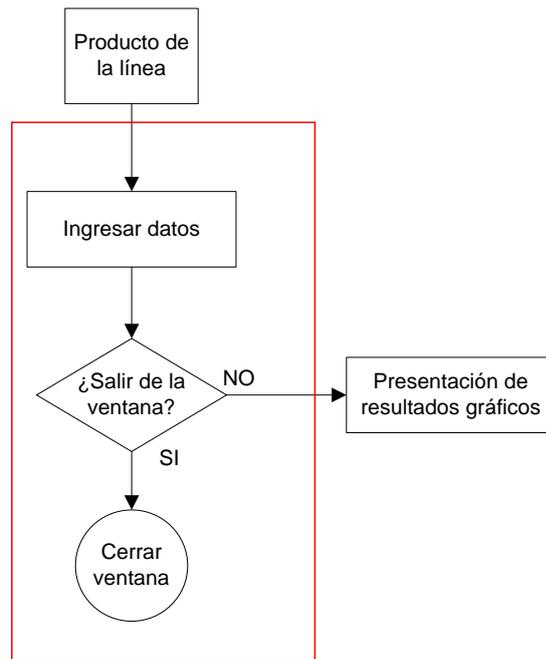


Figura 3.11 Diagrama de flujo para la opción “Proceso de captura de los datos”

El pseudocódigo está dado de la siguiente manera:

Función capturar

Inicio

Datos=solicitar al usuario;

si(salir de ventana)

 cerrar ventana

sino

 Presentación de resultados gráficos

fin

3.1.4.4 Presentación de resultados gráficos

En la presentación de los resultados de manera gráfica, se muestran en las ventanas las muestras de los datos que el usuario ha seleccionado o la capacidad de un proceso en específico. El diagrama de flujo que ejemplifica la secuencia que lleva esta ventana es el de la Figura 3.12

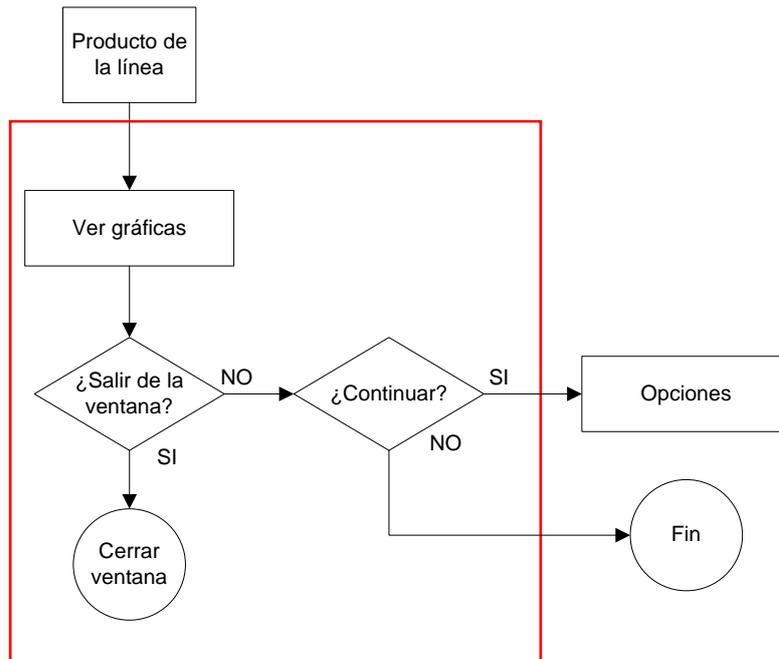


Figura 3.12 Diagrama de flujo para la opción "Presentación de resultados gráficos"

El pseudocódigo está dado de la siguiente manera:

Función presentación de resultados gráficos

Ir a función presentación de resultados gráficos (ver apéndice B)

Ver gráficas;

si(salir de ventana)

 cerrar ventana

sino

si(continuar)

 Opciones

sino

 Fin

fin

fin

3.1.5 Validación del modelo conceptual

Se propone la siguiente acción para la validación de la interfaz:

- Que sea evaluada por una persona que es ajena a este trabajo, para lo que se propone a la Quim. Marbelia Rueda Girón jefa del Departamento de Calidad de la Empresa Liconsa S.A. de C.V, ubicada en la Carretera Oaxaca-Mexico km 25, Municipio de Guadalupe Etla, Oaxaca. (ver apéndice C)

3.1.6 Diseñar, revisar y analizar los experimentos

Ingresar a la interfaz los datos de las humedades relativas de un producto (ver apéndice D), y comparar las gráficas de control de medias obtenidas en la interfaz a manera de ejemplo con los softwares Minitab y Microsoft Excel.

3.1.7 Documentar y resumir los resultados de la simulación

La Información documentada y resumida se puede ver con más detalle en la sección 4.4 del capítulo 4 que se llama pruebas y resultados. Ahora para auxiliarse en el manejo de la interfaz y realizar pruebas, se puede consultar el manual de usuario (ver apéndice E).

3.2 EQUIPO

En este apartado se realiza la descripción de todos y cada uno de los elementos que se requirieron para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto, dividiéndose en dos secciones que corresponden a las herramientas físicas denominada hardware y los programas utilizados conocidos como softwares.

3.2.1 Hardware

La herramienta principal que se utilizó fue una computadora portátil (Laptop), Marca Gateway, Modelo MX6939m, Tipo Netbook, Procesador Intel® Centrino® Duo, Capacidad de Procesador 1.6GHz, RAM 2 Gb, Disco Duro 160 Gb, Tarjeta de Video Intel® Graphics Media Accelerator 4500MHD, Sistema Operativo Windows® XP Media Center, Software Norton Internet Security™ 2009 & Gateway Recovery Management, Pantalla Tipo Widescreen / HD 11.6 plg, Dimensiones CPU 22.1/30 x 285 x 204 mm.

3.2.2 Software

El sistema operativo que se utilizó para el desarrollo de la interfaz fue Microsoft Windows XP Media Center Edición Versión 2002, así como también el software Matlab 7.2 versión 2006 en un ambiente de cómputo, de alta ejecución numérica y visualización. MATLAB integra el análisis numérico, cálculo de

matrices, procesamiento de señales y graficación, en un ambiente sencillo de utilizar, donde los problemas y sus soluciones son expresadas justamente como están escritas; a diferencia de la programación tradicional [30,31].

Dentro de las opciones que ofrece el software Matlab, se encuentran herramientas como Simulink y GUIDE, el primero es para simular mediante comandos gráficos algunos fenómenos, mientras que el segundo es una herramienta para desarrollar la interfaz.

GUIDE es un entorno de programación visual disponible en MATLAB para realizar y ejecutar programas que necesiten ingreso continuo de datos. Tiene las características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++ [32]. Dado el entorno amigable para programar funciones y la facilidad que ofrece para el desarrollo de programas con ingreso continuo de datos, se desarrollan las ventanas de la interfaz.

Por otro lado, el sistema operativo de Microsoft Office 2007, que es una aplicación desarrollada por Microsoft para sistemas operativos Windows y Mac OS y que es ampliamente utilizado en el mundo empresarial, educativo y de la investigación, puesto que contiene una gran cantidad de herramientas, tales como Microsoft Word, Excel, Visio, Power Point, Access y otras más que son útiles para diferentes tareas; por lo que, para uso de la programación de la interfaz, será necesario utilizar Microsoft Office Excel 2007 para la creación de datos.

Microsoft Office Excel 2007 es una hoja o plantilla de cálculo que tiene prestaciones muy atractivas y dinámicas, lo que permite el manejo de datos numéricos, alfanuméricos y textos mediante celdas. Desde la interfaz de usuario, esta herramienta permitirá controlar el ingreso de datos de las muestras con las que se trabajo para las diferentes simulaciones. La extensión con la que se guardan los archivos es .xls para versiones anteriores al 2007 y .xlsx para versiones 2007 o posteriores.

Microsoft Office Word 2007, es el editor de textos más conocido, ya que cuenta con una gran variedad de opciones para la manipulación de los mismos.

Desde la interfaz del usuario, esta herramienta permite mostrar la descripción del comportamiento de datos de las muestras. Para las versiones 2007 o posteriores, utiliza la extensión .docx y para versiones anteriores a la versión 2007 utiliza la extensión .doc.

Los requerimientos mínimos para un buen desempeño de Microsoft Office Excel y Microsoft Office Word son: Microsoft Windows/Server 2003/XP/ Vista, memoria RAM varía desde los 64 MB hasta los 512 MB dependiendo del sistema operativo que se esté utilizando, 5 MB disponibles en el disco duro y monitor SVGA de 800x600 pixeles ó de alta resolución.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

En esta fase se pretenden mostrar lo siguiente, primero las ventanas principales que fueron creadas y que finalmente conforman la interfaz, segundo la manera en que son mostrados los patrones de inestabilidad en las gráficas de las ventanas, tercero los índices de capacidad y la descripción del proceso que va a mostrar la interfaz y finalmente las pruebas realizadas.

4.1 VENTANAS QUE CONFORMAN LA INTERFAZ

De acuerdo al Figura 3.2 del capítulo anterior, donde se muestra el diagrama general de la interfaz se comienza con la bienvenida a la interfaz.

4.1.1 Ventana de bienvenida a la interfaz

Su diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.3, quedando dicha ventana como se aprecia en la Figura 4.1



Figura 4.1 Ventana de bienvenida a la interfaz

4.1.2 Opciones

Su diagrama de flujo es la Figura 3.4 y en él se puede ver que se tienen varias subrutinas, tales como tipo de gráficas de control, número de ventanas en la grafica y línea de producción, gráficas por Variables o por Atributos y por último producto de la línea.

4.1.2.1 Tipo de gráficas de control

Para cumplir esta subrutina se sigue el diagrama de flujo que se encuentra en la Figura 3.5 y que da como resultado la ventana de la Figura 4.2

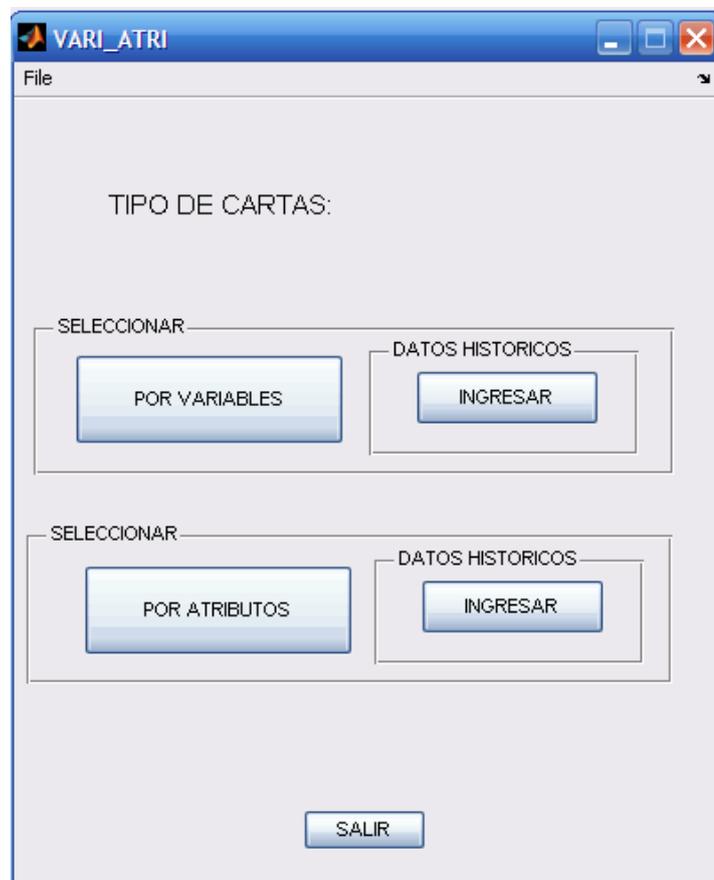


Figura 4.2 Ventana tipo de gráficas de control

4.1.2.2 Número de gráficas por ventana y líneas de producción

Para cumplir esta subrutina, se sigue el diagrama de flujo que se encuentra en la Figura 3.6 y que da como resultado la ventana de la Figura 4.3

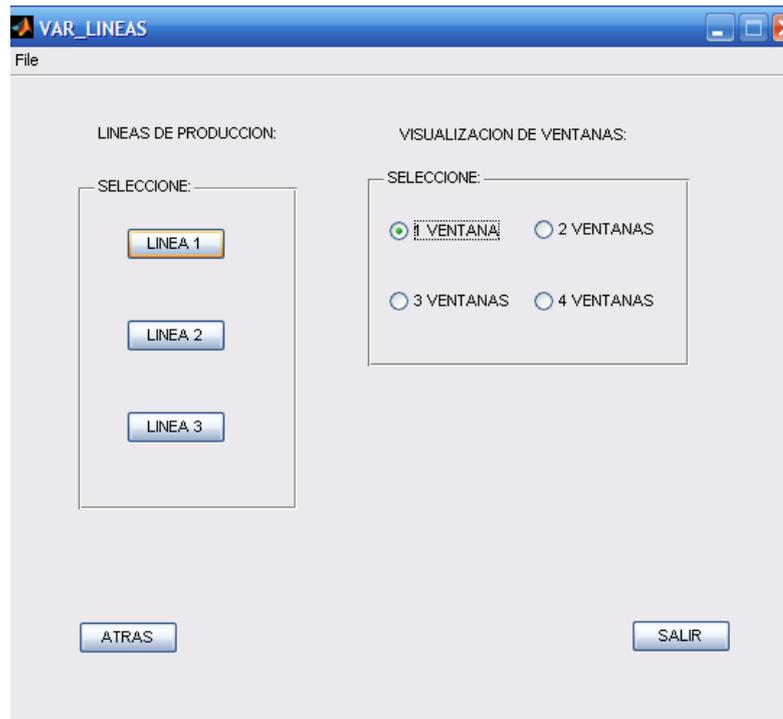


Figura 4.3 Ventana de número de gráficas por ventana y líneas de producción

4.1.2.3 Gráficas por Atributos o por Variables y producto de la línea

Para cumplir estas subrutinas se requiere seguir los diagramas de flujo que se encuentran en la Figuras 3.7 para Atributos y 3.8 para Variables. Cabe mencionar que las ventanas que arrojan estos diagramas de flujo dependerán de los espacios para graficar que se hayan seleccionado en la Figura 4.3, por lo que y en consecuencia los resultados que se pueden obtener son los que se muestran en las ventanas de las Figuras 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7 cuando es por Atributos y Figuras 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 cuando es por Variables.

Es importante mencionar que la opción productos por línea está incluida en cada una de las ventanas desde la ventana de la Figura 4.4 hasta la ventana de la Figura 4.10. (Ver Figuras para observar con mayor detalle).

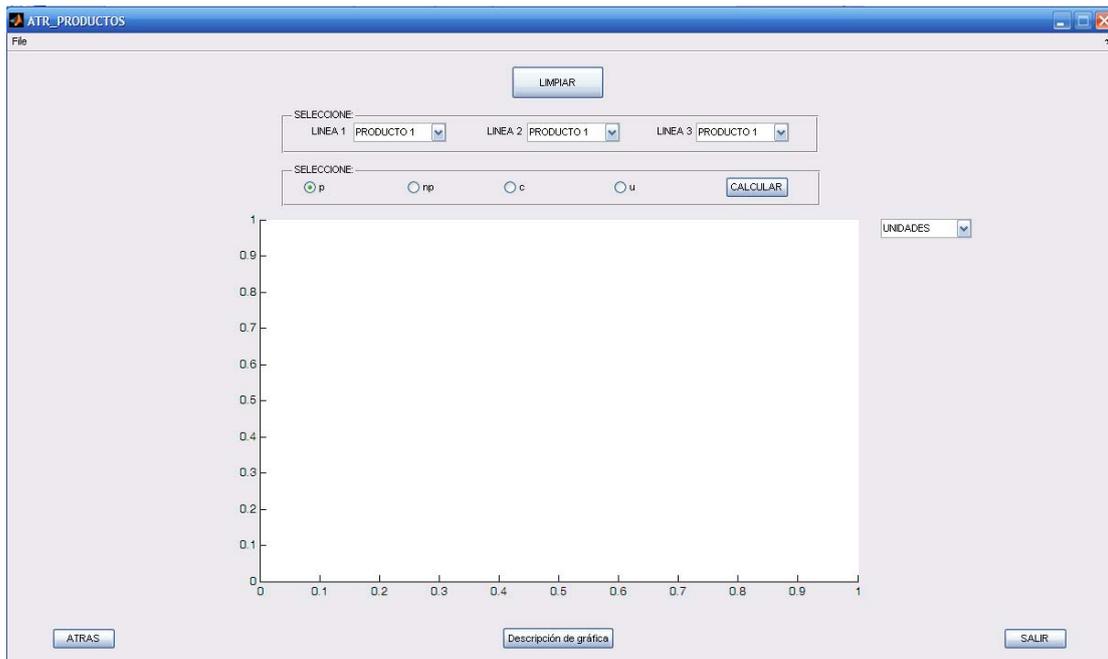


Figura 4.4 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con un espacio para graficar

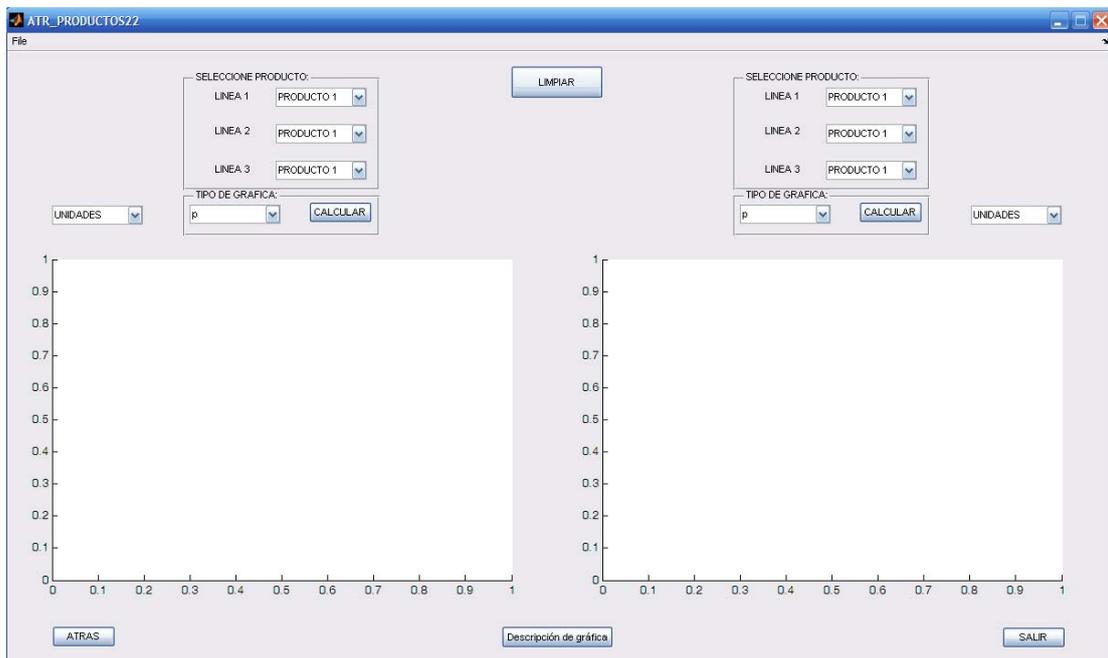


Figura 4.5 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con dos espacios para graficar

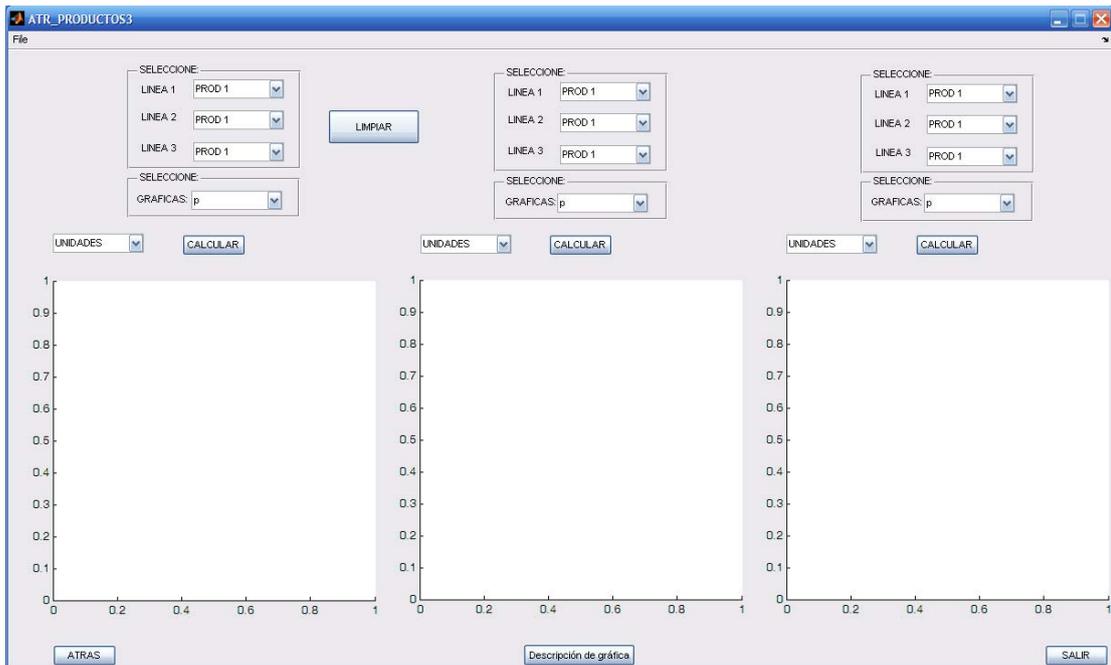


Figura 4.6 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con tres espacios para graficar.

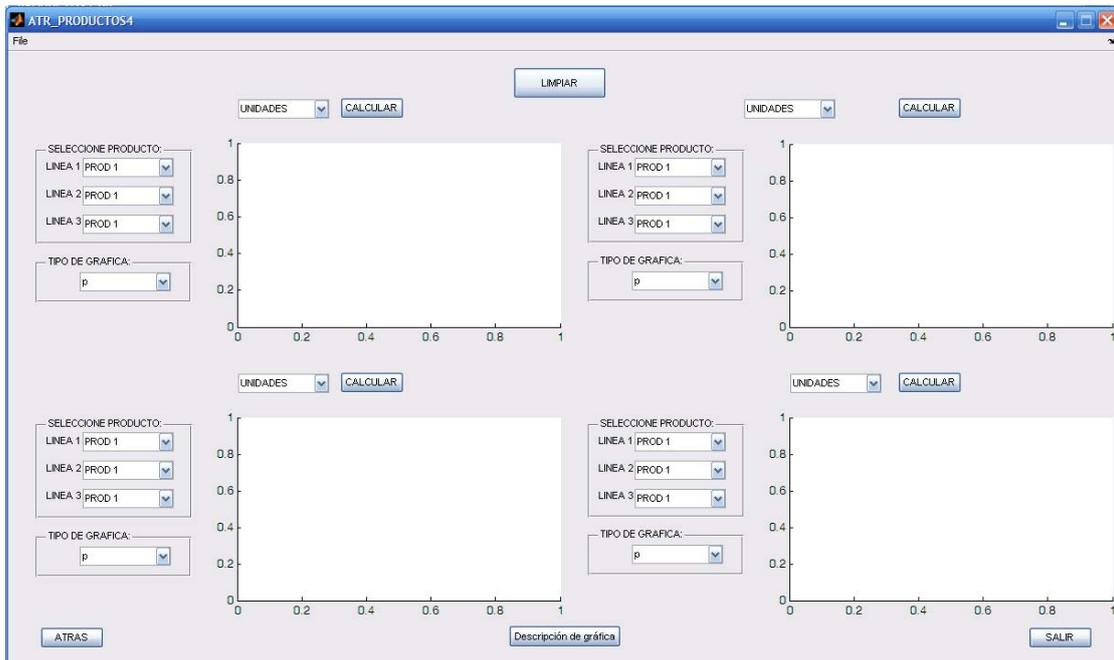


Figura 4.7 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Atributos” con cuatro espacios para graficar

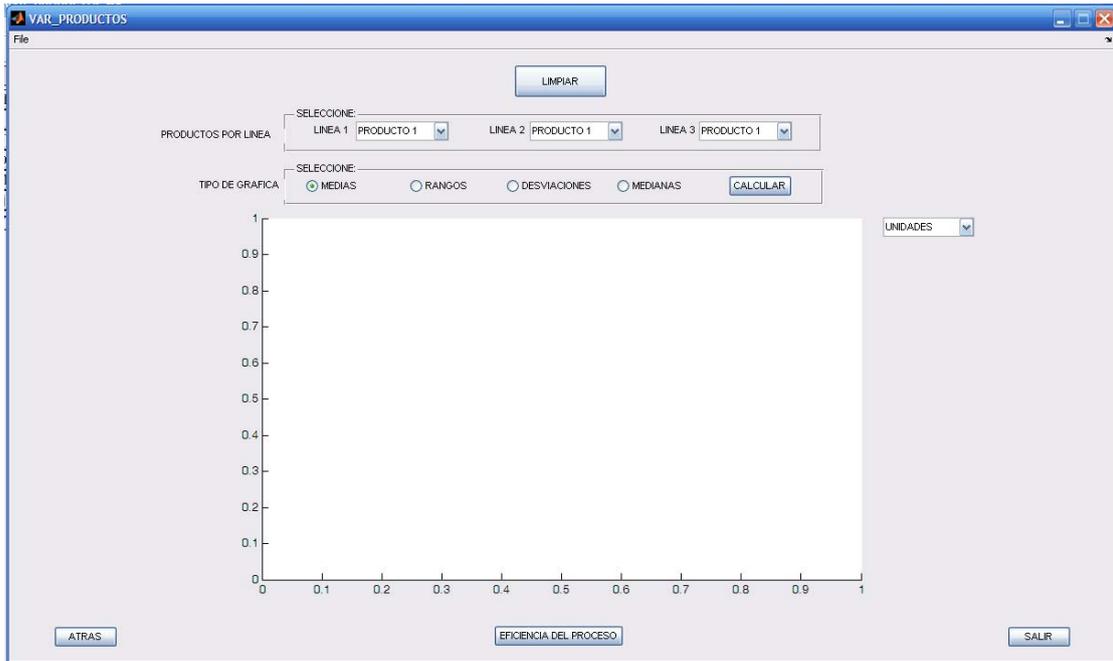


Figura 4.8 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con un espacio para graficar.

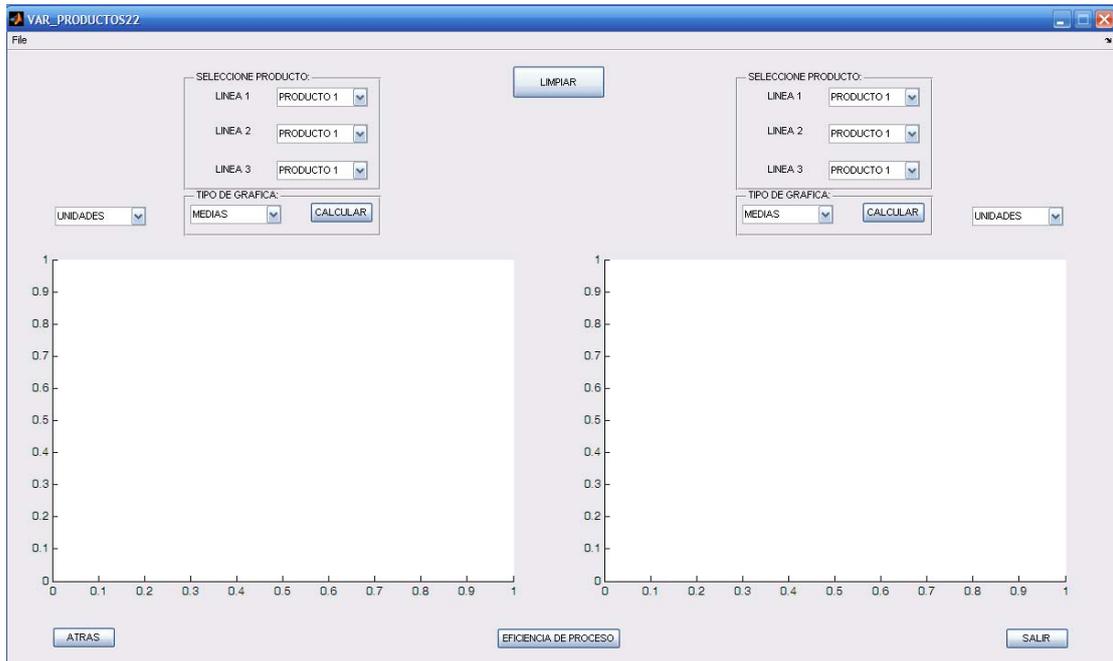


Figura 4.9 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con dos espacios para graficar

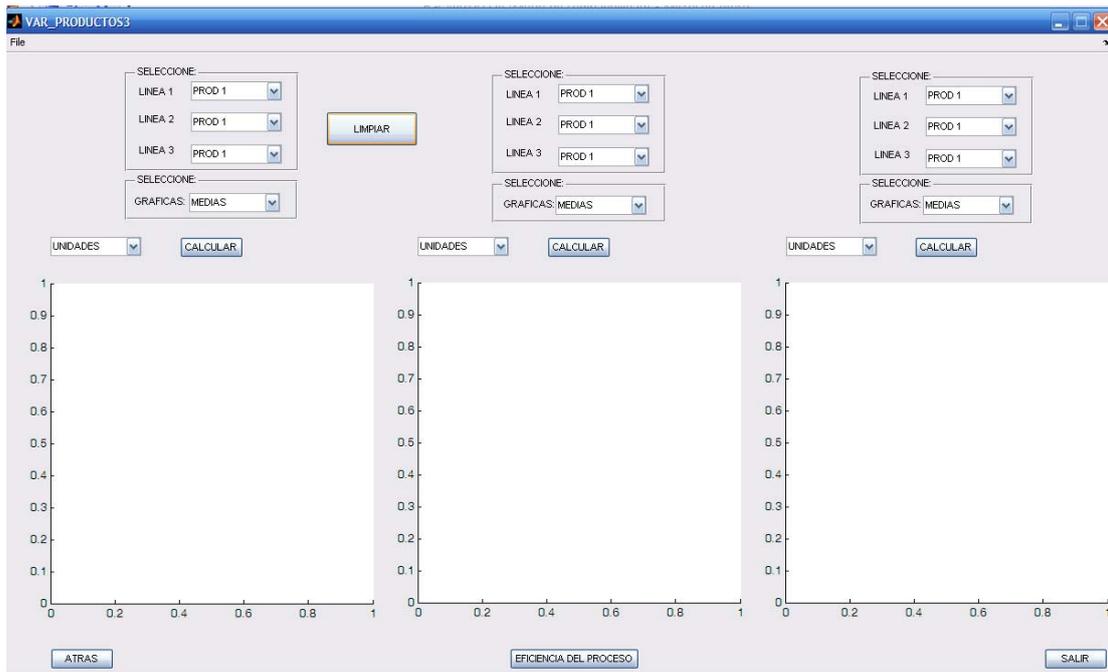


Figura 4.10 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con tres espacios para graficar

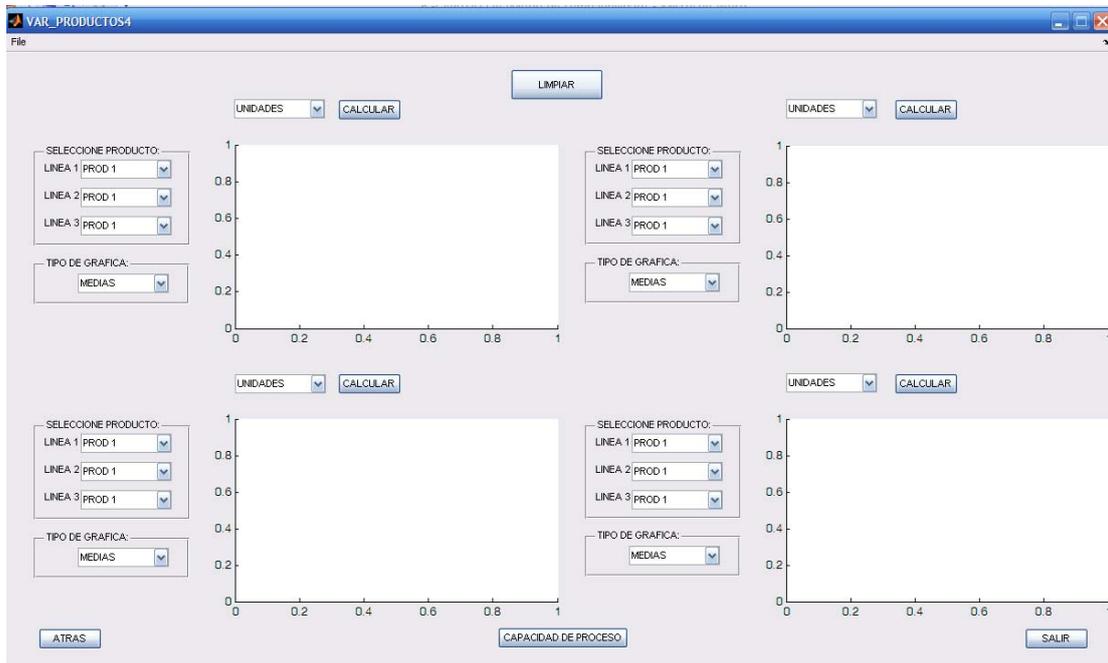


Figura 4.11 Diagrama de flujo para la opción “Seleccionar tipo de gráfica por Variables” con cuatro espacios para graficar

4.1.2.4 Capacidad del proceso

Para cumplir esta subrutina se sigue el diagrama de flujo de la Figura 3.9 quedando la ventana como se muestra en la Figura 4.12

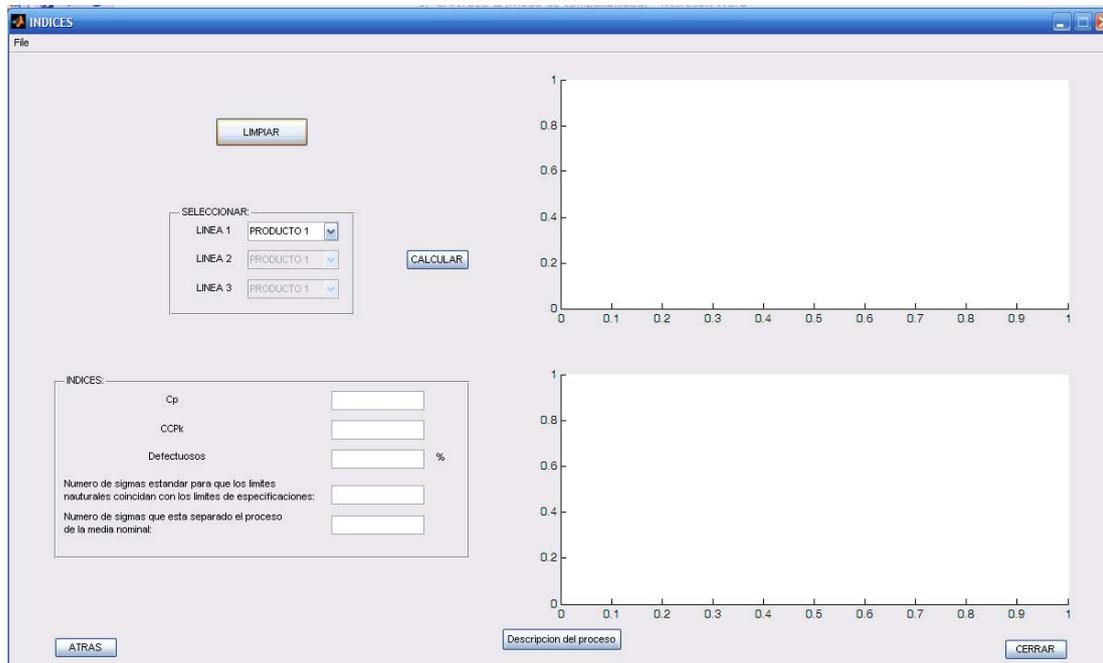


Figura 4.12 Diagrama de flujo para la opción “Capacidad del proceso”

Con la Figura 4.12 se finaliza con las ventanas principales que conforman el cuerpo de la interfaz, ahora se va a analizar la manera en que responde la interfaz ante la presencia de los patrones de inestabilidad.

4.2 PATRONES DE INESTABILIDAD EN LAS GRÁFICAS

En este sector, se contemplan los procesos descritos en la sección 2.10, resaltando que cada uno de ellos fue contemplado para la programación de las funciones del desarrollo de la interfaz. De tal manera, que en esta sección se muestra la manera en que la interfaz utiliza estas funciones como ayuda en la interpretación de datos, mostrando todos los patrones o las tendencias usuales de inestabilidad que se presenten en las gráficas. En consecuencia, se proyecta que cuando se presente un patrón en alguna de las gráficas, estos se incluyan en la descripción del proceso que se muestra en una hoja de Microsoft Word.

4.2.1 Casos aplicados a las gráficas de control por Variables

Para la aplicación en este tipo de gráficas, se utilizan los casos descritos en la sección 2.7, donde se observan las posibles tendencias que presentarían las muestras, representadas en las gráficas de manera estándar por el color azul y su forma por un círculo, por lo que para ejemplificar cada uno de los casos, se utilizó una combinación de colores y formas, como se describe a continuación.

1. **Puntos fuera del Límite de Control Superior.** Para mostrar este comportamiento se utilizó un solo espacio para gráficas de medianas. En la Figura 4.13, se muestran las primeras dos muestras, las cuales están fuera del Límite Superior de Control, marcadas en color negro con forma de asterisco y resaltándolas de las demás muestras. Esto demuestra, la gran ayuda que representa contar con una herramienta que indique los patrones o casos que se presenten en las muestras.

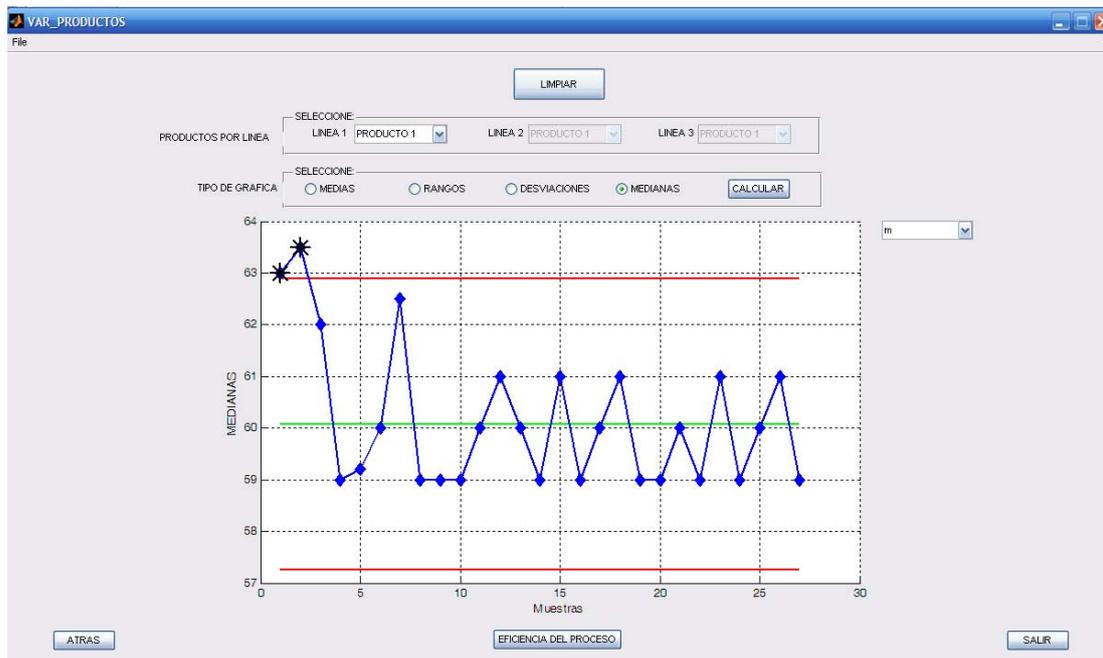


Figura 4.13 Puntos fuera del Límite de Control Superior en color verde con forma de asterisco.

2. **Puntos fuera del Límite de Control Inferior.** En este tipo de tendencias, se muestra una ventana para visualizar dos gráficas a la vez, utilizando una gráfica de desviaciones en el lado izquierdo, observando la tendencia del

caso uno, y en el lado derecho una gráfica de medianas, tal como se muestra en la Figura 4.14, donde se observan puntos fuera del Límite de Control Inferior, los cuales están marcados en color negro, más grandes y en forma de asterisco, con la finalidad de que el usuario pueda visualizarlos de manera más rápida.

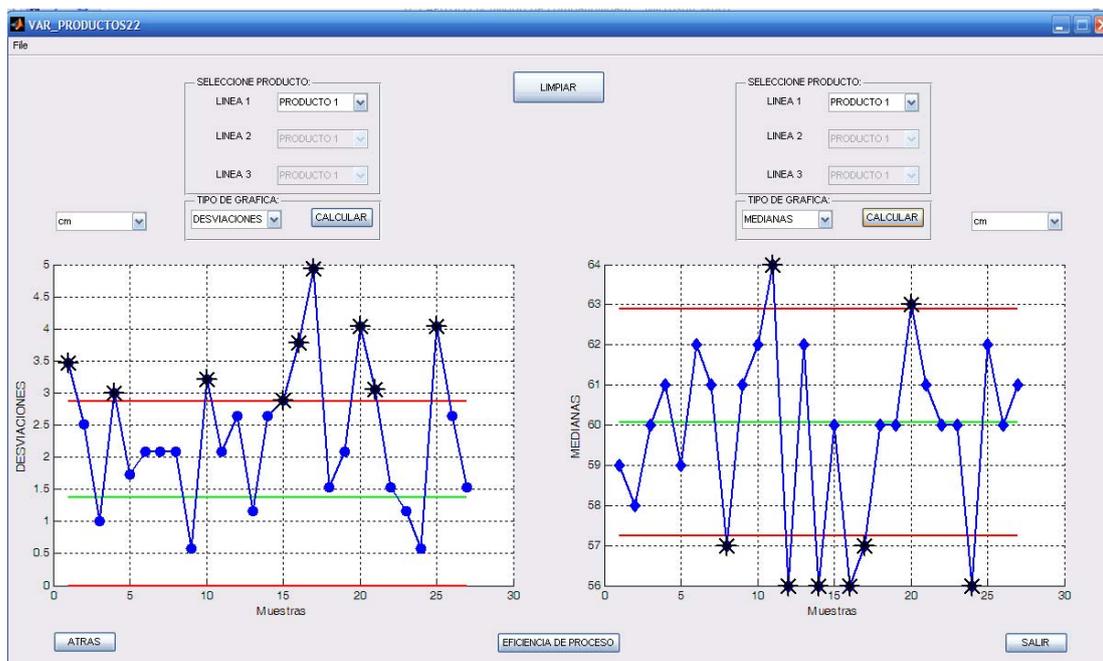


Figura 4.14 Puntos fuera del Límite de Control Inferior, utilizando gráfica de desviaciones en el lado izquierdo y lado derecho gráfica de medianas

- Siete puntos abajo o arriba del Límite Central pero dentro de los Límites de Control.** Como se puede observar en la Figura 4.15, donde se muestra una gráfica de medias que incluye un caso, observando que sigue el patrón de siete o más puntos encima del Límite Central, marcados en color verde para que se tenga una mejor visualización de dicha tendencia. En consecuencia, esto se realiza con la intención de demostrar la ayuda que brinda la interfaz para identificar el comportamiento de los datos. Por otro lado, para el caso en donde los siete o más puntos están debajo del Límite Central, pero arriba del Límite Inferior de especificaciones, se utilizó una gráfica de desviaciones, como se observa en la Figura 4.16, la cual muestra una sección marcada en color verde, que cumplen con esta tendencia.

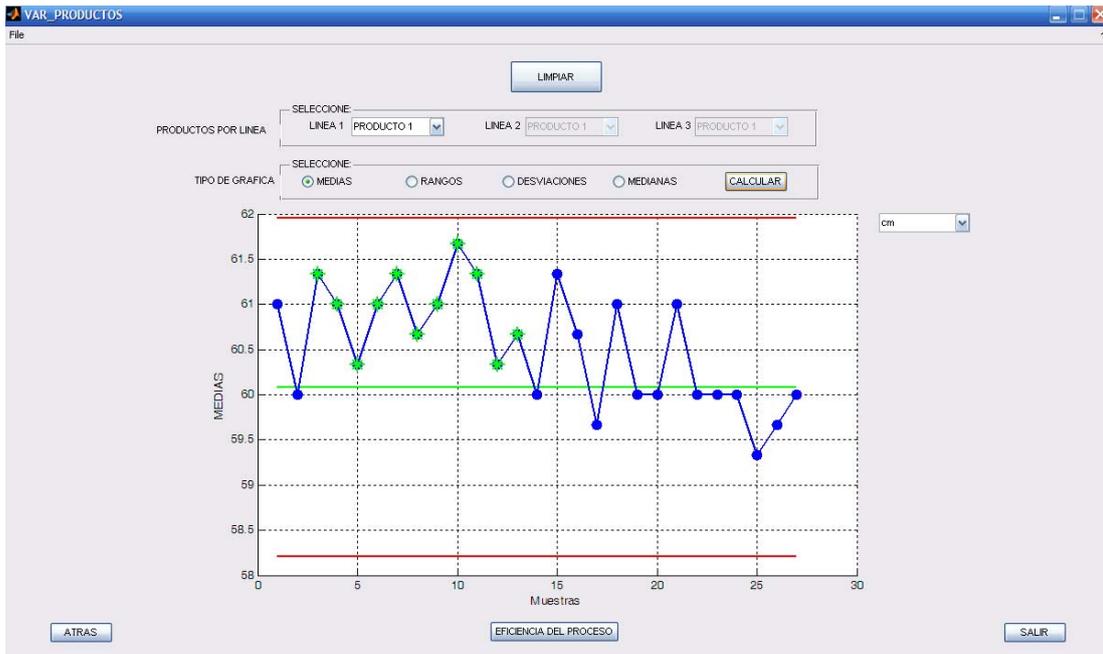


Figura 4.15 Siete puntos arriba del Límite Central pero dentro de los Límites de Control.

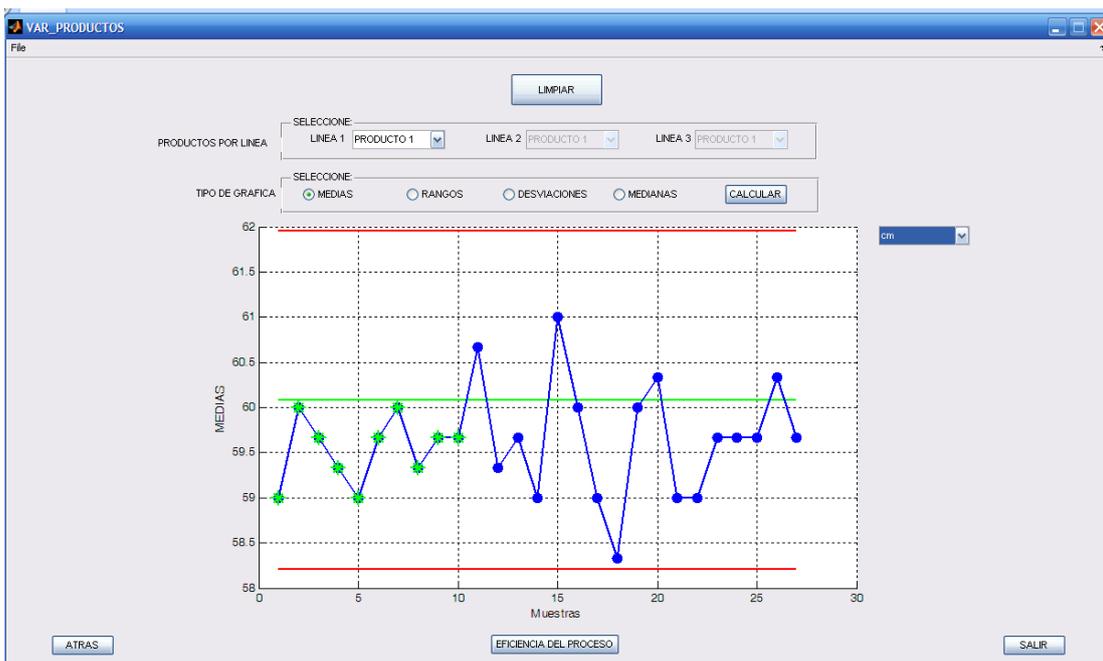


Figura 4.16 Siete puntos abajo del Límite Central pero dentro de los Límites de Control

4. **Patrones inusuales.** Este caso, se presenta cuando se tiene una sección con siete o más puntos con una alta variación, tal como se presenta en la Figura 4.17. Esta tendencia es representada en color rosa por los puntos que la forman.

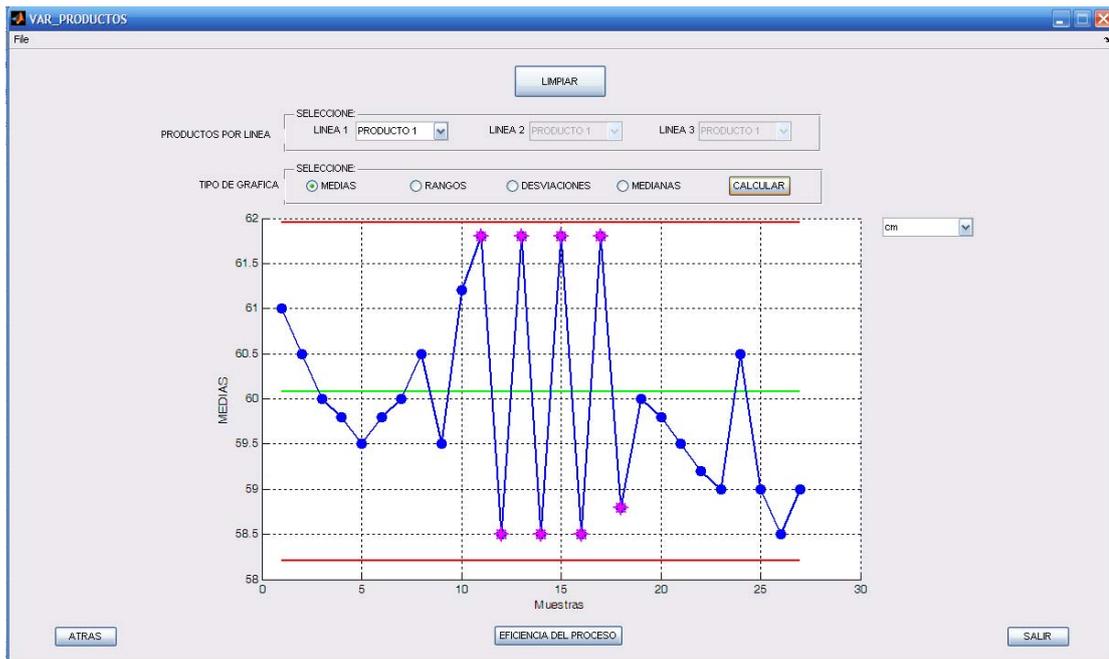


Figura 4.17 Patrones inusuales en una sección de siete o más puntos con una alta variación

5. **Tendencia continua.** Este comportamiento se puede observar en la Figura 4.18, donde se presenta una tendencia continua, resaltando que se indican las primeras siete muestras con una cruz de color verde sobre el color azul, que este último es el color natural de las muestras y que es tarea del usuario identificar si existen más puntos con la misma tendencia. De la misma manera que en el anterior caso, se observa una tendencia continuada en disminución, utilizando color verde y una forma de cruz sobre el color natural del punto como medio de identificación.
6. **Adhesión a la media.** Como se mencionó en la sección 2.7, todos los puntos deben estar a $\pm 1/6$ del Límite Central, de tal manera que en esta sección el software analizará los datos dadas las condiciones para ello. La tendencia de la muestra es representada en color rosa y de forma triangular, como puede observarse en la Figura 4.19

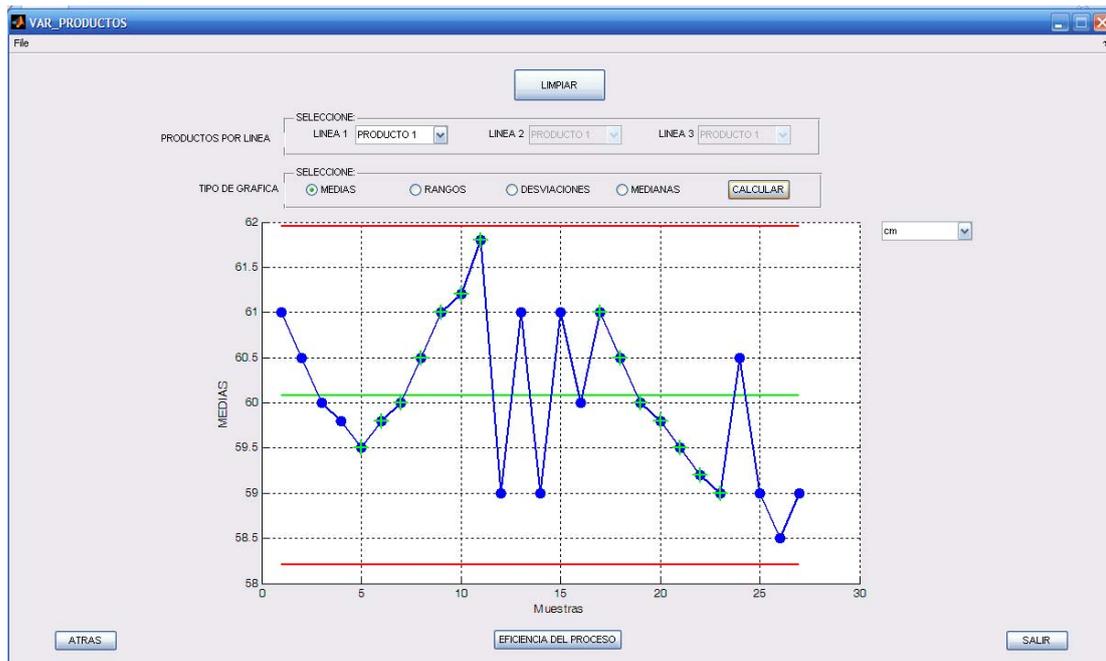


Figura 4.18 Tendencia continua en forma ascendente y decreciente

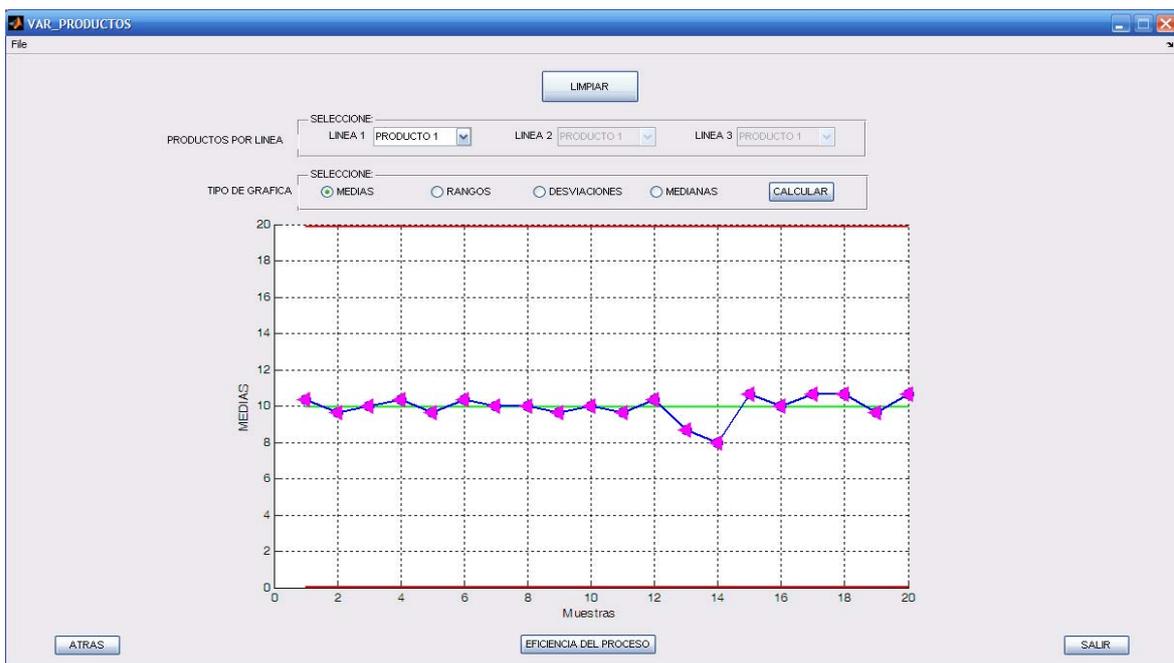


Figura 4.19 Adhesión a la media mediante análisis de datos a través del software

7. **Comportamiento gradual.** La totalidad de muestras analizadas presentan un comportamiento ascendente o descendente gradual, difícil de presentar en estos procesos, puesto que actualmente existen muchos controles para evitar

este tipo de casos. Esto es representado en la Figura 4.20, donde se muestra la ventana con tres espacios para graficar mediante gráficas de medias.

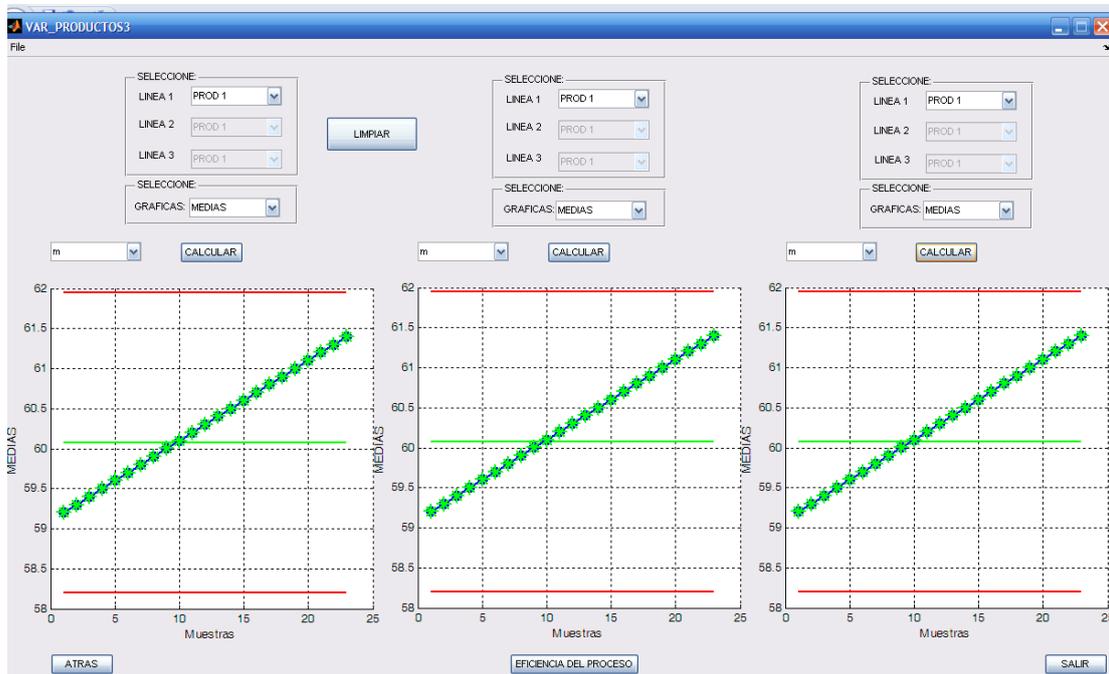


Figura 4.20 Comportamiento gradual, donde la totalidad de muestras analizadas presentan un comportamiento ascendente o descendente gradual

4.2.2 Casos aplicados a las gráficas de control por Atributos

Para la aplicación de este tipo de gráficas, se consideraron los casos de la sección 2.7, donde se observan las tendencias que presentan las muestras, resaltando que el color azul mostrara las muestras y la forma será por un círculo. Para ejemplificar cada uno de los casos, se utilizó la combinación de otros colores y la descripción es como se detalla a continuación.

1. **Puntos fuera del Límite de Control Superior.** Para mostrar este comportamiento se utilizaron las gráficas p y np con dos espacios para graficar, tal como se exterioriza en la Figura 4.21, observando que las muestras indicadas en color negro y en forma de asterisco están fuera del Límite de control Superior. Esto es indicativo de la importancia de contar con herramientas que permitan demostrar patrones o casos que se presentan en el análisis de muestras.

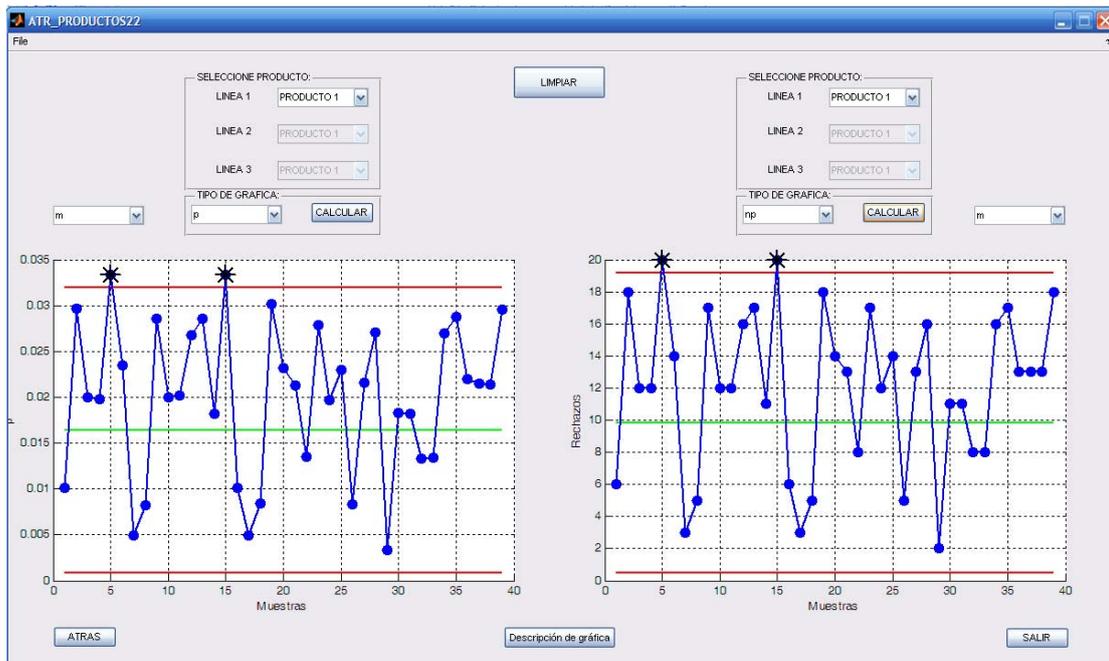


Figura 4.21 Puntos fuera del Límite de Control Superior utilizando gráficas p y np

2. **Puntos fuera del Límite de Control Inferior.** Este tipo de gráficas no son tan importantes, dado que solo se están graficando defectos, en consecuencia si un punto cae debajo de los Límites de Control Inferior indica que en el proceso existen menos productos defectuosos. Debido a esto no se considera necesario mostrar una gráfica con puntos que sobrepasen los Límites de Control Inferior.
3. **Siete puntos están abajo o arriba del Límite Central pero dentro de los Límites de Control.** En la Figura 4.22, se muestra una ventana con tres espacios para utilizar gráficas del tipo p , np , c , observando siete puntos por debajo del Límite Central, marcados en color verde. Lo anterior, es con la intención de señalar el apoyo que brinda la interfaz para identificar el comportamiento del proceso en una gráfica de medias.
4. **Siete o más puntos están debajo del Límite Central, pero arriba del Límite Inferior de Control.** Para ello se utilizó una ventana con tres espacios para gráficas del tipo n , np y u , tal como se observa en la Figura 4.23, donde

se muestra que existe una sección en cada una de las gráficas que cumplen esta tendencia indicada en color verde.

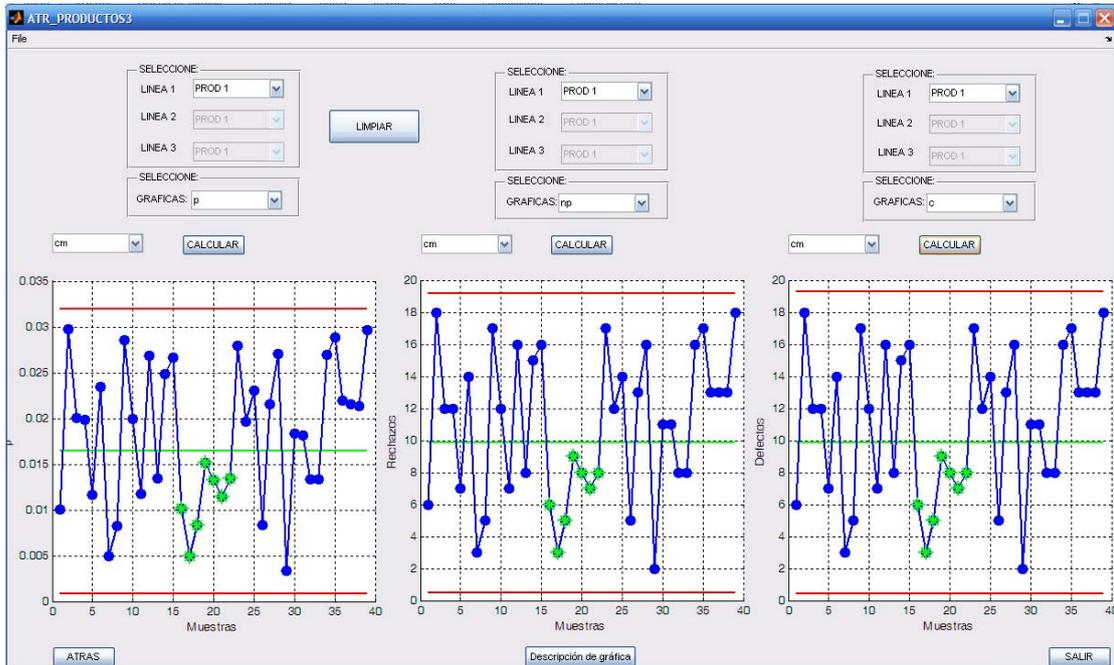


Figura 4.22 Ventana con tres espacios para gráficas tipo p , np , c

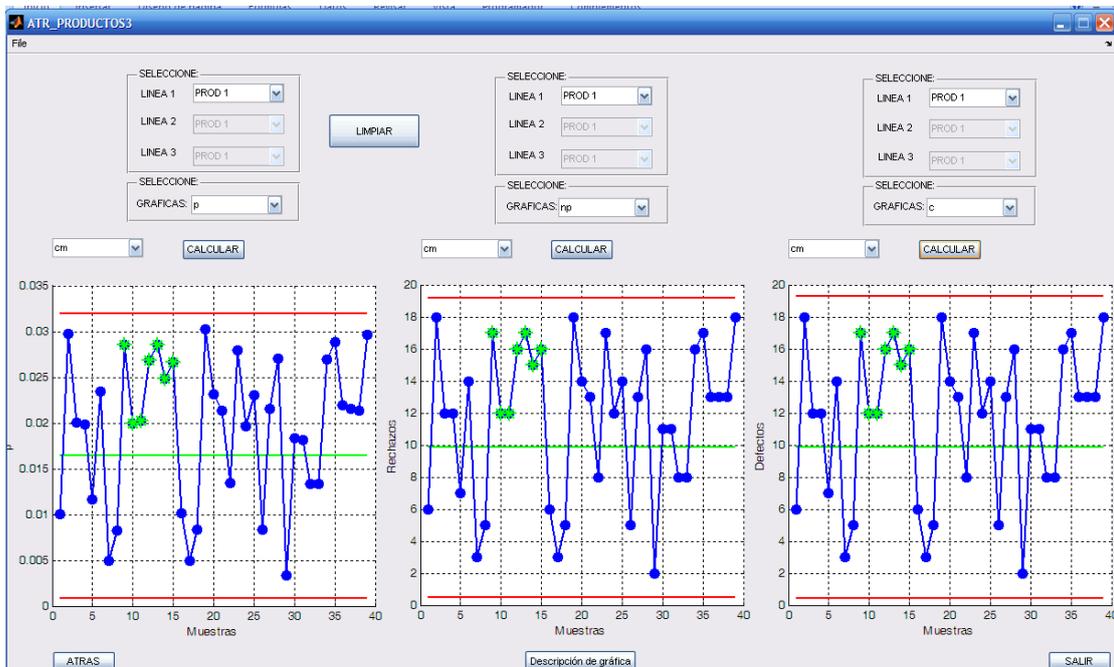


Figura 4.23 Ventana con tres espacios para gráficas del tipo n , np y u

5. **Patrones inusuales.** Se presenta cuando existe una sección con siete o más puntos con una alta variación, representados en la Figura 4.24, observando tendencias inusuales e indicadas en color rosa los puntos que la conforman.

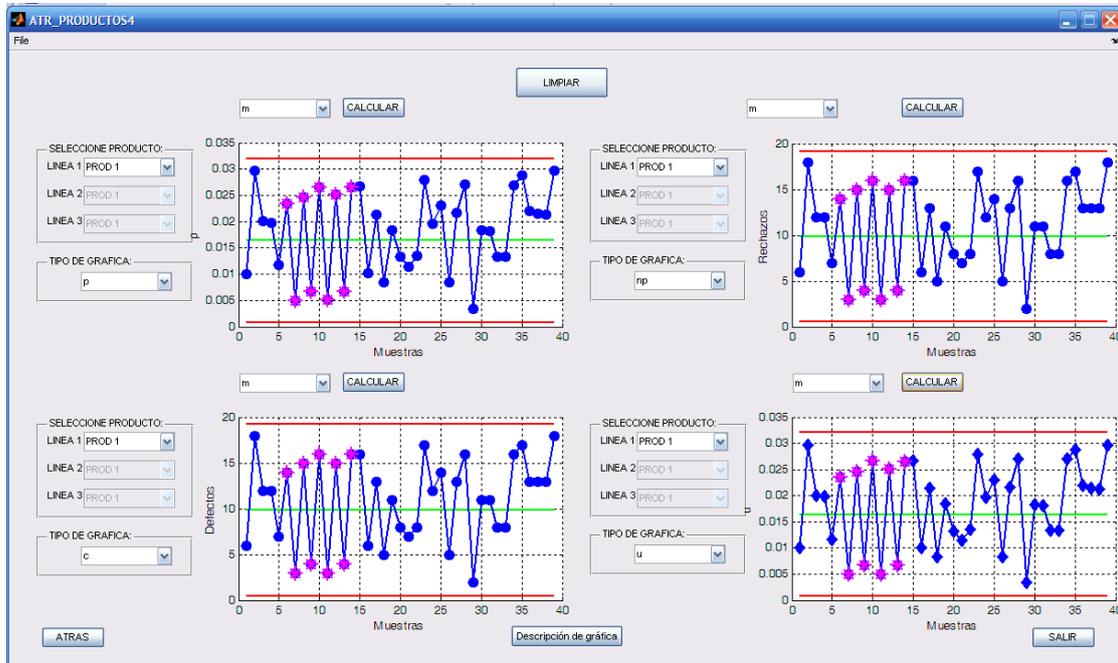


Figura 4.24 Patrones inusuales

6. **Tendencia continua.** Este comportamiento se observa en la Figura 4.25, con una tendencia continua en aumento, resaltando que las primeras siete muestras se marcan con una cruz de color verde sobre el color azul, que es el color natural de las muestras. Es importante señalar, que es tarea del usuario identificar todos los puntos que persigan esta tendencia. Del mismo modo, se tienen tendencias continuadas en disminución, de igual forma que el caso anterior se utiliza un color verde y una cruz sobre el color natural del punto para ejemplificarlo.
7. **Adhesión a la media.** Como se mencionó en la sección 2.7, todos los puntos están a $\pm 1/6$ del Límite Central para que el software analice los datos y una vez que se dan las condiciones se muestra en color rosa y forma triangular este patrón o tendencia dentro de en esta muestra, esto se puede observar en la Figura 4.26

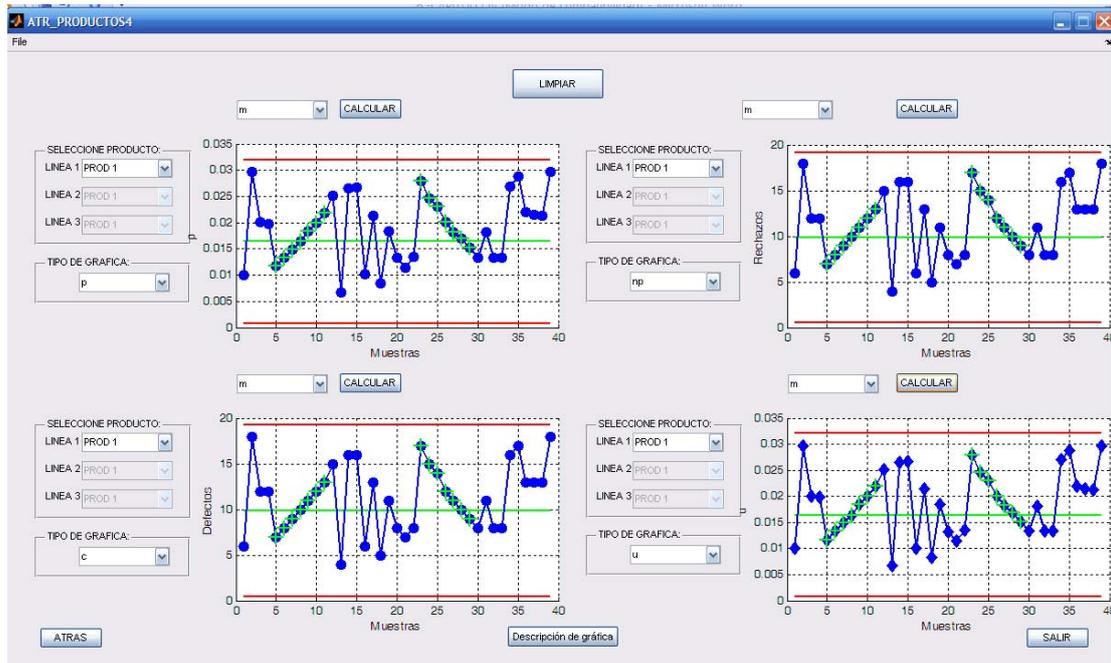


Figura 4.25 Tendencia continua

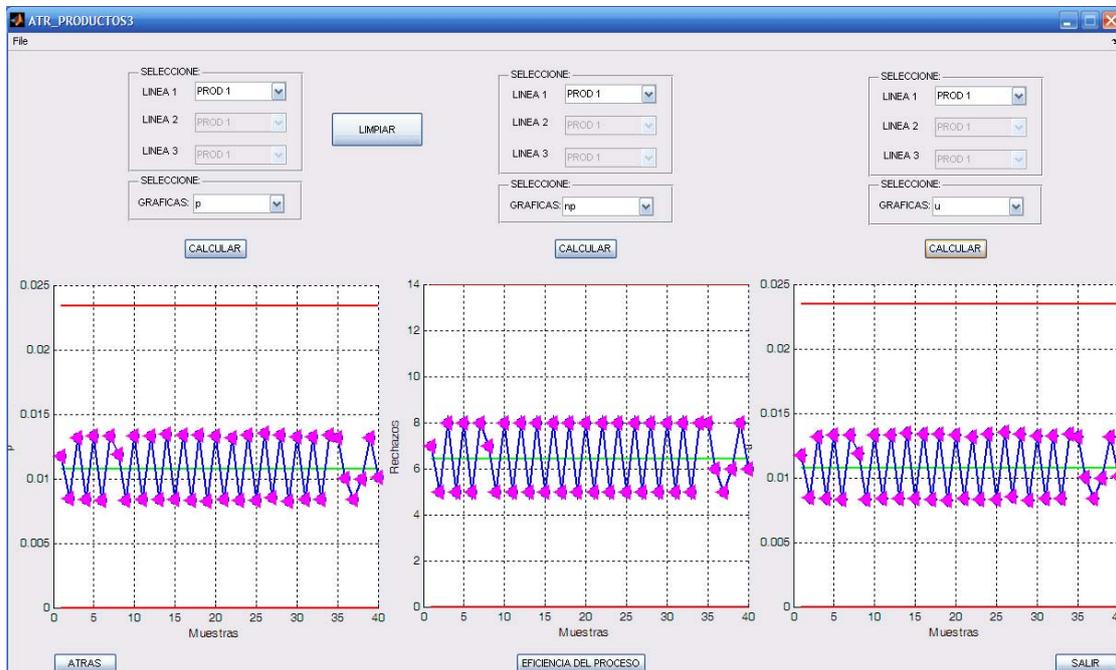


Figura 4.26 Adhesión a la media.

8. **Comportamiento gradual.** En este comportamiento las muestras presentan un comportamiento ascendente o descendente gradual, lo cual

es difícil, puesto que actualmente existen muchos controles para prescindir este tipo de casos. En la Figura 4.27 se muestra una ventana con dos espacios para graficar, donde del lado izquierdo se utiliza gráfica p y del lado derecho np .

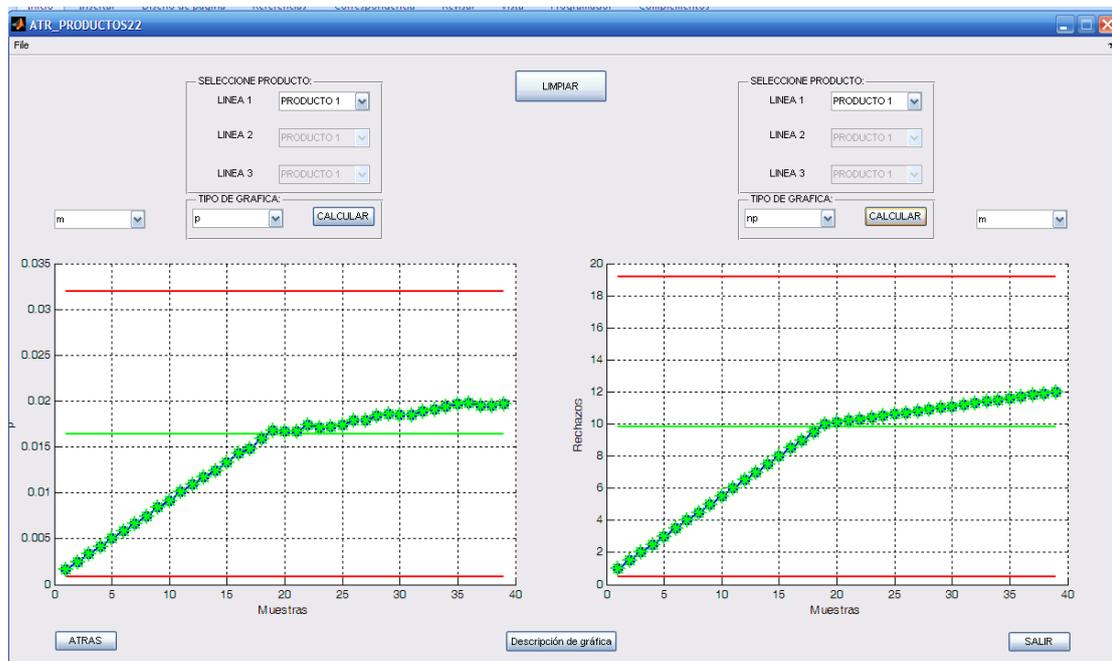


Figura 4.27 Comportamiento gradual utilizando gráficas del tipo p y np .

4.3 INDICES DE CAPACIDAD Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

De acuerdo al objetivo y metas planteadas en este trabajo consiste en proporcionar la descripción del proceso, la cual debe ser sencilla, concreta y lo más completa posible. Para ello, se propone realizar un concentrado de los datos que se van obteniendo al momento en que se está ejecutando la interfaz; es decir, proporcionar de manera resumida el comportamiento del proceso que el usuario trabajó.

Los resultados obtenidos provienen de la aplicación de las funciones que fueron diseñadas en la interfaz para graficar el comportamiento de una muestra, detectando los patrones usuales de inestabilidad, cálculo del índice de capacidad, índice de capacidad real y porcentaje de defectuosos. Por lo que el siguiente punto, consiste en mostrar el concentrado de los resultados en una hoja de

Microsoft Word, de tal manera que primero se tiene que situarse en esta opción para acceder a ella, ubicándose el usuario en la ventana “INDICES” y seleccionando la opción “Descripción del proceso” que está ubicada en la parte central inferior de dicha ventana, tal como se observa en la Figura 4.28.

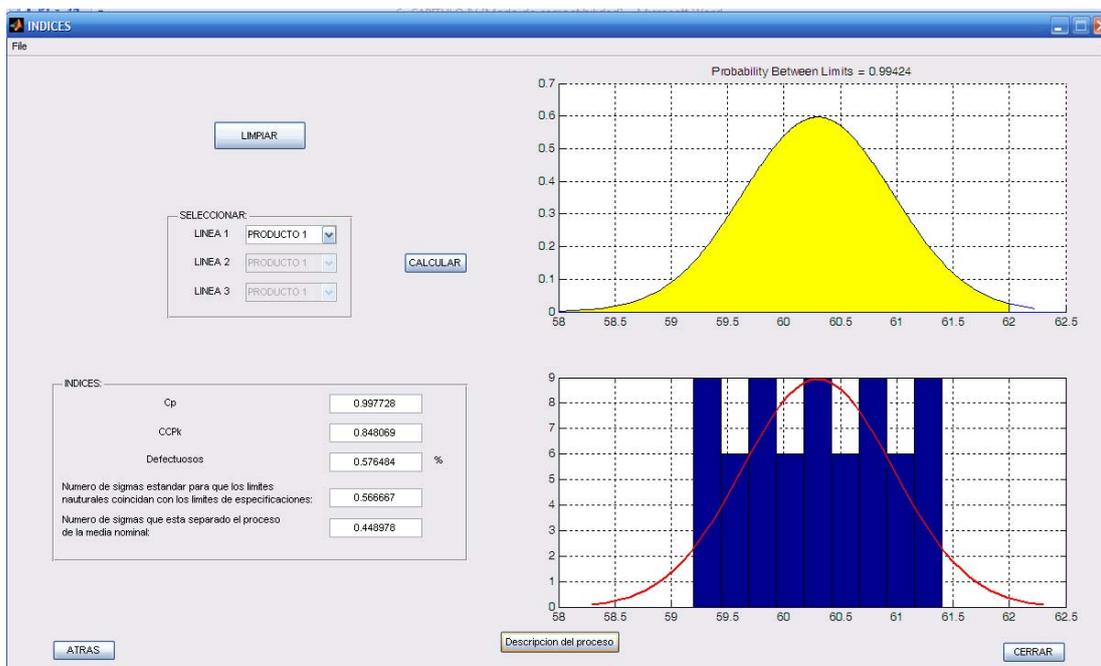


Figura 4.28 Ventana que muestra el botón “Descripción de proceso”

Una vez que el usuario selecciona la opción “Descripción del proceso”, se muestra otra ventana que indica que se debe seleccionar el nombre del archivo que desea abrir con la opción “Abrir”, como se observa en la Figura 4.29

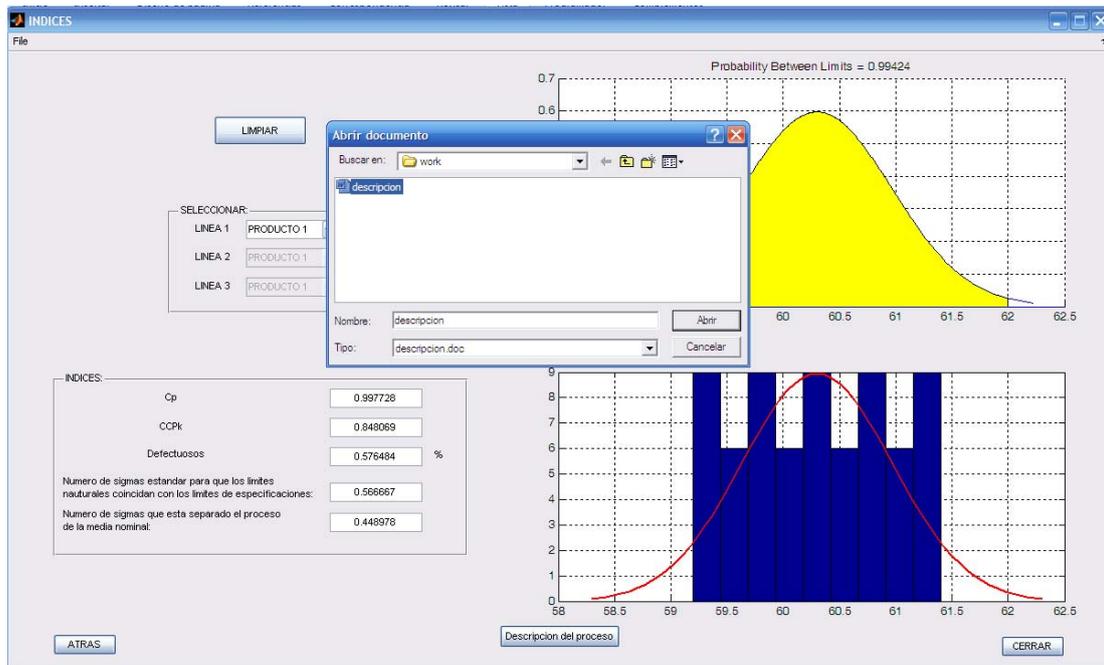


Figura 4.29 Ventana indicando nombre del archivo con la opción “Abrir”.

Posteriormente, la interfaz en forma automática realiza una conexión con Microsoft Word e imprime la descripción del proceso en el archivo llamado “descripción”, en donde se despliegan los resultados del proceso, que finalmente es el concentrado de todos los resultados realizados por la interfaz e imprimiendo solo el texto, quedando de la siguiente manera.

*****LÍNEA 1_PRODUCTO 1*****

-----GRÁFICA DE MEDIAS-----

LCS=20.0793

LC=10.068

LCI=0.05668

Se encontraron 1 patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

* 7 puntos o más están entre el Límite Central y el Límite Superior.

En esta gráfica se puede observar que no hay puntos fuera de los Límites de Control.

-----GRÁFICA DE RANGOS-----

LCS=15.7704

LC=7.46

LCI=0

Se encontraron 1 patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

* Hay puntos fuera del Límite Superior de Control.

-----GRÁFICA DE DESVIACIONES-----

LCS=6.38911

LC=3.05845

LCI=0

Se encontraron 1 patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

* Hay puntos fuera del Límite Superior de Control.

-----GRÁFICA DE MEDIANAS-----

LCS=16.5702

LC=10.08

LCI=3.5898

Se encontraron 2 patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

* Hay puntos fuera del Límite Inferior de Control.

* Hay puntos fuera del Límite Superior de Control.

-----DE MANERA GENERAL-----

Notar que se está trabajando con un 0.217129 sigma de desviación hacia la derecha. Ahora, la media del proceso es de 11.5333, por lo que se deberá disminuir su valor optimizando el proceso hasta apegarla a la media nominal cuyo valor es: 10. También se deberá de poner atención en ese 48.919 por ciento de productos defectuosos ya que solo un 51.081 por ciento de productos están cumpliendo con nuestras especificaciones.

Es importante mencionar que para las gráficas de control por Atributos, la descripción del proceso es de manera similar a la de las gráficas de control por Variables solo que para estas gráficas no se incluye el resumen que se encuentra en la opción "DE MANERA GENERAL", es decir, se realiza el enlace a una hoja de Microsoft Word e imprime en esta hoja solamente los patrones más usuales de inestabilidad.

4.4 PRUEBAS

Para realizar pruebas, fue necesario tomar datos de un proceso, para ello se proponen los datos que corresponden a humedades relativas de un jabón de tocador que fueron tomados en las estancias profesionales (ver apéndice D). Una vez que ya se tienen estos datos, se graficaron a manera de prueba en los softwares Minitab, Excel y en la interfaz, con la intención de comparar las gráficas

que muestra la interfaz con los otros dos softwares, quedando los resultados como se aprecia a continuación:

Software Minitab

Al utilizar el software Minitab, se obtiene la gráfica de medias como se aprecia en la Figura 4.30.

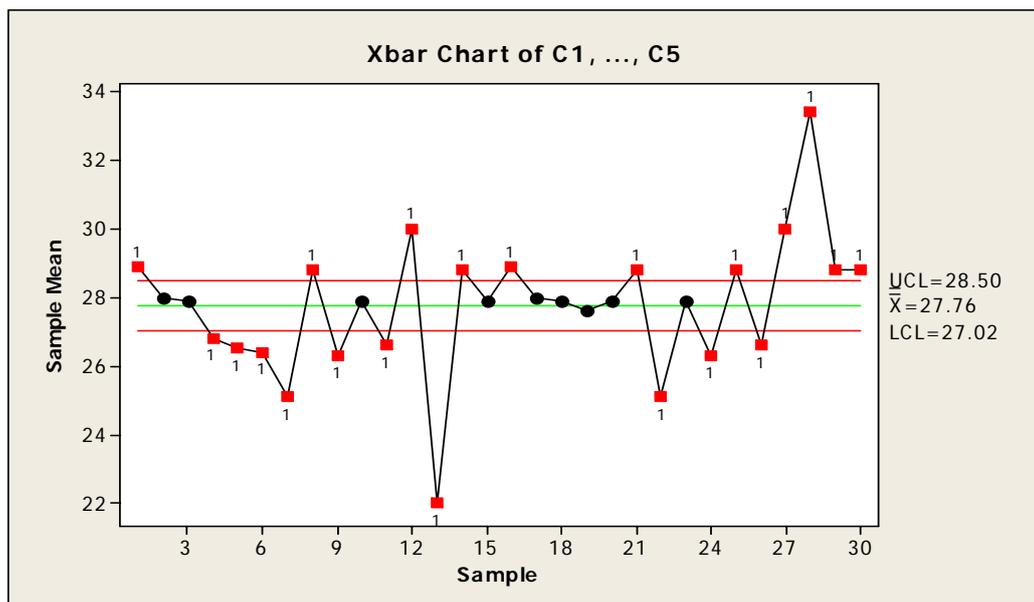


Figura 4.30 Gráficas de medias obtenidas con Minitab.

En este software se observa que proporciona las magnitudes de los valores correspondientes a los Límites de Control (Superior, Central e Inferior) y la media de los datos, además también identifica un patrón de inestabilidad que corresponde a las medias de las muestras cuyo valor está fuera de los Límites de Control (Superior e Inferior), mostrando dichos valores en color rojo. Cabe resaltar que en este software los Límites de Control son calculados a partir de los datos de las muestras y no de datos históricos, lo cual indica que estos Límites son solo una aproximación. Por otro lado, la tarea que este software no realiza es la de identificar los demás patrones comunes de inestabilidad que se presentan en los datos, en este caso no detectó dos patrones de inestabilidad, siendo uno de ellos siete puntos, los cuales tienen un comportamiento descendente y el otro también

de siete puntos que se ubican entre el Límite Central y el Límite Superior de Control.

Software Excel

Utilizando el software Excel, se obtuvo una gráfica de medias como se aprecia en la Figura 4.31.

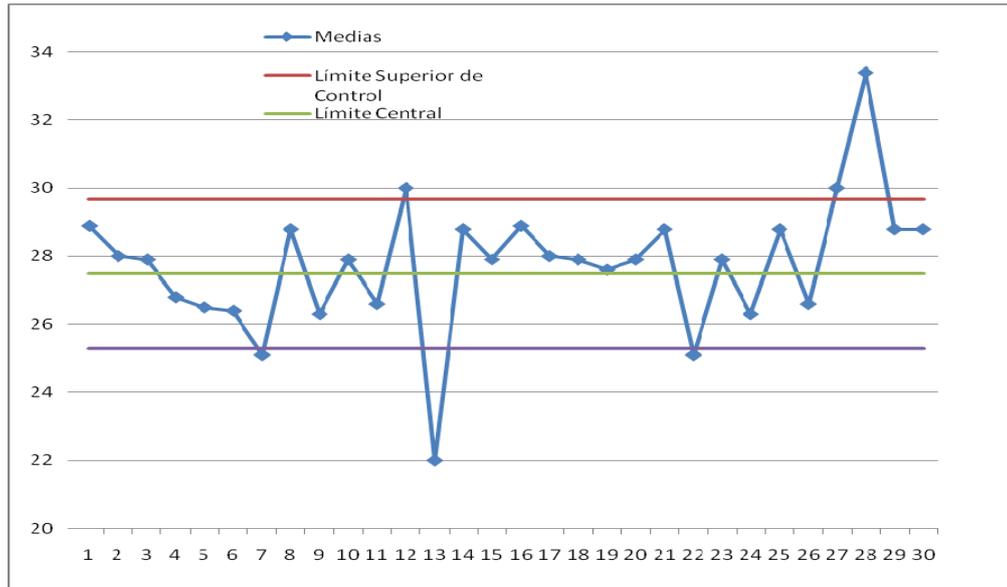


Figura 4.31 Gráfica de medias obtenida con Excel.

En este tipo de gráficas, se visualizan los Límites de Control (Superior, Central e Inferior) y las medias de los datos. Es importante resaltar que en esta gráfica, existen algunos patrones de inestabilidad que no son identificados por el software, tales como siete puntos tienen un comportamiento descendente, siete puntos están entre el Límite Central y el Límite Superior de Control y por último la existencia de puntos fuera de los Límites de Control.

La interfaz desarrollada

Ahora, al utilizar la interfaz para calcular las medias de los valores y graficarlos, se ingresaron los datos en la Línea 1 y Producto 1(L1_P1), obteniéndose una gráfica como se aprecia en la Figura 4.32.

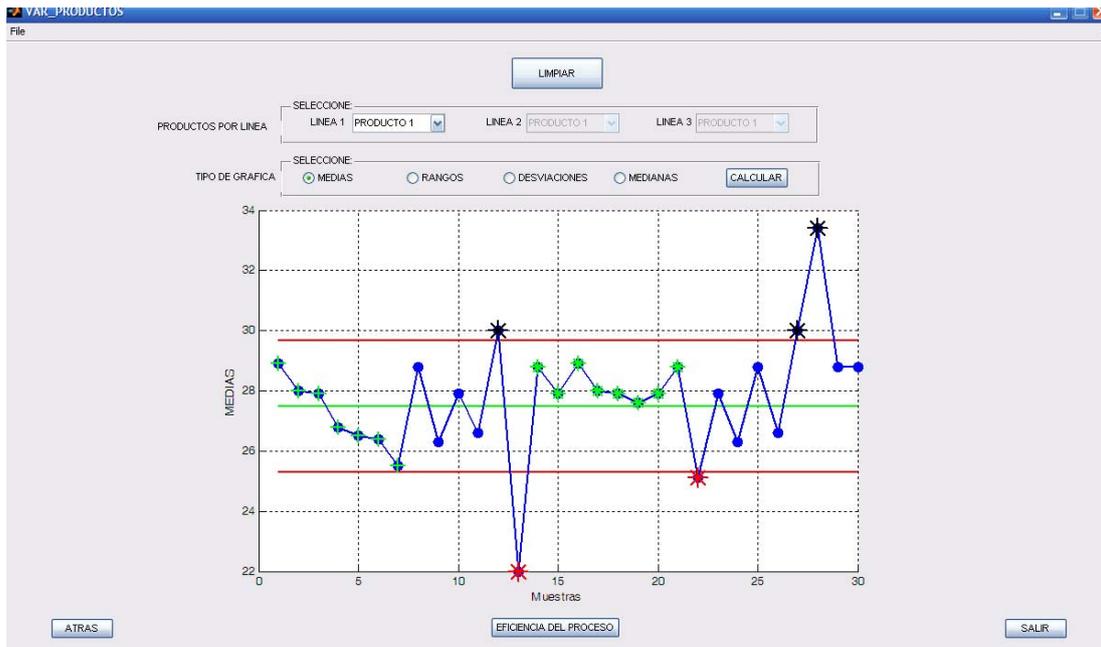


Figura 4.32 Gráficas de medias obtenidas con la interfaz.

En la Figura anterior se observa que no muestra las magnitudes de los Límites de Control (Superior, Central e Inferior) sobre la gráfica, esto es debido a que estos son presentados en la descripción del proceso que se realiza después. Por otro lado, se observa que la interfaz identifica la presencia de algún patrón de inestabilidad, para este caso muestra tres patrones, siendo estos los siguientes; siete puntos tienen un comportamiento descendente, siete puntos están entre el Límite Central y el Límite Superior de Control y por último existen puntos fuera de los Límites de Control, los cuales son marcados de diferente color y forma para que se resalten dentro de la gráfica.

Aunado a lo anterior, la ventana en donde muestra la gráfica de medias, está disponible la opción “EFICIENCIA DEL PROCESO”, la cual permite determinar la capacidad del proceso. Esta opción es un requisito obligatorio de realizar para llegar a la descripción del proceso, esto es debido a que en la descripción se utilizan conceptos que son calculados en esta ventana, quedando la eficiencia como se observa en la Figura 4.33.

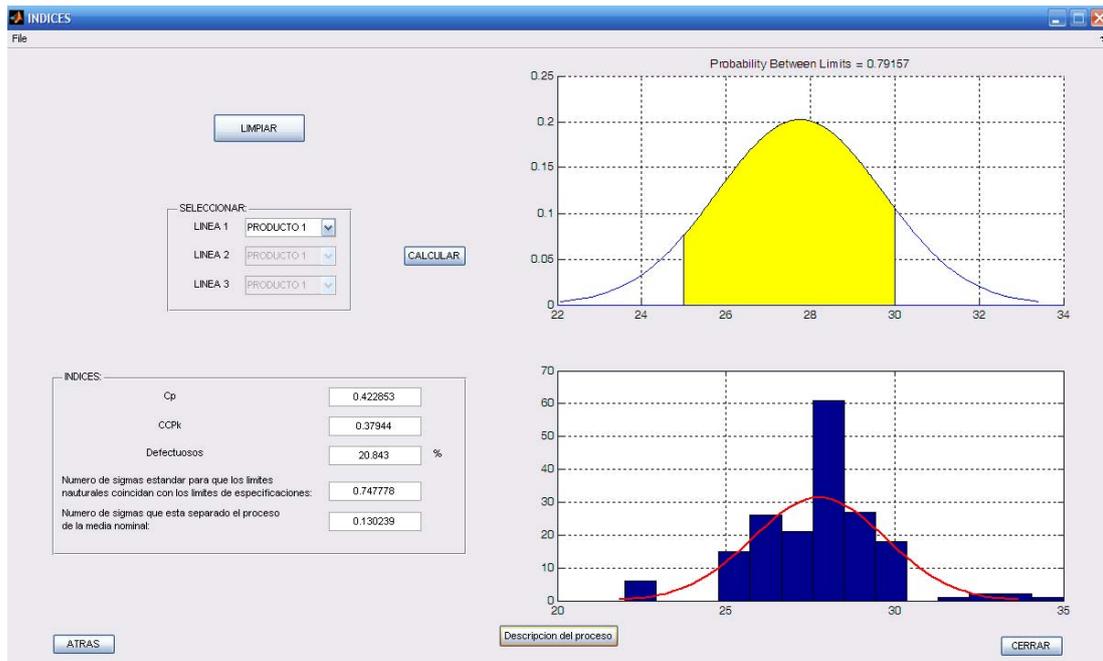


Figura 4.33 Capacidad del proceso obtenida mediante la interfaz.

Posteriormente, se presiona la opción “Descripción del proceso” en donde se resume brevemente los patrones de inestabilidad que se presentan y los Límites de Control de cada una de las gráficas. Para este caso se muestran los resultados de todas las gráficas que se seleccionaron en la Línea 1 y Producto 1 quedando esta como se muestra a continuación.

*****LINEA 1_PRODUCTO 1*****

-----GRÁFICA DE MEDIAS-----

LCS=29.6634

LC=27.4747

LCI=25.2859

Se encontraron 4 patrón (es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

- * 7 puntos o más tienen comportamiento descendente.
- * 7 puntos o más están entre el límite central y el límite superior.
- * Hay puntos fuera del límite Inferior de control.
- * Hay puntos fuera del límite Superior de control.

-----GRÁFICA DE RANGOS-----

LCS=8.01911

LC=3.79333

LCI=0

Se encontraron 3 patrón (es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

- * 7 puntos o más tienen comportamiento ascendente.
- * 7 puntos o más tienen comportamiento descendente.
- * 7 puntos o más están entre el límite central y el límite inferior.

En esta gráfica se puede observar que no hay puntos fuera de los límites de control.

-----GRÁFICA DE DESVIACIONES-----

LCS=3.39716

LC=1.62621

LCI=0

Se encontraron 1 patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite inferior.

En esta gráfica se puede observar que no hay puntos fuera de los límites de control.

-----GRÁFICA DE MEDIANAS-----

LCS=30.7335

LC=27.4333

LCI=24.1331

Se encontraron 3 patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica, este o estos son:

* 7 puntos o más tienen comportamiento descendente.

* Hay puntos fuera del límite inferior de control.

* Hay puntos fuera del límite superior de control.

-----DE MANERA GENERAL-----

Notar que se está trabajando con un 0.130239 sigma de desviación hacia la derecha. Ahora, la media del proceso es de 27.7567, por lo que se deberá disminuir su valor optimizando el proceso hasta apegarla a la media nominal cuyo valor es: 27.5. También se deberá de poner atención en ese 20.843 por ciento de productos defectuosos ya que solo un 79.157 por ciento de productos están cumpliendo con nuestras especificaciones.

También es importante mencionar que la interfaz fue validada por la Quim. Marbelia Rueda Girón jefa del Departamento de Calidad de la empresa Liconsa Oaxaca S.A. de C.V. (ver apéndice C)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

En este documento se describió el desarrollo realizado para construir una interfaz aplicada al CEP, así como también las funciones que fueron implementadas en cada una de las ventanas que conformaron el cuerpo total de la interfaz.

La realización de este proyecto de tesis se hizo con la finalidad de tener una herramienta sencilla que se pueda aplicar en los procesos de transformación. Una vez finalizado el desarrollo del proyecto se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- De los paquetes estadísticos aplicados al CEP como el Minitab, Excel y Matlab, se considera que este último es el más óptimo para el análisis de los datos, esto es porque los datos son manejados mediante vectores y matrices.
- El software Matlab es una herramienta flexible para la elaboración de interfaces, debido a que cuenta con lenguaje propio de programación y puede orientarse objetos, permitiendo elaborar interfaces de acuerdo a las necesidades que se requieran.
- Las funciones de programación que se elaboraron, permiten mostrar en la interfaz los patrones de inestabilidad más comunes, cuando estos se presentaron en una serie de datos.
- Al mostrar solamente las gráficas de control por Variables, Atributos y capacidad del proceso, la interfaz es más fácil de manejar frente a softwares que son muy amplios y complejos.
- Al brindar una breve descripción del comportamiento de los datos, se disminuyen los tiempos de análisis, lo que garantiza más seguridad en la interpretación de los datos.

TRABAJOS FUTUROS

Considerando como base este y otros trabajos desarrollados previamente son se propone lo siguiente:

- Adaptar la interfaz a una tarjeta de adquisición de datos, para que los registros se realicen de manera automatizada.
- Complementar la interfaz agregándole funciones, para el cálculo y desarrollo de gráficas de control de suma acumulada y promedio móvil ponderado exponencialmente.
- Implementar funciones a esta interfaz de métodos de control de inventarios y algunos algoritmos de interpolación, para de esta manera se aplique en cuestiones de predicción de demanda y ventas.

Por todo lo anterior, reconocer y recomendar ampliamente el diseño y desarrollo de interfaces sencillas que se pueden elaborar con herramientas que la Universidad Tecnológica de la Mixteca brinda, para que ayuden a las pequeñas y medianas industrias a tener un mejor control de sus procesos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez P., Alberto I., Rodríguez J. Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas \bar{X} y R. Redalyc. Política y Cultura. Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco México. ISSN (Versión impresa): 0188-7742. pp. 151-169.(2009)
2. Hart M., Ph.D. & Hart R., Ph.D. Introduction to STATISTICAL PROCESS CONTROL TECHNIQUES. Static Software, Inc., 1128 NE 2nd St, Ste 108, Corvallis, Oregon 97330. pp.14. (2007).
3. Douglas C. Montgomery. Introduction to statistical Quality Control. Arizona State University. John Wiley & Sons, Inc. Fourth Edition. ISBN 0-471-31648-2.(2001)
4. Cruz Ramírez José., “Historia de la Calidad” en EXCELLENTIA, pp. 8-14.(2000).
5. Harrison M. Wadsworth, JR. Kenneth S. Stephens, A. Blanton Godfrey. Metodos de control de calidad. CECSA. ISBN 970-24-0648-X.Georgia Institute of Technology, Souther Polytechnic State University, North Carolina State University. Pp. 6. (2005)
6. Umut K. Application of statistical process control to software development processes via control charts. A thesis submitted to the graduate school of informatics. The middle east technical university.(May 2003)
7. Sutherland J., Devor, R., Chang, T., Statistical Quality Design and Control. Prentice Hall Publishing Company. ISBN: 002329180X.(1992)
8. Paulk, M. C., Chrissis, M. B., “The 2001 High Maturity Workshop,(CMU/SEI 2001-SR-014)”. Carnegie Mellon University, (January 2002).
9. Montgomery, D.C., Introduction to Statistical Quality Control. John Wiley & Sons, Inc., Republic of Singapore. ISBN 0-471-51988-X. (1991)
10. Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar. Control Estadístico de la calidad y Seis Sixma. Centro Universitario de ciencias Exactas e Ingeniería Universidad de Guadalajara, Centro de Investigación en Matemáticas Guanajuato México McGraw-Hill Interamericana. ISBN 970-10-4724-9.(2004)
11. System Reliability Center 201 Mill Street Rome, NY 13440-6916. Copyright Alion Science and Technology. All rights reserved.(2004)
12. Shewhart, W.A., Statistical Method: From the Viewpoint of Quality Control, Lancaster Press Inc., (1939).

13. Kloosterman P., Galindo E., Bauer W., Wiest L. Statistical Process Control. Produced by the Mathematics Education Development Center at Indiana University. (1995)
14. Adisorn K., Somsak Ch., Somsak Ch. Products Test time Improvement: Statistical Process Control and Process Capability Analysis with Non-normal Data. College of Data Storage Technology and Applications and Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Thailand. (March 17-18 2010).
15. Timothy M., Young Brian H. Bond, Jan Wiedenbeck. Implementation of a real-time statistical process control system in hardwood sawmills. The Univ. of Tennessee, Forest Products Center Knoxville Tennessee, Department of Wood Science and Forest Products, Brooks Forest Products Center, Blacksburg Virginia and Project Leader, USDA Forest Service, Northeastern Research Station, Princeton, West Virginia. (May 2006)
16. F. J. Semel, David J. Kasputis and P. Ulf Gummeson. Statistical process control in iron ponder production and new product development. Hoeganaes Corporation River Road & Taylors Lane Riverton, New Jersey. SAE Congress Detroit, Michigan. (February 29-March 4, 1988).
17. Scordaki A. and Psarakis S. Statistical Process Control in Service Industry An Application with Real Data in a Commercial Company. Broscor S.A., Department of Logistics, Athens, Greece Athens University of Economic and Business, Department of Statistics, Athens, Greece. (2004)
18. Beamon, B.M. and Ware, T.M. "A process quality model for the analysis, improvement and control of supply chain systems", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 28 No. 9/10, pp. 704-15. (1998).
19. Benneyan, J.C. "Statistical quality control methods in infection control and hospital epidemiology, part I: introduction and basic theory", Infection Control and Hospital Epidemiology, Vol. 19 No. 3, pp. 194-214. (1998).
20. Benneyan, J.C. "Statistical quality control methods in infection control and hospital epidemiology, part II: chart use, statistical properties, and research issues", Infection Control and Hospital Epidemiology, Vol. 19 No. 4, pp. 265-83. (1998b).
21. Gallagher N., Wise B., Watts S., White D., And Barna G. Development and benchmarking of multivariate statistical process control tools for a semiconductor etch process: improving robustness through model updating. Eigenvector research, inc. 830 wapato lake road manson, wa 98831 USA.
22. Bakker A., Kent P., Derry J., Noss R., Hoyles C. Statistical inference at work: statistical process control as an example freudenthal institute, utrecht university & institute of education. University of London. Statistics Education Research Journal, 7(2), 130-145. (November, 2008)

23. Mini-circuits®. P.O. Box 350166, brooklyn, New York. Distribution centers North America.
24. Mohd J. & Kok C. Improving quality with basic statistical process control (spc) tools: a case study. *Jurnal teknologi*, 35(a) dis. 2001: 21–34. Universiti Teknologi Malaysia.(2007)
25. LabVIEW®. Statistical Process Control Toolkit Reference Manual. Copyright 1994 National Instruments Corporation. All rights reserved. Part Number 320753A-01 (September 1994).
26. SAP AG. Statistical Process Control (SPC). Release 4.6C. Copyright 2001 SAP AG. All rights reserved. (April 2001).
27. MathWorks. Statistics Toolbox™ User's Guide. COPYRIGHT 1993–2008 by The MathWorks, Inc.
28. Laosiritaworn W., Bunjongjit T. Visual Basic Application for Statistical Process Control: A Case of Metal Frame for Actuator Production Process. Chiangmai University, Chiangmai, Thailand. ISBN 978-988-18210-5-8, ISSN 2078-0958(print), ISSN 2078-0966(online). Hong Kong. (March 17-19 2010).
29. Valencia P., Carrasco A., Méndez B., Ruíz J. Diseño de una interfaz gráfica para el control estadístico de procesos. Congreso internacional de academia journals.com, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, ISSN 1946-5331 ONLINE 1948-2353. (2010)
30. Fiorentini G., Kaiser R. El programa matlab y su uso en el análisis econométrico. CEMFI, Universidad Carlos III. *Revista de Economía Aplicada* Número 10 (vol. IV), págs. 213 a 219.(1996).
31. The Mathworks, Inc., 24 Prime Park Way, Natick, MA 01760-1520, USA. E-mail:info@mathworks.com.
32. Barragán D. O., Manual de interfaz gráfica de usuario en matlab. Ecuador. (2008)

APÉNDICE A

CONSTANTES PARA LAS GRÁFICAS DE CONTROL

# de observaciones	A2	A3	A6	B3	B4	c4	d2	d3	d4	D3	D4	D5	D6	E2
2	1,880	2,659		0	3,267	0,7979	1,128	0,853	0,954	0	3,267	0	3,865	2,660
3	1,023	1,954	1,187	0	2,568	0,8862	1,693	0,888	1,588	0	2,574	0	2,745	1,772
4	0,729	1,628		0	2,266	0,9213	2,059	0,880	1,978	0	2,282	0	2,375	1,457
5	0,577	1,427	0,691	0	2,089	0,9400	2,326	0,864	2,257	0	2,114	0	2,179	1,290
6	0,483	1,287		0,030	1,970	0,9515	2,534	0,848	2,472	0	2,004	0	2,055	1,184
7	0,419	1,182	0,509	0,118	1,882	0,9594	2,704	0,833	2,645	0,076	1,924	0,078	1,967	1,109
8	0,373	1,099		0,185	1,815	0,9650	2,847	0,820	2,791	0,136	1,864	0,139	1,901	1,054
9	0,337	1,032	0,412	0,239	1,761	0,9693	2,970	0,808	2,915	0,184	1,816	0,187	1,850	1,010
10	0,308	0,975		0,284	1,716	0,9727	3,078	0,797	3,024	0,223	1,777	0,227	1,809	0,975
11	0,285	0,927	0,350	0,321	1,679	0,9754	3,173	0,787	3,121	0,256	1,744			
12	0,266	0,886		0,354	1,646	0,9776	3,258	0,778	3,207	0,283	1,717			
13	0,249	0,850		0,382	1,618	0,9794	3,336	0,770	3,285	0,307	1,693			
14	0,235	0,817		0,406	1,594	0,9810	3,407	0,762	3,356	0,328	1,672			
15	0,223	0,789		0,428	1,572	0,9823	3,472	0,755	3,422	0,347	1,653			
16	0,212	0,763		0,448	1,552	0,9835	3,532	0,749	3,482	0,363	1,637			
17	0,203	0,739		0,466	1,534	0,9845	3,588	0,743	3,538	0,378	1,622			
18	0,194	0,718		0,482	1,518	0,9854	3,640	0,738	3,591	0,391	1,608			
19	0,187	0,698		0,497	1,503	0,9862	3,689	0,733	3,640	0,403	1,597			
20	0,180	0,680		0,510	1,490	0,9869	3,735	0,729	3,686	0,415	1,585			
21	0,173	0,663		0,523	1,477	0,9876	3,778	0,724	3,730	0,425	1,575			
22	0,167	0,647		0,543	1,466	0,9882	3,819	0,720	3,771	0,434	1,566			
23	0,162	0,633		0,545	1,455	0,9887	3,858	0,716	3,811	0,443	1,557			
24	0,157	0,619		0,555	1,445	0,9892	3,895	0,712	3,847	0,451	1,548			
25	0,153	0,606		0,565	1,435	0,9896	3,931	0,709	3,883	0,459	1,541			

APÉNDICE B

CÓDIGO DE LAS FUNCIONES PRINCIPALES

Nota general.

- Para entender el código, es necesario conocer el lenguaje de programación del software Matlab.

Función: Calcular Límites de Control de los productos 1,2 y 3 de la línea1 por Variables

Nota para esta función.

- El código mostrado es para una línea con sus tres productos, el código para las demás líneas y productos es de manera similar.

```
function limites_control

global LCSML1P1,global LCML1P1,global LCIML1P1
global LCSRL1P1,global LCRL1P1,global LCIRL1P1
global LCSDL1P1,global LCDL1P1,global LCIDL1P1
global LCSMeL1P1,global LCMel1P1,global LCIMel1P1

global LCSML1P2,global LCML1P2,global LCIML1P2
global LCSRL1P2,global LCRL1P2,global LCIRL1P2
global LCSDL1P2,global LCDL1P2,global LCIDL1P2
global LCSMeL1P2,global LCMel1P2,global LCIMel1P2

global LCSML1P3,global LCML1P3,global LCIML1P3
global LCSRL1P3,global LCRL1P3,global LCIRL1P3
global LCSDL1P3,global LCDL1P3,global LCIDL1P3
global LCSMeL1P3,global LCMel1P3,global LCIMel1P3

global un
global do
global I1,global I2,global I3
global I4,global I5,global I6
global I7,global I8,global I9

%-----línea1_producto1-----
M=0;,R=0;,O=0;,Y=0;
I1=xlsread('H_L1_P1.xls');
    menom=(un+do)/2;
    G=I1;
    H=G;
    rang=0;
    tam=size (H);
    t=tam(2);
    mu=tam(1);
    k=1;
    for(i=1:mu)
        for(j=1:t)
            K(1,k)=H(i,j);
            k=k+1;
        end
    end
end
```

```

des=std(K);
n=1;,m=1;,E=0;,L=0;,b=0;,c=0;,pA=0;,pD=0;,pasanA=0;,pasanD=0;,yi=1;,yo=1;
for(i=1:mu)
    for(j=1:t)%En este for llenamos un vector D que es cada una de las muestras
        D(1,j)=H(i,j);
        j=j+1;
        G=D;
    end
    for(l=1:mu-1)% en estos 2 for se ordena de menor a mayor el vector D
        for(k=1:t-1)
            B(k)=D(k);
            if(B(k)>D(k+1))
                aux=B(k);
                B(k)=D(k+1);
                D(k+1)=aux;
                D(k)=B(k);
            end
            k=k+1;
        end
        l=l+1;
    end
    if(mod(t,2)==0)%obtenemos la mediana del vector D
        Y(i,1)=(D(1,(t/2))+D(1,((t/2)+1)))/2;
    else
        Y(i,1)=D((t+1)/2);
    end
    R(i,1)=D(1,t)-D(1,1);%obtenemos el rango del vector D
    if(i==1)
        rang=R(i,1);
        r=i;
    end
    if(i>=2)
        if(R(i,1)>=rang)
            rang=R(i,1);
            r=i;
        end
    end
    M(i,1)=sum(D)/t;%obtenemos la media del vector D
    for(u=1:t)
        S(u,1)=(M(i,1)-D(1,u))^2;
        u=u+1;
    end
    O(i,1)=(sum(S)/(t-1))^(.5);%obtenemos la desviacion estandar del vector D
    i=i+1;
end

Media=sum(M)/mu;% se obtienen los promedios de la media
Rango=sum(R)/mu;% se obtienen los promedios del rango
Desviacion=sum(O)/mu;% se obtienen los promedios de la desviacion
Medianas=sum(Y)/mu;% se obtienen los promedios de las medianas

sig=(menom-Media)^2;
sig=((sig)^.5)/des;

CA=[1.88 1.023 .729 .577 .483 .419 .373 .337 .308 .285 .266 .249 .235 .223 .212 .203 .194 .187 .180
.173 .167 .162 .157 .153];
A=CA(t-1);
LCSML1P1=Media+(A*Rango);
LCML1P1=Media;
LCIML1P1=Media-(A*Rango);

```

```

CD4=[3.267 2.575 2.282 2.114 2.01 1.924 1.864 1.816 1.777 1.744 1.717 1.693 1.672 1.653 1.637
1.622 1.609 1.596 1.585 1.575 1.565 1.557 1.548 1.541];
CD3=[0 0 0 0 0 .076 .136 .184 .223 .256 .283 .307 .328 .347 .363 .378 .391 .404 .415 .425 .435 .443
.452 .459];
R4=CD4(t-1);
R3=CD3(t-1);
LCSRL1P1=R4*Rango;
LCRL1P1=Rango;
LCIRL1P1=R3*Rango;

CB4=[3.267 2.568 2.266 2.089 1.970 1.882 1.815 1.761 1.716 1.679 1.646 1.618 1.594 1.572 1.552
1.534 1.518 1.503 1.490 1.477 1.466 1.455 1.455 1.445 1.435];
CB3=[0 0 0 0 .030 .118 .185 .239 .284 .321 .354 .382 .406 .428 .448 .466 .482 .497 .510 .523 .534
.545 .555 .565];
B4=CB4(t-1);
B3=CB3(t-1);
LCSDL1P1=B4*Desviacion;
LCDL1P1=Desviacion;
LCIDL1P1=B3*Desviacion;

A6=.87;
LCSMeL1P1=Medianas+(A6*Rango);
LCMeL1P1=Medianas;
LCIMeL1P1=Medianas-(A6*Rango);

```

```

%-----linea1_producto2-----
M=0;,R=0;,O=0;,Y=0;
I2=xlsread('H_L1_P2.xls');
menom=(un+do)/2;
G=I2;
H=G;
rang=0;
tam=size (H);
t=tam(2);
mu=tam(1);
k=1;
for(i=1:mu)
    for(j=1:t)
        K(1,k)=H(i,j);
        k=k+1;
    end
end
des=std(K);
n=1;,m=1;,E=0;,L=0;,b=0;,c=0;,pA=0;,pD=0;,pasaA=0;,pasaD=0;,yi=1;,yo=1;
for(i=1:mu)
    for(j=1:t)%En este for llenamos un vector D que es cada una de las muestras
        D(1,j)=H(i,j);
        j=j+1;
        G=D;
    end
    for(l=1:mu-1)% en estos 2 for se ordena de menor a mayor el vector D
        for(k=1:t-1)
            B(k)=D(k);
            if(B(k)>D(k+1))
                aux=B(k);
                B(k)=D(k+1);
                D(k+1)=aux;
                D(k)=B(k);
            end
        end
    end
end

```

```

        k=k+1;
    end
    l=l+1;
end
if(mod(t,2)==0)%obtenemos la mediana del vector D
    Y(i,1)=(D(1,(t/2))+D(1,((t/2)+1)))/2;
else
    Y(i,1)=D((t+1)/2);
end
R(i,1)=D(1,t)-D(1,1);%obtenemos el rango del vector D
if(i==1)
    rang=R(i,1);
    r=i;
end
if(i>=2)
    if(R(i,1)>=rang)
        rang=R(i,1);
        r=i;
    end
end
M(i,1)=sum(D)/t;%obtenemos la media del vector D
for(u=1:t)
    S(u,1)=(M(i,1)-D(1,u))^2;
    u=u+1;
end
O(i,1)=(sum(S)/(t-1))^(.5);%obtenemos la desviacion estandar del vector D
i=i+1;
end
Media=sum(M)/mu; % se obtienen los promedios de la media
Rango=sum(R)/mu; % se obtienen los promedios del rango
Desviacion=sum(O)/mu;% se obtienen los promedios de la desviacion
Medianas=sum(Y)/mu;% se obtienen los promedios de las medianas

sig=(menom-Media)^2;
sig=((sig)^.5)/des;

CA=[1.88 1.023 .729 .577 .483 .419 .373 .337 .308 .285 .266 .249 .235 .223 .212 .203 .194 .187 .180
.173 .167 .162 .157 .153];
A=CA(t-1);
LCSML1P2=Media+(A*Rango);
LCML1P2=Media;
LCIML1P2=Media-(A*Rango);

CD4=[3.267 2.575 2.282 2.114 2.01 1.924 1.864 1.816 1.777 1.744 1.717 1.693 1.672 1.653 1.637
1.622 1.609 1.596 1.585 1.575 1.565 1.557 1.548 1.541];
CD3=[0 0 0 0 .076 .136 .184 .223 .256 .283 .307 .328 .347 .363 .378 .391 .404 .415 .425 .435 .443
.452 .459];
R4=CD4(t-1);
R3=CD3(t-1);
LCSRL1P2=R4*Rango;
LCRL1P2=Rango;
LCIRL1P2=R3*Rango;

CB4=[3.267 2.568 2.266 2.089 1.970 1.882 1.815 1.761 1.716 1.679 1.646 1.618 1.594 1.572 1.552
1.534 1.518 1.503 1.490 1.477 1.466 1.455 1.455 1.445 1.435];
CB3=[0 0 0 0 .030 .118 .185 .239 .284 .321 .354 .382 .406 .428 .448 .466 .482 .497 .510 .523 .534
.545 .555 .565];
B4=CB4(t-1);
B3=CB3(t-1);
LCSDL1P2=B4*Desviacion;

```

```

LCDL1P2=Desviacion;
LCIDL1P2=B3*Desviacion;

A6=.87;
LCMeL1P2=Medianas+(A6*Rango);
LCMeL1P2=Medianas;
LCIMeL1P2=Medianas-(A6*Rango);

```

```

%-----linea1_producto3-----
M=0;R=0;O=0;Y=0;

I3=xlsread('H_L1_P3.xls');
menom=(un+do)/2;
G=I3;
H=G;
rang=0;
tam=size(H);
t=tam(2);
mu=tam(1);
k=1;
for(i=1:mu)
    for(j=1:t)
        K(1,k)=H(i,j);
        k=k+1;
    end
end
des=std(K);
n=1; m=1; E=0; L=0; b=0; c=0; pA=0; pD=0; pasanA=0; pasanD=0; yi=1; yo=1;
for(i=1:mu)
    for(j=1:t)%En este for llenamos un vector D que es cada una de las muestras
        D(1,j)=H(i,j);
        j=j+1;
        G=D;
    end
    for(l=1:mu-1)% en estos 2 for se ordena de menor a mayor el vector D
        for(k=1:t-1)
            B(k)=D(k);
            if(B(k)>D(k+1))
                aux=B(k);
                B(k)=D(k+1);
                D(k+1)=aux;
                D(k)=B(k);
            end
            k=k+1;
        end
        l=l+1;
    end
    if(mod(t,2)==0)%obtenemos la mediana del vector D
        Y(i,1)=(D(1,(t/2))+D(1,((t/2)+1)))/2;
    else
        Y(i,1)=D((t+1)/2);
    end
    R(i,1)=D(1,t)-D(1,1);%obtenemos el rango del vector D
    if(i==1)
        rang=R(i,1);
        r=i;
    end
    if(i>=2)
        if(R(i,1)>=rang)

```

```

        rang=R(i,1);
        r=i;
    end
end
M(i,1)=sum(D)/t;%obtenemos la media del vector D
for(u=1:t)
    S(u,1)=(M(i,1)-D(1,u))^2;
    u=u+1;
end
O(i,1)=(sum (S)/(t-1))^(.5);%obtenemos la desviacion estandar del vector D
i=i+1;
end
Media=sum(M)/mu;% se obtienen los promedios de la media
Rango=sum(R)/mu;% se obtienen los promedios del rango
Desviacion=sum(O)/mu;% se obtienen los promedios de la desviacion
Medianas=sum(Y)/mu;% se obtienen los promedios de las medianas

sig=(menom-Media)^2;
sig=((sig)^.5)/des;

CA=[1.88 1.023 .729 .577 .483 .419 .373 .337 .308 .285 .266 .249 .235 .223 .212 .203 .194 .187 .180
.173 .167 .162 .157 .153];
A=CA(t-1);
LCSML1P3=Media+(A*Rango);
LCML1P3=Media;
LCIML1P3=Media-(A*Rango);

CD4=[3.267 2.575 2.282 2.114 2.01 1.924 1.864 1.816 1.777 1.744 1.717 1.693 1.672 1.653 1.637
1.622 1.609 1.596 1.585 1.575 1.565 1.557 1.548 1.541];
CD3=[0 0 0 0 .076 .136 .184 .223 .256 .283 .307 .328 .347 .363 .378 .391 .404 .415 .425 .435 .443
.452 .459];
R4=CD4(t-1);
R3=CD3(t-1);
LCSRL1P3=R4*Rango;
LCRL1P3=Rango;
LCIRL1P3=R3*Rango;

CB4=[3.267 2.568 2.266 2.089 1.970 1.882 1.815 1.761 1.716 1.679 1.646 1.618 1.594 1.572 1.552
1.534 1.518 1.503 1.490 1.477 1.466 1.455 1.455 1.445 1.435];
CB3=[0 0 0 0 .030 .118 .185 .239 .284 .321 .354 .382 .406 .428 .448 .466 .482 .497 .510 .523 .534
.545 .555 .565];
B4=CB4(t-1);
B3=CB3(t-1);
LCSDL1P3=B4*Desviacion;
LCDL1P3=Desviacion;
LCIDL1P3=B3*Desviacion;

A6=.87;
LCSMeL1P3=Medianas+(A6*Rango);
LCMeL1P3=Medianas;
LCIMeL1P3=Medianas-(A6*Rango);

```

Función: Calcular Límites de Control de los productos 1,2 y 3 de la línea 1 por Atributos

Nota para esta función.

- El código mostrado es para una línea con tres productos, el código para las demás líneas y productos es de manera similar.

```
function limites_control_atri
```

```
global ALCSML1P1,global ALCML1P1,global ALCIML1P1
global ALCSRL1P1,global ALCRL1P1,global ALCIRL1P1
global ALCSDL1P1,global ALCDL1P1,global ALCIDL1P1
global ALCSMeL1P1,global ALCMeL1P1,global ALCIMeL1P1
```

```
global ALCSML1P2,global ALCML1P2,global ALCIML1P2
global ALCSRL1P2,global ALCRL1P2,global ALCIRL1P2
global ALCSDL1P2,global ALCDL1P2,global ALCIDL1P2
global ALCSMeL1P2,global ALCMeL1P2,global ALCIMeL1P2
```

```
global ALCSML1P3,global ALCML1P3,global ALCIML1P3
global ALCSRL1P3,global ALCRL1P3,global ALCIRL1P3
global ALCSDL1P3,global ALCDL1P3,global ALCIDL1P3
global ALCSMeL1P3,global ALCMeL1P3,global ALCIMeL1P3
```

```
%-----
```

```
global ALCSML2P1,global ALCML2P1,global ALCIML2P1
global ALCSRL2P1,global ALCRL2P1,global ALCIRL2P1
global ALCSDL2P1,global ALCDL2P1,global ALCIDL2P1
global ALCSMeL2P1,global ALCMeL2P1,global ALCIMeL2P1
```

```
global ALCSML2P2,global ALCML2P2,global ALCIML2P2
global ALCSRL2P2,global ALCRL2P2,global ALCIRL2P2
global ALCSDL2P2,global ALCDL2P2,global ALCIDL2P2
global ALCSMeL2P2,global ALCMeL2P2,global ALCIMeL2P2
```

```
global ALCSML2P3,global ALCML2P3,global ALCIML2P3
global ALCSRL2P3,global ALCRL2P3,global ALCIRL2P3
global ALCSDL2P3,global ALCDL2P3,global ALCIDL2P3
global ALCSMeL2P3,global ALCMeL2P3,global ALCIMeL2P3
```

```
%-----
```

```
global ALCSML3P1,global ALCML3P1,global ALCIML3P1
global ALCSRL3P1,global ALCRL3P1,global ALCIRL3P1
global ALCSDL3P1,global ALCDL3P1,global ALCIDL3P1
global ALCSMeL3P1,global ALCMeL3P1,global ALCIMeL3P1
```

```
global ALCSML3P2,global ALCML3P2,global ALCIML3P2
global ALCSRL3P2,global ALCRL3P2,global ALCIRL3P2
global ALCSDL3P2,global ALCDL3P2,global ALCIDL3P2
global ALCSMeL3P2,global ALCMeL3P2,global ALCIMeL3P2
```

```
global ALCSML3P3,global ALCML3P3,global ALCIML3P3
global ALCSRL3P3,global ALCRL3P3,global ALCIRL3P3
global ALCSDL3P3,global ALCDL3P3,global ALCIDL3P3
global ALCSMeL3P3,global ALCMeL3P3,global ALCIMeL3P3
```

```
global un
```

```
global do
```

```
global N1,global N2,global N3
```

```
global N4,global N5,global N6
```

```
global N7,global N8,global N9
```

```
% -----LINEA1_PRODUCTO1-----
```

```
M=0;,PDF=0;,ob=0;
```

```
N1=xlsread('AH_L1_P1.xls');
```

```
menom=(un+do)/2;
```

```
G=N1;
```

```
H=G;
```

```
ta=size(H);
```

```
t1=ta(1);
```

```

ob1=N1;
for(i=1:t1)
    ob(i)=ob1(i,1);%tamaño de la muestra
    PDF(i)=ob1(i,2);%defectuosos
end

tam=size(PDF);
t=tam(2);
for(i=1:t)
    M(i,1)=PDF(1,i)/ob(i);
    i=i+1;
end
M1=ob*M;
p=sum(PDF)/(sum(ob));%constante
n=sum(ob)/t;%constante
s=(p*(1-p)/n)^(.5);%constante
u=(n*p*(1-p))^(.5);
c=sum(PDF)/t;

ALCSML1P1=p+(3*s);
ALCML1P1=p;
ALCIML1P1=p-(3*s);
if(ALCIML1P1<0)
    ALCIML1P1=0;
end

ALCSRL1P1=(n*p)+(3*u);
ALCRL1P1=n*p;
ALCIRL1P1=(n*p)-(3*u);
if(ALCIRL1P1<0)
    ALCIRL1P1=0;
end

ALCSDL1P1=c+(3*(c^.5));
ALCDL1P1=c;
ALCIDL1P1=c-(3*(c^.5));
if(ALCIDL1P1<0)
    ALCIDL1P1=0;
end

ALCSMeL1P1=p+(3*((p/n)^.5));
ALCMeL1P1=p;
ALCIMeL1P1=p-(3*((p/n)^.5));
if(ALCIMeL1P1<0)
    ALCIMeL1P1=0;
end
%-----linea1_producto2-----
M=0;PDF=0;ob=0;
N2=xlsread('AH_L1_P2.xls');
menom=(un+do)/2;
G=N2;
H=G;
ta=size(H);
t1=ta(1);
ob1=N2;
for(i=1:t1)
    ob(i)=ob1(i,1);%tamaño de la muestra
    PDF(i)=ob1(i,2);%defectuosos
end

tam=size(PDF);

```

```

t=tam(2);
for(i=1:t)
    M(i,1)=PDF(1,i)/ob(i);
    i=i+1;
end
M1=ob*M;
p=sum(PDF)/(sum(ob));%constante
n=sum(ob)/t;%constante
s=(p*(1-p)/n)^(.5);%constante
u=(n*p*(1-p))^(.5);
c=sum(PDF)/t;

ALCSML1P2=p+(3*s);
ALCML1P2=p;
ALCIML1P2=p-(3*s);
if(ALCIML1P2<0)
    ALCIML1P2=0;
end

ALCSRL1P2=(n*p)+(3*u);
ALCRL1P2=n*p;
ALCIRL1P2=(n*p)-(3*u);
if(ALCIRL1P2<0)
    ALCIRL1P2=0;
end

ALCSDL1P2=c+(3*(c^.5));
ALCDL1P2=c;
ALCIDL1P2=c-(3*(c^.5));
if(ALCIDL1P2<0)
    ALCIDL1P2=0;
end

ALCSMeL1P2=p+(3*((p/n)^.5));
ALCMeL1P2=p;
ALCIMeL1P2=p-(3*((p/n)^.5));
if(ALCIMeL1P2<0)
    ALCIMeL1P2=0;
end
%-----linea1_producto3-----
M=0;,PDF=0;,ob=0;
N3=xlsread('AH_L1_P3.xls');
menom=(un+do)/2;
G=N3;
H=G;
ta=size(H);
t1=ta(1);
ob1=N3;
for(i=1:t1)
    ob(i)=ob1(i,1);%tamaño de la muestra
    PDF(i)=ob1(i,2);%defectuosos
end

tam=size(PDF);
t=tam(2);
for(i=1:t)
    M(i,1)=PDF(1,i)/ob(i);
    i=i+1;
end
M1=ob*M;

```

```

p=sum(PDF)/(sum(ob));%constante
n=sum(ob)/t;%constante
s=(p*(1-p)/n)^(.5);%constante
u=(n*p*(1-p))^(.5);
c=sum(PDF)/t;

```

```

ALCSML1P3=p+(3*s);
ALCML1P3=p;
ALCIML1P3=p-(3*s);
if(ALCIML1P3<0)
    ALCIML1P3=0;
end

```

```

ALCSRL1P3=(n*p)+(3*u);
ALCRL1P3=n*p;
ALCIRL1P3=(n*p)-(3*u);
if(ALCIRL1P3<0)
    ALCIRL1P3=0;
end

```

```

ALCSDL1P3=c+(3*(c^.5));
ALCDL1P3=c;
ALCIDL1P3=c-(3*(c^.5));
if(ALCIDL1P3<0)
    ALCIDL1P3=0;
end

```

```

ALCSMeL1P3=p+(3*((p/n)^.5));
ALCMeL1P3=p;
ALCIMeL1P3=p-(3*((p/n)^.5));
if(ALCIMeL1P3<0)
    ALCIMeL1P3=0;
end

```

Función: Identificar los patrones de inestabilidad en las gráficas de control por Variables y Atributos

```

function casos2(M,LCS,LC,LCI)
global ascendente
global descendente
global cg
global cg1
global tb
global site_LCI_LC
global site_LCS_LC
global ines_arriba
global ines_abajo
global mu
global aviso
global av1

```

```
Z=0;;Y=0;;Z1=0;;Y1=0;;Z2=0;;Y2=0;;Z3=0;;Y3=0;tb=0;;cg=0;;Z5=0;;Y5=0;;Z6=0;;Y6=0;
```

```

LCS=LCS;
LC=LC;
LCI=LCI;

```



```

for(i=1:ta-6)
  if(X(i)>(LC+c) && X(i+1)<(LC-c))
    if(X(i+1)<X(i) && X(i+1)<(LC-c))
      if(X(i+2)>X(i+1) && X(i+2)>(LC+c))
        if(X(i+3)<X(i+2) && X(i+3)<(LC-c))
          if(X(i+4)>X(i+3) && X(i+4)>(LC+c))
            if(X(i+5)<X(i+4) && X(i+5)<(LC-c))
              if(X(i+6)>X(i+5) && X(i+6)>(LC+c))
                l=i;
                ines_arriba=1;
                for(j=1:7)
                  Y5(k)=X(l);
                  Z5(k)=l;
                  k=k+1;
                  l=l+1;
                end
              end
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end
%-----
%aquí buscamos inestabilidad comenzando desde abajo

ines_abajo=0;
k=1;
i=1;
l=1;
if(ta>=7)
  for(i=1:ta-6)
    if(X(i)<(LC-c) && X(i+1)>(LC+c))

      if(X(i+1)>X(i) && X(i+1)>(LC+c))
        if(X(i+2)<X(i+1) && X(i+2)<(LC-c))
          if(X(i+3)>X(i+2) && X(i+3)>(LC+c))
            if(X(i+4)<X(i+3) && X(i+4)<(LC-c))
              if(X(i+5)>X(i+4) && X(i+5)>(LC+c))
                if(X(i+6)<X(i+5) && X(i+6)<(LC-c))
                  l=i;
                  ines_abajo=1;
                  for(j=1:7)
                    Y6(k)=X(l);
                    Z6(k)=l;
                    k=k+1;
                    l=l+1;
                  end
                end
              end
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end
%-----

```

```

% aqui buscamos puntos fuera del limite inferior
j=1;
aviso=0;

for(i=1:ta)
    if(X(i)<LCI)
        Y7(j)=X(i);
        Z7(j)=i;
        aviso=1;
        j=j+1;
    end
end
if(aviso~=0)
    tc=size(Y7);
    tc=tc(2);
end
%-----
% aqui buscamos puntos fuera del limite superior
j=1;
av1=0;
for(i=1:ta)
    if(X(i)>LCS)
        Y8(j)=X(i);
        Z8(j)=i;
        av1=1;
        j=j+1;
    end
end

if(av1~=0)
    td=size(Y8);
    td=td(2);
end
%-----
if(ta==cg)%eso queire decir que todas las muestras aumentas gradualmente por lo que las demas pierden
efecto
    ascendente=0;
    site_LCI_LC=0;
    site_LCS_LC=0;
end
if(ta==cg1)% si todas disminuyen pierden efecto las demas
    descendente=0;
end
if(tb<ta )
    tb=0;
end
if(cg<ta )
    cg=0;
end
if(cg1<ta)
    cg1=0;
end
if(tb==ta || cg==ta)
    tb=1;
    cg=1;
end
if(cg1==ta)
    cg1=1;
end
end

```

Función: Cálculo de índices de capacidad

```

global p
des=std(J);
[p,Cp,Cpk] = capable(J,[do un]);
set(handles.edit1,'String',Cp);
set(handles.edit2,'String',Cpk);

Zmay=(un-Media)/3;
Zmen=(Media-do)/3;

if(Zmay>Zmen)
    set(handles.edit4,'String',Zmen);
else
    set(handles.edit4,'String',Zmay);
end

global sigmas

sigmas=(abs(Media-menom))/des;
set(handles.edit5,'String',sigmas);

axes(handles.axes2);
cla;
hold on
%P=normspec([5 15],10,1);
p1 = capaplot(J,[do un]);
set(handles.edit3,'String',(1-p1)*100);
grid on
hold off

axes(handles.axes3);
cla;

histfit(J)
hold on
grid on

```

Función: Presentación de resultados gráficos

Nota para esta función.

- El código mostrado es para una línea con un producto, el código para las demás líneas y productos es de manera similar.

```

function G_C_A(popup,radio1,radio2,radio3,radio4)
format short
global bandera1
global bandera2
global bandera3
global M
global R
global O
global Y
global ALC_SML1P1,global ALC_ML1P1,global ALC_I_ML1P1
global ALC_SRL1P1,global ALC_RL1P1,global ALC_IRL1P1

```

```
global ALCSDL1P1,global ALCDL1P1,global ALCIDL1P1
global ALCSMeL1P1,global ALCMeL1P1,global ALCIMeL1P1
```

```
global ALCSML1P2,global ALCML1P2,global ALCIML1P2
global ALCSRL1P2,global ALCRL1P2,global ALCIRL1P2
global ALCSDL1P2,global ALCDL1P2,global ALCIDL1P2
global ALCSMeL1P2,global ALCMeL1P2,global ALCIMeL1P2
```

```
global ALCSML1P3,global ALCML1P3,global ALCIML1P3
global ALCSRL1P3,global ALCRL1P3,global ALCIRL1P3
global ALCSDL1P3,global ALCDL1P3,global ALCIDL1P3
global ALCSMeL1P3,global ALCMeL1P3,global ALCIMeL1P3
```

```
%-----
```

```
global ALCSML2P1,global ALCML2P1,global ALCIML2P1
global ALCSRL2P1,global ALCRL2P1,global ALCIRL2P1
global ALCSDL2P1,global ALCDL2P1,global ALCIDL2P1
global ALCSMeL2P1,global ALCMeL2P1,global ALCIMeL2P1
```

```
global ALCSML2P2,global ALCML2P2,global ALCIML2P2
global ALCSRL2P2,global ALCRL2P2,global ALCIRL2P2
global ALCSDL2P2,global ALCDL2P2,global ALCIDL2P2
global ALCSMeL2P2,global ALCMeL2P2,global ALCIMeL2P2
```

```
global ALCSML2P3,global ALCML2P3,global ALCIML2P3
global ALCSRL2P3,global ALCRL2P3,global ALCIRL2P3
global ALCSDL2P3,global ALCDL2P3,global ALCIDL2P3
global ALCSMeL2P3,global ALCMeL2P3,global ALCIMeL2P3
```

```
%-----
```

```
global ALCSML3P1,global ALCML3P1,global ALCIML3P1
global ALCSRL3P1,global ALCRL3P1,global ALCIRL3P1
global ALCSDL3P1,global ALCDL3P1,global ALCIDL3P1
global ALCSMeL3P1,global ALCMeL3P1,global ALCIMeL3P1
```

```
global ALCSML3P2,global ALCML3P2,global ALCIML3P2
global ALCSRL3P2,global ALCRL3P2,global ALCIRL3P2
global ALCSDL3P2,global ALCDL3P2,global ALCIDL3P2
global ALCSMeL3P2,global ALCMeL3P2,global ALCIMeL3P2
```

```
global ALCSML3P3,global ALCML3P3,global ALCIML3P3
global ALCSRL3P3,global ALCRL3P3,global ALCIRL3P3
global ALCSDL3P3,global ALCDL3P3,global ALCIDL3P3
global ALCSMeL3P3,global ALCMeL3P3,global ALCIMeL3P3
```

```
global un
global do
global M1,global M2,global M3
global M4,global M5,global M6
global M7,global M8,global M9
```

```
menom=((un+do)/2);
%cond1=popup_sel_index;
G=0;,I=0;,H=0;,L=0;
if(bandera1==1 && popup==1)
    M1=xlsread('AL1_P1.xls');
    H=M1;
end
if(bandera1==1 && popup==2)
    M2=xlsread('AL1_P2.xls');
    H=M2;
```

```

end
if(bandera1==1 && popup==3)
    M3=xlsread('AL1_P3.xls');
    H=M3;
end
if(bandera2==1 && popup==1)
    M4=xlsread('AL2_P1.xls');
    H=M4;
end
if(bandera2==1 && popup==2)
    M5=xlsread('AL2_P2.xls');
    H=M5;
end
if(bandera2==1 && popup==3)
    M6=xlsread('AL2_P3.xls');
    H=M6;
end
if(bandera3==1 && popup==1)
    M7=xlsread('AL3_P1.xls');
    H=M7;
end
if(bandera3==1 && popup==2)
    M8=xlsread('AL3_P2.xls');
    H=M8;
end
if(bandera3==1 && popup==3)
    M9=xlsread('AL3_P3.xls');
    H=M9;
end

ta=size(H);
t1=ta(1);
ob1=H;
for(i=1:t1)
    ob(i)=ob1(i,1);%tamaño de la muestra
    PDF(i)=ob1(i,2);%defectuosos
end
tam=size(PDF);
t=tam(2);
M=0;
for(i=1:t)
    M(i,1)=PDF(1,i)/ob(i);
    i=i+1;
end
M=M';
R=PDF;
O=PDF;
Y=M;
mu=t;
%-----LINEA1_PRODUCTO1-----
if(bandera1==1 && popup==1 && radio1==1)
j=1;
for(i=1:mu)
    if(M(i)>ALCSML1P1)
        FSM(j,1)=M(i);
        XSM(j,1)=i;
        j=j+1;
    end
end
end
j1=1;

```

```

for(i=1:mu)
  if(M(i)<ALCIML1P1)
    FIM(j1,1)=M(i);
    XIM(j1,1)=i;
    j1=j1+1;
  end
end
for(i=1:mu)
  A(i)=ALCSML1P1;
  F(i)=ALCML1P1;
  U(i)=ALCIML1P1;
end
[Z,YM,Z1,Y1,Z2,Y2,Z3,Y3,tb,cg,Z5,Y5,Z6,Y6]=casos1(M,ALCSML1P1,ALCML1P1,ALCIML1P1);
hold on
grid on
g=1:1:mu;
plot(g,A,'-r','LineWidth',2)
plot(g,U,'-r','LineWidth',2)
plot(g,F,'-g','LineWidth',2)
plot(g,M,'-bo','LineWidth',2,...
  'MarkerEdgeColor','b',...
  'MarkerFaceColor','b',...
  'MarkerSize',7.5);
if(j~=1)
plot(XSM,FSM,'k*','LineWidth',2,...
  'MarkerEdgeColor','k',...
  'MarkerFaceColor','k',...
  'MarkerSize',17.5);
end
if(j1~=1)
plot(XIM,FIM,'k*','LineWidth',2,...
  'MarkerEdgeColor','k',...
  'MarkerFaceColor','k',...
  'MarkerSize',17.5);
end
%ascendente
if(Z~=0) %&& cg~=mu)

plot(Z,YM,'g+','LineWidth',2,...
  'MarkerEdgeColor','g',...
  'MarkerFaceColor','g',...
  'MarkerSize',12.5);
end

%descendente
if(Z1~=0)

plot(Z1,Y1,'g+','LineWidth',2,...
  'MarkerEdgeColor','g',...
  'MarkerFaceColor','g',...
  'MarkerSize',12.5);
end
% 7 puntos bajo limite central
if(Z2~=0)

plot(Z2,Y2,'y*','LineWidth',2,...
  'MarkerEdgeColor','g',...
  'MarkerFaceColor','g',...
  'MarkerSize',12.5);
end

```

```

% 7 puntos sobre limite central
if(Z3~=0)

plot(Z3,Y3,'y*','LineWidth',2,...
     'MarkerEdgeColor','g',...
     'MarkerFaceColor','g',...
     'MarkerSize',12.5);
end
% adecion a la media
if(mu==tb)
plot(g,M,'m<','LineWidth',2,...
     'MarkerEdgeColor','m',...
     'MarkerFaceColor','m',...
     'MarkerSize',10);
end
%comportamiento gradual
if(cg==mu)
plot(g,M,'kd','LineWidth',2,...
     'MarkerEdgeColor','k',...
     'MarkerFaceColor','k',...
     'MarkerSize',10);
end

%inestabilidad comenzando desde arriba
if(Z5~=0)

plot(Z5,Y5,'w*','LineWidth',2,...
     'MarkerEdgeColor','m',...
     'MarkerFaceColor','m',...
     'MarkerSize',12.5);
end

%inestabilidad comenzando desde abajo
if(Z6~=0)
plot(Z6,Y6,'w*','LineWidth',2,...
     'MarkerEdgeColor','m',...
     'MarkerFaceColor','m',...
     'MarkerSize',12.5);
end
%legend('LCS','LCI','LC','p','Violación')
xlabel('Muestras')
ylabel('p')
hold off
end
%-----
if(bandera1==1 && popup==1 && radio2==1)
j=1;
for(i=1:mu)
if(R(i)>ALCSRL1P1)
FSR(j,1)=R(i);
XSR(j,1)=i;
j=j+1;
end
end
end
j1=1;
for(i=1:mu)
if(R(i)<ALCIRL1P1)
FIR(j1,1)=R(i);
XIR(j1,1)=i;

```

```

        j1=j1+1;
    end
end
for(i=1:mu)
    A(i)=ALCSRL1P1;
    F(i)=ALCRL1P1;
    U(i)=ALCIRL1P1;
end

[Z,YM,Z1,Y1,Z2,Y2,Z3,Y3,tb,cg,Z5,Y5,Z6,Y6]=casos1(R,ALCSRL1P1,ALCRL1P1,ALCIRL1P1);
hold on
grid on
g=1:1:mu;
plot(g,A,'-r','LineWidth',2)
plot(g,U,'-r','LineWidth',2)
plot(g,F,'-g','LineWidth',2)
plot(g,R,'-bo','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','b',...
    'MarkerFaceColor','b',...
    'MarkerSize',7.5);
if(j~=1)
    plot(XSR,FSR,'k*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',17.5);
end
if(j1~=1)
    plot(XIR,FIR,'k*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',17.5);
end
%ascendente
if(Z~=0)% && cg~=mu)

plot(Z,YM,'g+','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end

%descendente
if(Z1~=0)

plot(Z1,Y1,'g+','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end
% 7 puntos bajo limite central
if(Z2~=0)

plot(Z2,Y2,'y*','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end

% 7 puntos sobre limite central
if(Z3~=0)

```

```

plot(Z3,Y3,'y*','LineWidth',2,...
     'MarkerEdgeColor','g',...
     'MarkerFaceColor','g',...
     'MarkerSize',12.5);
end
% adencion a la media
if(mu==tb)
    plot(g,R,'m<','LineWidth',2,...
         'MarkerEdgeColor','m',...
         'MarkerFaceColor','m',...
         'MarkerSize',10);
end
%comportamiento gradual
if(cg==mu)
    plot(g,R,'kd','LineWidth',2,...
         'MarkerEdgeColor','k',...
         'MarkerFaceColor','k',...
         'MarkerSize',10);
end

%inestabilidad comenzando desde arriba
if(Z5~=0)

    plot(Z5,Y5,'w*','LineWidth',2,...
         'MarkerEdgeColor','m',...
         'MarkerFaceColor','m',...
         'MarkerSize',12.5);
end

%inestabilidad comenzando desde abajo
if(Z6~=0)
    plot(Z6,Y6,'w*','LineWidth',2,...
         'MarkerEdgeColor','m',...
         'MarkerFaceColor','m',...
         'MarkerSize',12.5);
end
%legend('LCS','LCI','LC','Rechazos','Violación')
xlabel('Muestras')
ylabel('Rechazos')
hold off
end

%-----
if(bandera1==1 && popup==1 && radio3==1)
    j=1;
    for(i=1:mu)
        if(O(i)>ALCSDL1P1)
            FSD(j,1)=O(i);
            XSD(j,1)=i;
            j=j+1;
        end
    end
    j1=1;
    for(i=1:mu)
        if(O(i)<ALCIDL1P1)
            FID(j1,1)=O(i);
            XID(j1,1)=i;
            j1=j1+1;
        end
    end
end

```

```

end
for(i=1:mu)
    A(i)=ALCSDL1P1;
    F(i)=ALCDL1P1;
    U(i)=ALCIDL1P1;
end

[Z,YM,Z1,Y1,Z2,Y2,Z3,Y3,tb,cg,Z5,Y5,Z6,Y6]=casos1(O,ALCSDL1P1,ALCDL1P1,ALCIDL1P1);
hold on
grid on
g=1:1:mu;
plot(g,A,'-r','LineWidth',2)
plot(g,U,'-r','LineWidth',2)
plot(g,F,'-g','LineWidth',2)
plot(g,O,'-bo','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','b',...
    'MarkerFaceColor','b',...
    'MarkerSize',7.5);
if(j~=1)
    plot(XSD,FSD,'k*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',17.5);
end
if(j1~=1)
    plot(XID,FID,'k*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',17.5);
end
%ascendente
if(Z~=0)

plot(Z,YM,'g+','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end

%descendente
if(Z1~=0)

plot(Z1,Y1,'g+','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end
% 7 puntos bajo limite central
if(Z2~=0)

plot(Z2,Y2,'y*','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end

% 7 puntos sobre limite central
if(Z3~=0)

plot(Z3,Y3,'y*','LineWidth',2,...

```

```

    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end
% adecion a la media
if(mu==tb)
    plot(g,O,'m<','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','m',...
        'MarkerFaceColor','m',...
        'MarkerSize',10);
end
%comportamiento gradual
if(cg==mu)
    plot(g,O,'kd','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',10);
end

%inestabilidad comenzando desde arriba
if(Z5~=0)

    plot(Z5,Y5,'w*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','m',...
        'MarkerFaceColor','m',...
        'MarkerSize',12.5);
end

%inestabilidad comenzando desde abajo
if(Z6~=0)
    plot(Z6,Y6,'w*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','m',...
        'MarkerFaceColor','m',...
        'MarkerSize',12.5);
end
%legend('LCS','LCI','LC','Defectos','Violación')
xlabel('Muestras')
ylabel('Defectos')
hold off
end

%-----
if(bandera1==1 && popup==1 && radio4==1)
j=1;
for(i=1:mu)
    if(Y(i)>ALCSMeL1P1)
        FSMe(j,1)=Y(i);
        XSMe(j,1)=i;
        j=j+1;
    end
end
j1=1;
for(i=1:mu)
    if(Y(i)<ALCIMeL1P1)
        FIME(j1,1)=Y(i);
        XIME(j1,1)=i;
        j1=j1+1;
    end
end
end

```

```

for(i=1:mu)
    A(i)=ALCSMeL1P1;
    F(i)=ALCMeL1P1;
    U(i)=ALCIMEl1P1;
end

[Z,YM,Z1,Y1,Z2,Y2,Z3,Y3,tb,cg,Z5,Y5,Z6,Y6]=casos1(Y,ALCSMeL1P1,ALCMeL1P1,ALCIMEl1P1);

hold on
grid on
g=1:1:mu;
plot(g,A,'-r','LineWidth',2)
plot(g,U,'-r','LineWidth',2)
plot(g,F,'-g','LineWidth',2)
plot(g,Y,'-bd','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','b',...
    'MarkerFaceColor','b',...
    'MarkerSize',7.5);
if(j~=1)
    plot(XSMe,FSMe,'k*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',17.5);
end
if(j1~=1)
    plot(XIMe,FIMe,'k*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',17.5);
end
%ascendente
if(Z~=0)

plot(Z,YM,'g+','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end

%descendente
if(Z1~=0)

plot(Z1,Y1,'g+','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end
% 7 puntos bajo limite central
if(Z2~=0)

plot(Z2,Y2,'y*','LineWidth',2,...
    'MarkerEdgeColor','g',...
    'MarkerFaceColor','g',...
    'MarkerSize',12.5);
end

% 7 puntos sobre limite central
if(Z3~=0)

plot(Z3,Y3,'y*','LineWidth',2,...

```

```

'MarkerEdgeColor','g',...
'MarkerFaceColor','g',...
'MarkerSize',12.5);
end
% adecion a la media
if(mu==tb)
    plot(g,Y,'m<','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','m',...
        'MarkerFaceColor','m',...
        'MarkerSize',10);
end
%comportamiento gradual
if(cg==mu)
    plot(g,Y,'kd','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','k',...
        'MarkerFaceColor','k',...
        'MarkerSize',10);
end

%inestabilidad comenzando desde arriba
if(Z5~=0)

    plot(Z5,Y5,'w*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','m',...
        'MarkerFaceColor','m',...
        'MarkerSize',12.5);
end

%inestabilidad comenzando desde abajo
if(Z6~=0)
    plot(Z6,Y6,'w*','LineWidth',2,...
        'MarkerEdgeColor','m',...
        'MarkerFaceColor','m',...
        'MarkerSize',12.5);
end
%legend('LCS','LCI','LC','u','Violación')
xlabel('Muestras')
ylabel('u')
hold off
end

```

Función: Descripción del proceso

Nota para esta función.

- El código mostrado es para una línea con un producto, el código para las demás líneas y productos es de manera similar.

```

function descripcion_proceso%(popup,radio1,radio2,radio3,radio4)
format bank
global bandera1
global bandera2
global bandera3

global popup
global radio1
global radio2
global radio3
global radio4

```

```

global un
global do
media_nominal=(un+do)/2;
global variables
global atributos

```

```

global ascendente
global descendente
global site_LCI_LC
global site_LCS_LC
global tb
global cg
global cg1
global ines_arriba
global ines_abajo
global mu
global aviso
global av1
global M1
global R1
global O1
global YD

```

```

global Media% se obtienen los promedios de la media
global Rango% se obtienen los promedios del rango
global Desviacion% se obtienen los promedios de la desviacion
global Medianas% se obtienen los promedios de las medianas
global p
global sigmas

```

```

global LCSML1P1,global LCML1P1,global LCIML1P1
global LCSRL1P1,global LCRL1P1,global LCIRL1P1
global LCSDL1P1,global LCDL1P1,global LCIDL1P1
global LCSMeL1P1,global LCMel1P1,global LCIMel1P1

```

```

global LCSML1P2,global LCML1P2,global LCIML1P2
global LCSRL1P2,global LCRL1P2,global LCIRL1P2
global LCSDL1P2,global LCDL1P2,global LCIDL1P2
global LCSMeL1P2,global LCMel1P2,global LCIMel1P2

```

```

global LCSML1P3,global LCML1P3,global LCIML1P3
global LCSRL1P3,global LCRL1P3,global LCIRL1P3
global LCSDL1P3,global LCDL1P3,global LCIDL1P3
global LCSMeL1P3,global LCMel1P3,global LCIMel1P3
%-----

```

```

global LCSML2P1,global LCML2P1,global LCIML2P1
global LCSRL2P1,global LCRL2P1,global LCIRL2P1
global LCSDL2P1,global LCDL2P1,global LCIDL2P1
global LCSMeL2P1,global LCMel2P1,global LCIMel2P1

```

```

global LCSML2P2,global LCML2P2,global LCIML2P2
global LCSRL2P2,global LCRL2P2,global LCIRL2P2
global LCSDL2P2,global LCDL2P2,global LCIDL2P2
global LCSMeL2P2,global LCMel2P2,global LCIMel2P2

```

```

global LCSML2P3,global LCML2P3,global LCIML2P3
global LCSRL2P3,global LCRL2P3,global LCIRL2P3
global LCSDL2P3,global LCDL2P3,global LCIDL2P3
global LCSMeL2P3,global LCMel2P3,global LCIMel2P3
%-----

```

```
global LCSML3P1,global LCML3P1,global LCIML3P1
global LCSRL3P1,global LCRL3P1,global LCIRL3P1
global LCSDL3P1,global LCDL3P1,global LCIDL3P1
global LCSMeL3P1,global LCMel3P1,global LCIMel3P1
```

```
global LCSML3P2,global LCML3P2,global LCIML3P2
global LCSRL3P2,global LCRL3P2,global LCIRL3P2
global LCSDL3P2,global LCDL3P2,global LCIDL3P2
global LCSMeL3P2,global LCMel3P2,global LCIMel3P2
```

```
global LCSML3P3,global LCML3P3,global LCIML3P3
global LCSRL3P3,global LCRL3P3,global LCIRL3P3
global LCSDL3P3,global LCDL3P3,global LCIDL3P3
global LCSMeL3P3,global LCMel3P3,global LCIMel3P3
```

```
if(media_nominal>Media)
    posicion='izquierda';
    accion='aumentar';
else
    posicion='derecha';
    accion='disminuir';
```

```
end
```

```
[arch,error]=fopen('descripcion.doc','w');
```

```
if(arch>-1)
```

```
%-----linea1-----
```

```
if(bandera1==1 && popup==1)
```

```
    if(radio1==1 || radio2==1 || radio3==1 || radio4==1)
```

```
        casos2(M1,LCSML1P1,LCML1P1,LCIML1P1)
```

```
        A=[ascendente,descendente,site_LCI_LC,site_LCS_LC,tb,cg,cg1,ines_arriba,ines_abajo,aviso,av1]
```

```
        casos=0;
```

```
        for(i=1:11)
```

```
            if(A(i)==1)
```

```
                casos=casos+1;
```

```
            end
```

```
        end
```

```
        fprintf(arch,'\t\t\t*****LINEA 1_PRODUCTO 1*****\n')
```

```
        fprintf(arch,'\n-----GRÁFICA DE MEDIAS-----\n\n')
```

```
        fprintf(arch,'LCS=%g\n',LCSML1P1);
```

```
        fprintf(arch,'LC=%g\n',LCML1P1);
```

```
        fprintf(arch,'LCI=%g\n',LCIML1P1);
```

```
        fprintf(arch,'Se encontraron %g patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica,',casos)
```

```
        fprintf(arch,'\neste o estos son: \n')
```

```
        if(A(1)==1)
```

```
            fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento ascendente.');
```

```
        end
```

```
        if(A(2)==1)
```

```
            fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento descendente.');
```

```
        end
```

```
        if(A(3)==1)
```

```
            fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite inferior.');
```

```
        end
```

```
        if(A(4)==1)
```

```
            fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite superior.');
```

```
        end
```

```
        if(A(5)==1)
```

```
            fprintf(arch,'%s\n','* Adesión a la media.');
```

```
        end
```

```

if(A(6)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera ascendente.');
```

```

end
if(A(7)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera descendente.');
```

```

end
if(A(8)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límite inferior.');
```

```

end
if(A(9)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límite superior.');
```

```

end
if(A(10)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite Inferior de control.');
```

```

end
if(A(11)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite superior de control.');
```

```

end
if(A(10)~=1 && A(11)~=1)
    fprintf(arch,'\nEn esta gráfica se puede observar que no hay puntos fuera de los limites de
control.');
```

```

end
%-----
casos2(R1,LCSRL1P1,LCRL1P1,LCIRL1P1)
A=[ascendente,descendente,site_LCI_LC,site_LCS_LC,tb,cg,cg1,ines_arriba,ines_abajo,aviso,av1]
casos=0;
for(i=1:11)
    if(A(i)==1)
        casos=casos+1;
    end
end
fprintf(arch,'\n\n-----GRÁFICADE RANGOS-----\n\n')
fprintf(arch,'LCS=%g\n',LCSRL1P1);
fprintf(arch,'LC=%g\n',LCRL1P1);
fprintf(arch,'LCI=%g\n',LCIRL1P1);
fprintf(arch,'Se encontraron %g patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica,' ,casos)
fprintf(arch,'\neste o estos son: \n')
if(A(1)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento ascendente.');
```

```

end
if(A(2)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento descendente.');
```

```

end
if(A(3)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite inferior.');
```

```

end
if(A(4)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite superior.');
```

```

end
if(A(5)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Adesión a la media.');
```

```

end
if(A(6)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera ascendente.');
```

```

end
if(A(7)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera descendente.');
```

```

end
if(A(8)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límite inferior.');
```

```

end
if(A(9)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límte superior.');
```

```

end
if(A(10)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite Inferior de control.');
```

```

end
if(A(11)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite superior de control.');
```

```

end
if(A(10)~=1 && A(11)~=1)
    fprintf(arch,'\nEn esta gráfica se puede observar que no hay puntos fuera de los limites de
control.');
```

```

end
%-----
casos2(O1,LCSDL1P1,LCDL1P1,LCIDL1P1)
A=[ascendente,descendente,site_LCI_LC,site_LCS_LC,tb,cg,cg1,ines_arriba,ines_abajo,aviso,av1]
casos=0;
for(i=1:11)
    if(A(i)==1)
        casos=casos+1;
    end
end
fprintf(arch,'\n\n-----GRÁFICA DE DESVIACIONES-----\n\n')
fprintf(arch,'LCS=%g\n',LCSDL1P1);
fprintf(arch,'LC=%g\n',LCDL1P1);
fprintf(arch,'LCI=%g\n',LCIDL1P1);
fprintf(arch,'Se encontraron %g patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica,' ,casos)
fprintf(arch,'\neste o estos son: \n')
if(A(1)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento ascendente.');
```

```

end
if(A(2)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento descendente.');
```

```

end
if(A(3)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite inferior.');
```

```

end
if(A(4)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite superior.');
```

```

end
if(A(5)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Adesión a la media.');
```

```

end
if(A(6)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera ascendente.');
```

```

end
if(A(7)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera descendente.');
```

```

end
if(A(8)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límte inferior.');
```

```

end
if(A(9)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límte superior.');
```

```

end
if(A(10)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite Inferior de control.');
```

```

end
if(A(11)==1)

```

```

    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite superior de control. ');
end
if(A(10)~=1 && A(11)~=1)
    fprintf(arch,'\nEn esta gráfica se puede observar que no hay puntos fuera de los límites de
control. ');
end
%-----
casos2(YD,LCSMeL1P1,LCMeL1P1,LCIMeL1P1)
A=[ascendente,descendente,site_LCI_LC,site_LCS_LC,tb,cg,cg1,ines_arriba,ines_abajo,aviso,av1]
casos=0;
for(i=1:11)
    if(A(i)==1)
        casos=casos+1;
    end
end
fprintf(arch,'\n\n-----GRÁFICA DE MEDIANAS-----\n\n')
fprintf(arch,'LCS=%g\n',LCSMeL1P1);
fprintf(arch,'LC=%g\n',LCMeL1P1);
fprintf(arch,'LCI=%g\n',LCIMeL1P1);
fprintf(arch,'Se encontraron %g patrón(es) usual(es) de inestabilidad en esta gráfica,' ,casos)
fprintf(arch,'\neste o estos son: \n')
if(A(1)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento ascendente. ');
end
if(A(2)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más tienen comportamiento descendente. ');
end
if(A(3)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite inferior. ');
end
if(A(4)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* 7 puntos o más están entre el límite central y el límite superior. ');
end
if(A(5)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Adesión a la media. ');
end
if(A(6)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera ascendente. ');
end
if(A(7)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Comportamiento gradual de todos los datos de manera descendente. ');
end
if(A(8)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límite inferior. ');
end
if(A(9)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Inestabilidad comenzando cerca del límite superior. ');
end
if(A(10)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite inferior de control. ');
end
if(A(11)==1)
    fprintf(arch,'%s\n','* Hay puntos fuera del límite superior de control. ');
end
if(A(10)~=1 && A(11)~=1)
    fprintf(arch,'\nEn esta gráfica se puede observar que no hay puntos fuera de los límites de
control. ');
end
end
fprintf(arch,'\n\n-----DE MANERA GENERAL-----\n')

```

```
fprintf(arch, '\nNotar que se está trabajando con un %g sigma de desviación hacia la %s. Ahora, la
media', sigmas, posicion);
fprintf(arch, ' del proceso es de %g, por lo que se deberá %s su valor optimizando el proceso hasta
apegarla a la media nominal', Media, accion);
fprintf(arch, ' cuyo valor es: %g. También se deberá de poner atención en ese %g por ciento de productos
defectuosos', media_nominal, p*100);
fprintf(arch, ' ya que solo un %g por ciento de productos están cumpliendo con nuestras
especificaciones.', (1-p)*100);
end
```

APÉNDICE C

VALIDACIÓN DE LA PERSONA ENCARGADA DEL DEPARTAMENTO DE CALIDAD EN LICONSA OAXACA S.A. DE C.V.

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio me permito hacer mis comentarios con respecto a la validación del interfaz presentado por C. PEDRO VALENCIA PADILLA de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

El programa presentado es funcional ya que nos permite obtener las graficas de control de manera impresa y también controlarla de forma electrónica.

Se realizó una prueba utilizando datos de un equipo la cual se mantiene controlada y se comparó con la grafica obtenida de manera manual dando como resultado el mismo comportamiento.

Sin más por el momento y esperando que estos comentarios sean de gran utilidad me despido.

ATENTAMENTE



Q.B. MARBENA RUEDA GIRÓN
JEFA DE CONTROL DE CALIDAD

APÉNDICE D

TABLA DE MUESTRAS DE HUMEDADES RELATIVAS DE UN JABÓN DE TOCADOR

Muestra	Humedades relativas (%)					
1	29.5	29.5	29.5	28	28	28.9
2	28.5	28	28	28	27.5	28
3	28	27.5	28	28	28	27.9
4	27	27	27	27	26	26.8
5	28	25	26	26	27.5	26.5
6	28	26	25	28	25	26.4
7	25.5	26	25	26	25	25.5
8	29	28.5	28.5	29	29	28.8
9	26.5	26	26	26.5	26.5	26.3
10	28	27.5	28	28	28	27.9
11	27	27	26.5	26.5	26	26.6
12	30	30	30	30	30	30
13	22	22	22	22	22	22
14	29	28.5	28.5	29	29	28.8
15	28	27.5	28	28	28	27.9
16	29.5	29.5	29.5	28	28	28.9
17	28.5	28	28	28	27.5	28
18	28	27.5	28	28	28	27.9
19	27	28	29	27	27	27.6
20	28	28	28	28	27.5	27.9
21	29	28.5	28.5	29	29	28.8
22	25.5	25	25	25	25	25.1
23	28	27.5	28	28	28	27.9
24	26.5	26	26	26.5	26.5	26.3
25	29	28.5	28.5	29	29	28.8
26	27	27	26.5	26.5	26	26.6
27	30	30	30	30	30	30
28	33	35	34	33	32	33.4
29	29	28.5	28.5	29	29	28.8
30	29	28.5	28.5	29	29	28.8

APÉNDICE E

MANUAL DE USUARIO

En este apéndice se mencionan las herramientas con las que cuenta la interfaz, se presentan ejemplos de cómo se puede manipular para obtener el análisis de datos, así como explicación de cada uno de los procedimientos para interactuar con la interfaz. De tal manera que esta sección sea utilizada como manual de usuario para uso de la interfaz.

INSTALACION Y CONFIGURACION

El primer paso para poder ejecutar la interfaz es instalar el software Matlab en la computadora, teniendo en cuenta los requerimientos mínimos necesarios que debe cumplir la computadora, como son:

- Microsoft Windows 2000 o posterior.
- Pentium IV o posterior
- 512 MB RAM mínimo, 1 GB RAM recomendado.
- 4 GB mínimo de espacio libre en disco, 3.8 GB para instalación completa.

La interfaz para ejecutarse cuenta con funciones que deberán de copiarse en la carpeta del mismo software que se llama work, estas estarán disponibles en el CD-ROM para que el usuario realice esta acción.

Después de que haya copiado todos los archivos en la carpeta que se indicó, solo necesita abrirse el programa Matlab y teclear >>SPC para ejecutar la interfaz aplicada al control estadístico de procesos.

GUÍA BÁSICA

Aquí se proporciona una guía para el usuario, con algunos ejemplos y definiciones de las funciones con las que cuenta la interfaz. Se da una explicación de cada una de ellas y ejemplos de su aplicación.

De manera general

L1_P1= Línea 1 producto 1 de gráfica de control por Variables;

AL1_P1=Línea 1 producto 1 de grafica de control por Atributos;

L1_P2= Línea 1 producto 2 de gráfica de control por Variables;

AL1_P2=Línea 1 producto 2 de grafica de control por Atributos;

HL1_P1= Datos históricos de Línea 1 producto 3 de gráfica de control por Variables;

HAL1_P1=Datos históricos de Línea 1 producto 3 de grafica de control por Atributos;

HL1_P1= Datos históricos de Línea 1 producto 3 de gráfica de control por Variables;

HAL1_P1=Datos históricos de Línea 1 producto 3 de grafica de control por Atributos;

Presentación

La ventana de acceso a la interfaz de usuario contiene una frase de bienvenida al sistema, tal como se muestra en la Figura E-1, con la finalidad de hacer más interactivo la interfaz, dando el nombre de acuerdo al objetivo para lo que fue creada.



Figura E-1 Ventana de acceso a la interfaz

Ventana del tipo de gráfico de control y datos históricos

Posterior al mensaje de bienvenida y de acuerdo con el mapa conceptual propuesto, lo siguiente es establecer el tipo de gráficas de control que el usuario desea trabajar y la opción de ingreso de los datos históricos, tal como se muestra en la Figura E-2.

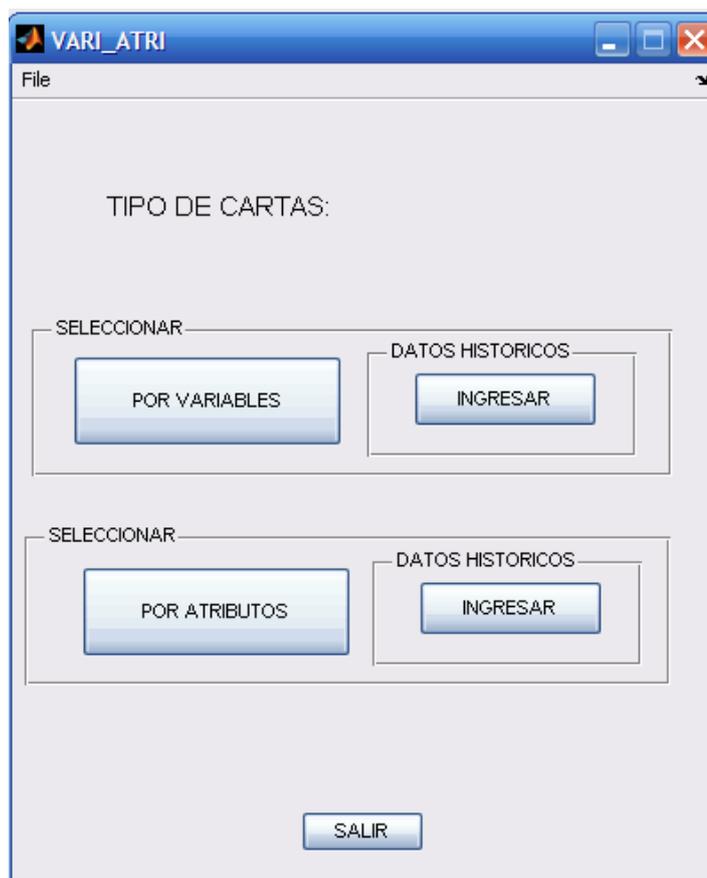


Figura E-2 Gráficas de control y opción de ingreso de datos históricos

Ventana de ingreso de datos históricos por Variables

Tomando como referencia Figura E-2 del tipo de gráfico de control y seleccionando la opción "INGRESAR" datos históricos frente a la opción "POR VARIABLES", se despliega inmediatamente una ventana, como se observa en la Figura E-3 en la cual se le solicita al usuario la contraseña para así poder ingresar a los datos históricos de los productos. Una vez ingresada la clave el usuario seleccionará la Línea y el producto del cual desea ingresar sus datos como se aprecia en la Figura E-4.



Figura E-3 Solicitud de contraseña para datos históricos por Variables

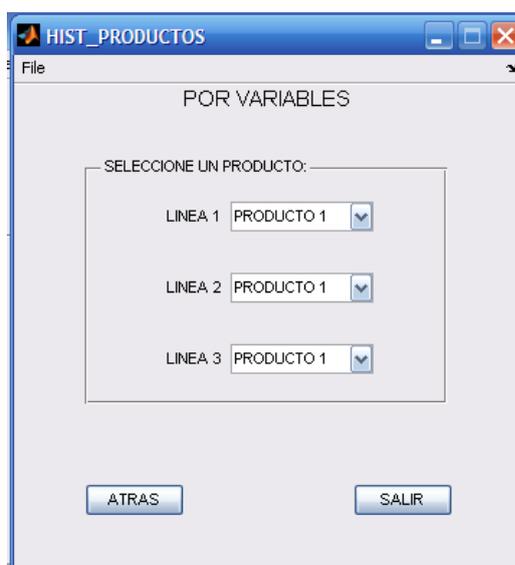


Figura E-4 Ingreso de datos históricos frente a la opción por Variables

Como consecuencia de lo anterior, donde al seleccionar un producto de una de las líneas, se despliega una ventana, en la cual se solicita que se abra la hoja de cálculo correspondiente a dicho producto, como se puede observar en la Figura E-5, donde se ha seleccionado el producto 3 de la Línea 2, solicitando al usuario presione la opción “Abrir” el archivo H_L2_P3 para el ingreso de datos.

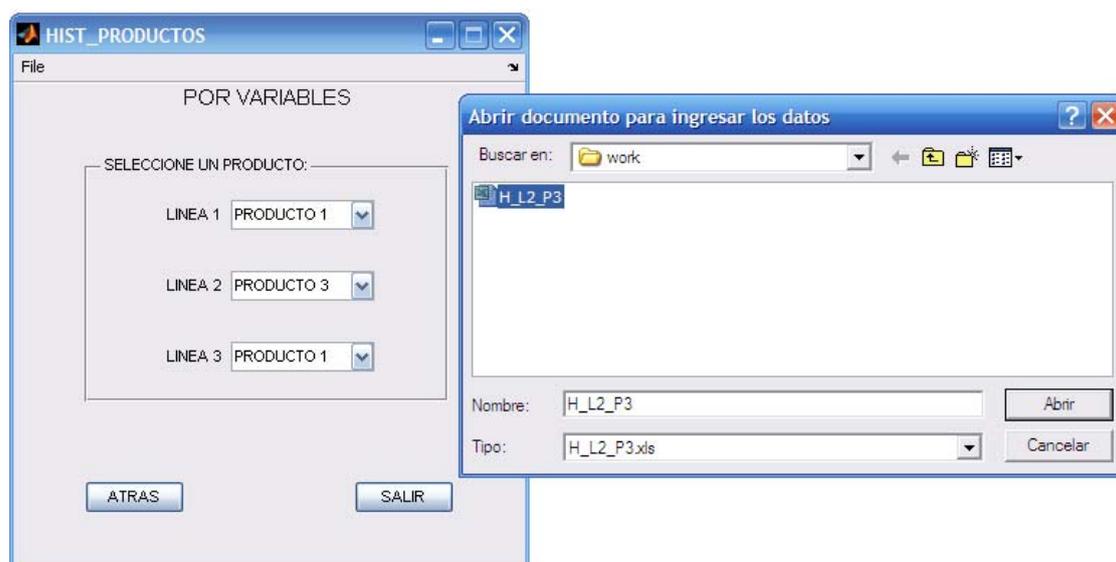


Figura E-5 Hoja de cálculo correspondiente a una línea y producto por Variables

Una vez seleccionado “Abrir”, se despliega la opción de ingreso de datos históricos en la hoja de cálculo, así como también los Límites de Especificaciones de dicho producto, con la finalidad de que el usuario pueda hacer uso de ellos en el cálculo de la eficiencia del proceso, tal como se muestra en la Figura E-6

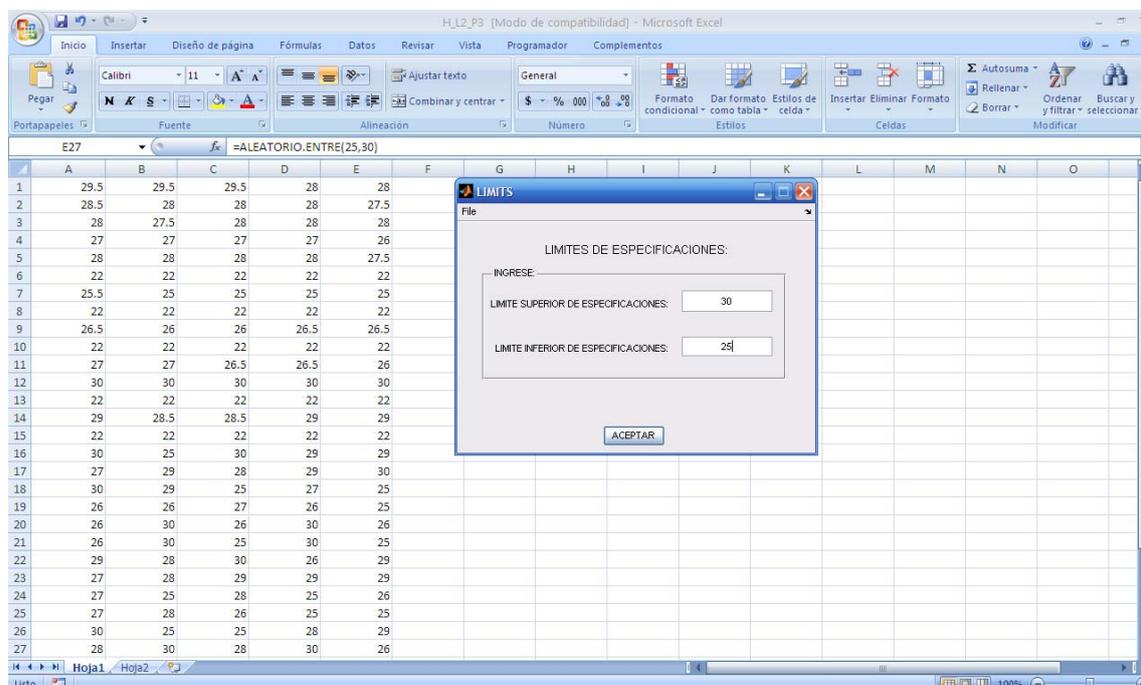


Figura E-6 Ingreso datos históricos en hoja de cálculo, y Límites de Especificaciones del producto por Variables

Además se debe considerar, que si el usuario ingresa un caracter que no sea de tipo numérico en el espacio para los Límites de Especificaciones y presionar “ACEPTAR”, el software marca este error y automáticamente pondrá un ceromostando un mensaje de error, el cual debe ser corregido ingresando los datos de la manera correcta, como se observa en la Figura E-7. Una vez que se han ingresado los datos y Límites de Especificaciones correctos, se habrá cumplido con los datos históricos por Variables de manera correcta, regresando a la ventana VARI_ATRI, mostrada en la Figura E-2, para de esta manera continuar con la opción “POR VARIABLES” o “POR ATRIBUTOS”.

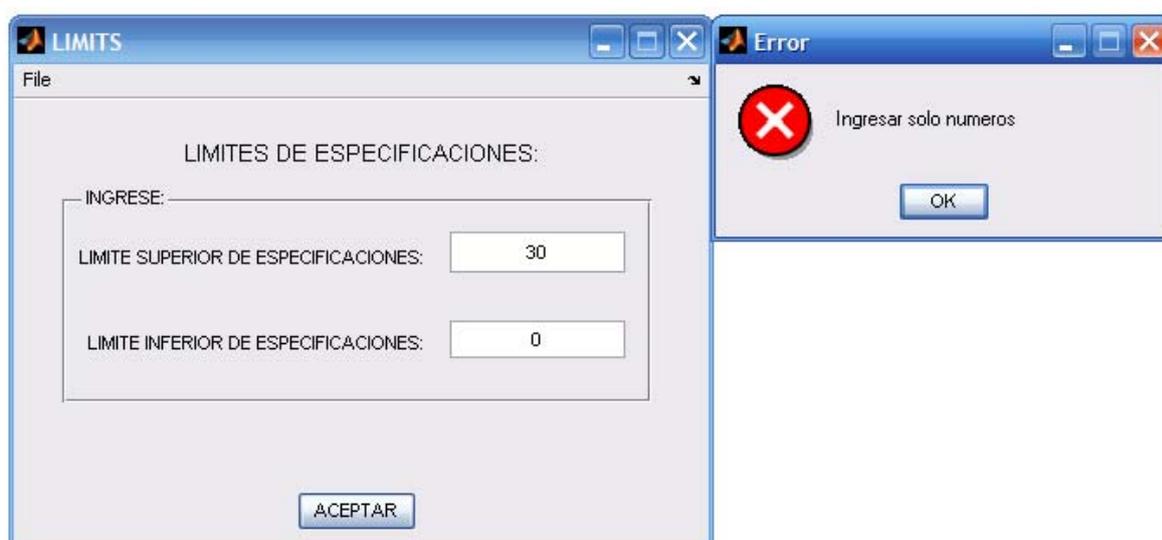


Figura E-7 Ingreso de caracteres erróneos al sistema

Ventana de ingreso de datos históricos por Atributos

Tomando como referencia la Figura E-2, y seleccionando la opción “INGRESAR” datos históricos frente a la opción “POR ATRIBUTOS”, se despliega inmediatamente una ventana en la cual se solicita una clave de acceso a los datos históricos de los productos, como la mostrada en la Figura E-8. Una vez que se ingrese la clave, se despliega una ventana como la mostrada en la Figura E-9, donde el usuario selecciona la Línea y producto al cual desea ingresar datos.



Figura E-8 Solicitud de contraseña para datos históricos por Atributos



Figura E-9 Ingreso de datos históricos frente a la opción por Atributos

Por otro lado, al seleccionar un producto de una de las líneas, se despliega una ventana, en la cual se solicitará que abra la hoja de cálculo correspondiente a dicho producto, como se puede observar en la Figura E-10, para este caso se ha seleccionado

el producto 2 de la línea 3, solicitando al usuario presione la opción “Abrir” el archivo AH_L3_P2 para el ingreso de datos.

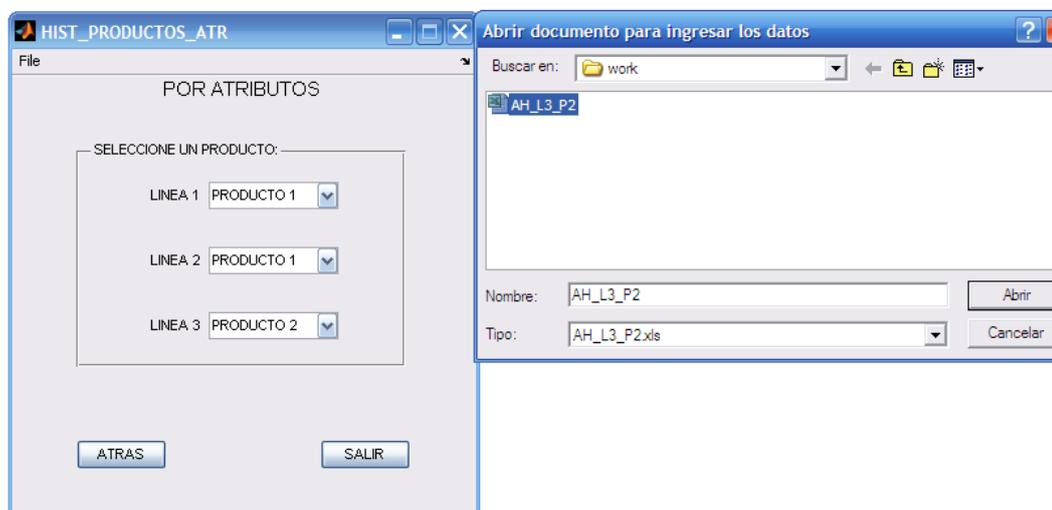


Figura E-10 Hoja de cálculo correspondiente a una Línea y producto por Atributos

Una vez seleccionado “Abrir”, se despliega la opción de ingreso de datos históricos en la hoja de cálculo, cabe mencionar que en este tipo de gráficos los Límites de Especificaciones no son necesarios, debido a que estos solo se utilizan para el manejo de defectos, por lo que el entorno de adquisición de datos se muestra en la Figura E-11.

De la misma manera como ocurre por Variables, se debe considerar que si el usuario ingresa un caracter de tipo no numérico en el espacio para los Límites de Especificaciones y presiona la opción “ACEPTAR”, el software le marcará este error y automáticamente pondrá un cero mostrando el mensaje de error, el cual debe ser corregido ingresando los datos de manera correcta, tal como se mostró en la Figura E-7

Una vez que se han ingresado los datos, de los Límites de Especificaciones, se habrá cumplido con el ingreso de datos históricos de manera correcta, por lo que se regresa a la ventana VARI_ATRI mostrada en la Figura E-2, para de esta manera continuar con la opción “POR VARIABLES” o ”POR ATRIBUTOS”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Art por muestra	Defectuosos													
2		595	15												
3		593	5												
4		607	8												
5		596	10												
6		602	6												
7		599	5												
8		600	5												
9		590	7												
10		599	2												
11		601	4												
12		598	9												
13		600	17												
14		597	4												
15		594	5												
16		595	3												
17		597	10												
18		599	7												
19		596	5												
20		607	4												
21		601	9												
22		594	7												
23		606	5												
24		601	7												
25		598	4												
26		599	2												
27		590	3												

Figura E-11 Ingreso datos históricos en hoja de cálculo y Límites de Especificaciones del producto por Atributos

Líneas de producción y visualización de ventanas

Esta ventana es el resultado de seleccionar la opción “POR VARIABLES” o ”POR ATRIBUTOS”, donde se presentan las líneas de producción que se tienen y el tipo de visualización de ventana, que son la cantidad de espacios que tendrá dentro de sí una ventana para mostrar en dichos espacios las gráficas de control, que en este caso se tienen 4 opciones, que va desde un espacio hasta una ventana con 4 espacios, donde el usuario dispone solo de una para seleccionar de acuerdo a su objetivo al momento de realizar las gráficas de control. Todo esto se hace con la intención de darle una mayor facilidad de visualización de los datos al usuario debido a que en muchas ocasiones se quieren comparar diversas gráficas, además de que los software que hay en el mercado solo muestran ventanas con un solo espacio para graficar.

Dicho de otra manera, si el usuario selecciona la opción “LINEA 1” y en visualización la opción “1 ventana”, el entorno de la ventana queda como se muestra en la Figura E-12.



Figura E-12 Entorno de Ventanas Seleccionando LÍNEA 1 y visualización "1 Ventana"

Visualización de ventanas de gráficas por Variables.

Ahora, el software analiza cual fue la opción que seleccionó (Figura E-2). Para el caso en que se haya seleccionado "POR VARIABLES" y en la Figura E-12 se haya seleccionado "LÍNEA 1" y visualización de ventanas la opción "1 Ventana", se despliega una ventana con las características mostradas en la Figura E-13.

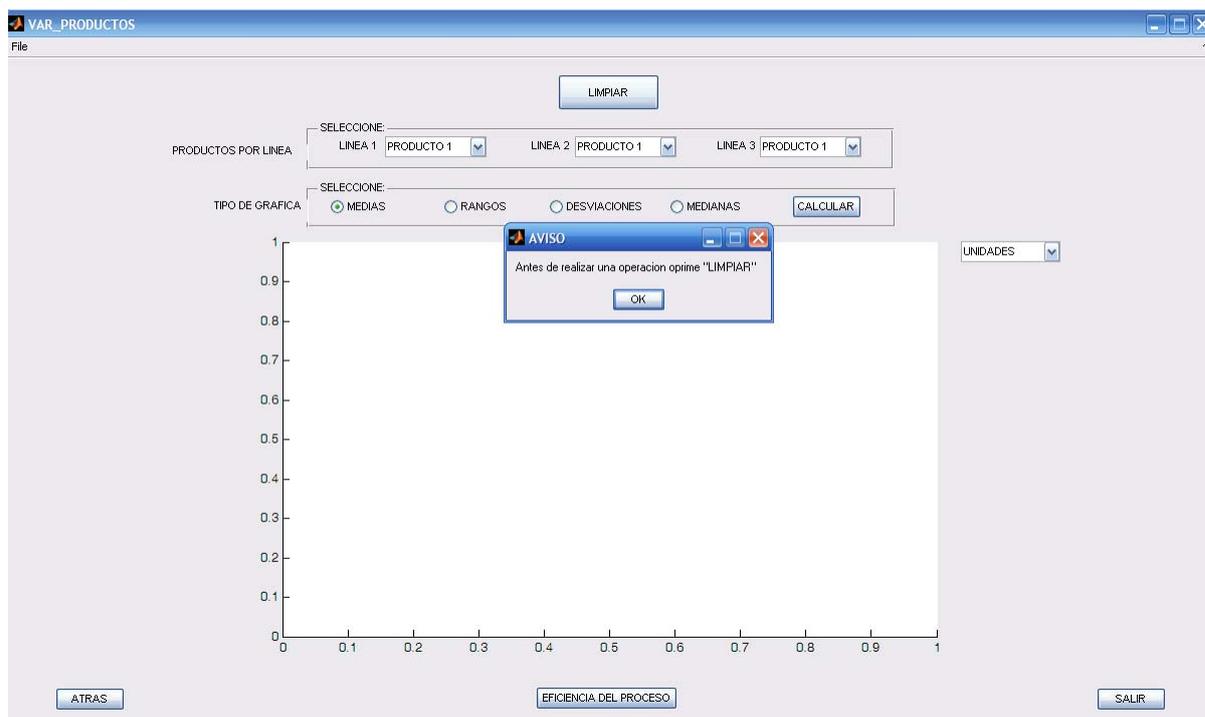


Figura E-13 Selección “POR VARIABLES” en “LINEA 1” y visualización “1 Ventana”

Como se puede observar, una vez que se despliega la ventana que se ha seleccionado, se muestra también un mensaje de aviso, el cual solicita que se presione la opción “LIMPIAR” para quedarse solo con la Línea que el usuario seleccionó, Figura E-12. La razón por la cual se ofrece la opción “LIMPIAR”, es porque se pretende tener coherencia entre el producto de la Línea que seleccionó y la capacidad del proceso de dicho producto. De tal manera, que si se trabaja con la línea1 en la capacidad del proceso, de igual manera se puede tener la eficiencia de solo productos de la línea 1. Una vez que dicha opción se ha seleccionado y además se ha presionado la opción “CALCULAR” para las gráficas de la opción “MEDIAS”, la ventana despliega la simbología como se puede apreciar en la Figura E-14, y las unidades que se pueden seleccionar en la representación de los datos como se muestra en la Figura E-15

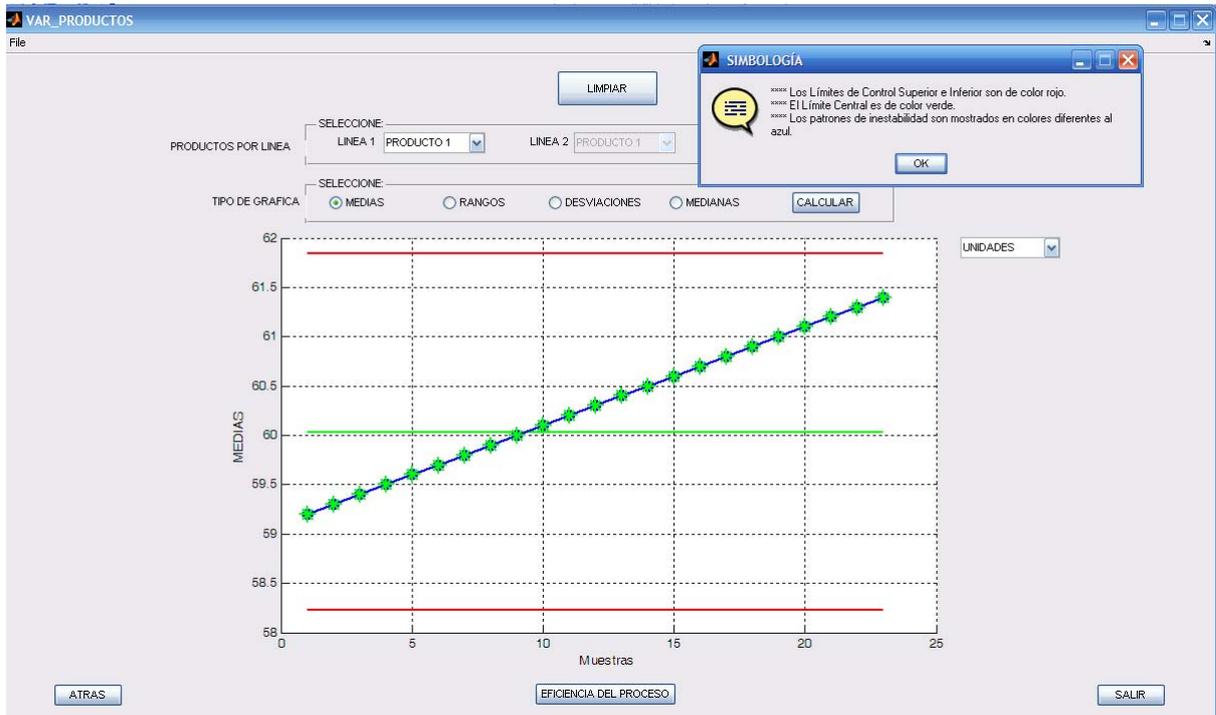


Figura E-14 Entorno de una gráfica de medias y su simbología

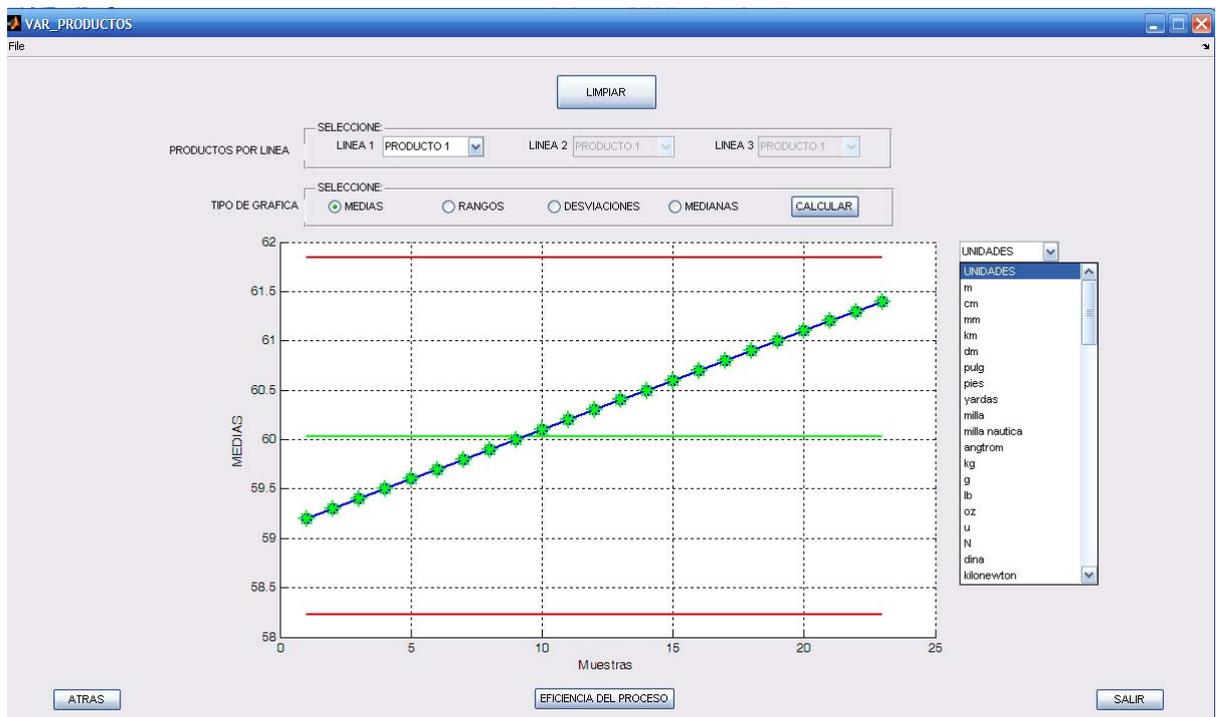


Figura E-15 Entorno de una gráfica de medias y las unidades

De la misma manera, si se selecciona la opción “POR VARIABLES”, y “LINEA 1” con visualización de “2 Ventanas” (Figuras E-2 y E-12), se despliega una ventana con las

características mostradas en la Figura E-16. Cabe mencionar, que para el caso de visualización de “1 ventana” también se tendrá la opción “LIMPIAR” y que esta implementada por las mismas razones antes mencionadas, además de que se pueden visualizar al mismo tiempo 2 gráficas, que pueden ser de medias, rangos, desviaciones y medianas.

De igual forma, al presionar la opción “LIMPIAR” se desactivan las líneas que el usuario no desea y posteriormente la opción “CALCULAR” para cada uno de los espacios con que cuenta dicha ventana, seleccionando el tipo de gráfico que se desea visualizar, lo que para este caso fueron las opciones “MEDIAS” y “RANGOS”. La visualización de la ventana se muestra en la Figura E-17

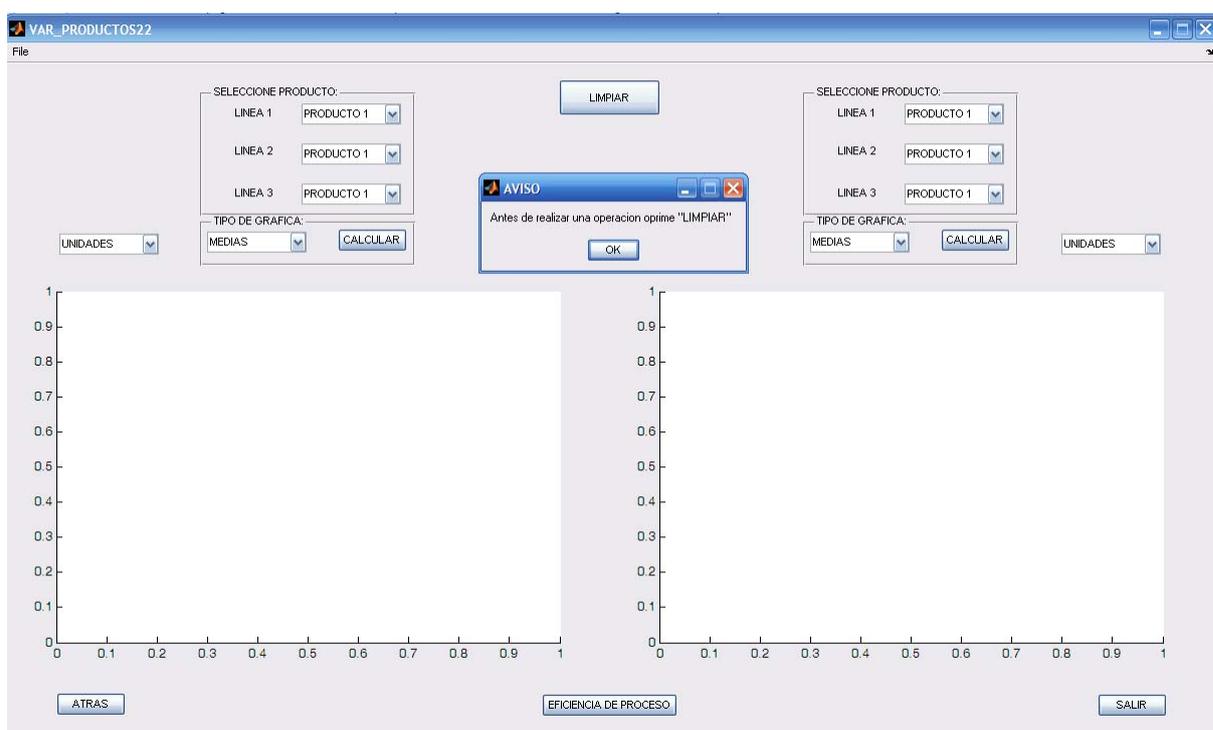


Figura E-16 Selección opción “POR VARIABLES” y “LINEA 1” con visualización de “2 Ventanas”

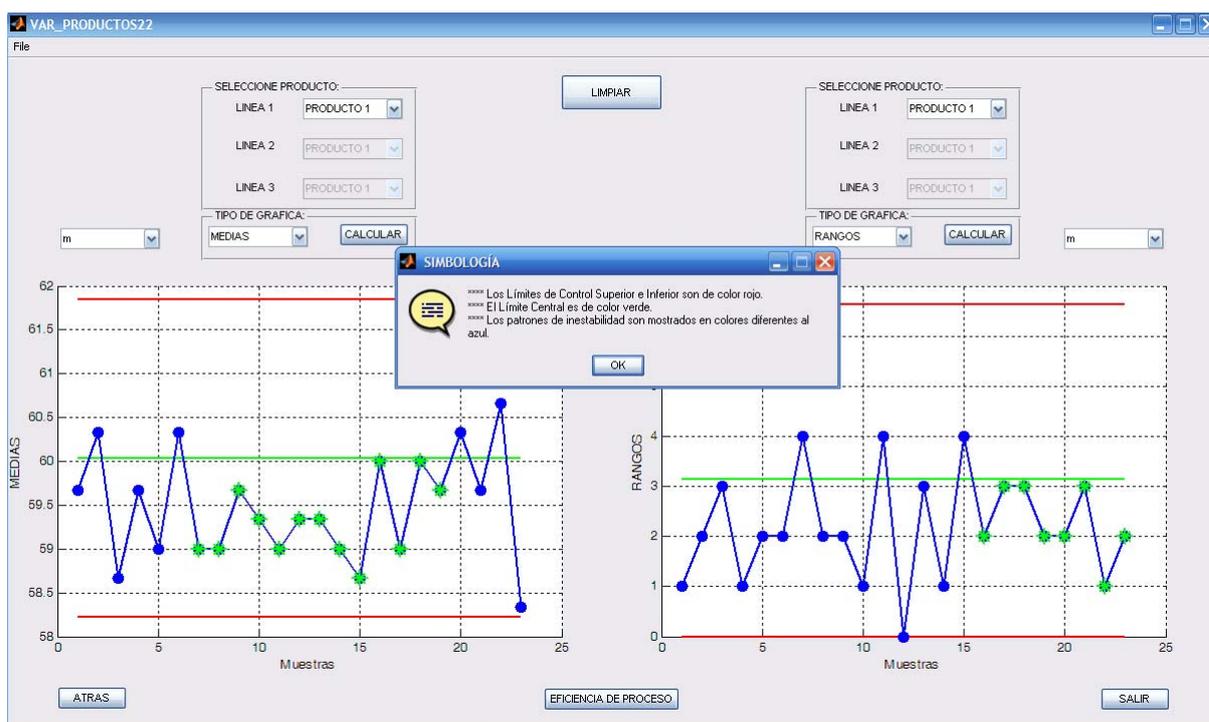


Figura E-17 Selección tipo de gráfico a visualizar “MEDIAS” y “RANGOS”.

Ahora, en el caso que se seleccione la opción “POR VARIABLES” y “LINEA 1” con visualización de “3 Ventanas” (Figura E-2 y E-12), se despliega una ventana con las características mostradas en la Figura E-18. Cabe mencionar, que de igual manera como en los casos anteriores, también se cuenta con la opción “LIMPIAR” implementada por las razones ya mencionadas, además de que se pueden ver al mismo tiempo 3 gráficos, ya sean de medias, rangos, desviaciones y medianas, dicha ventana ya tiene aplicada la opción “LIMPIAR” y la opción “CALCULAR” en cada uno de los espacios a graficar.

Siguiendo las mismas instrucciones que en el caso anterior, con la diferencia de seleccionar la opción “4 Ventanas” y aplicando la opción “LIMPIAR” y “CALCULAR” en cada uno de los espacios disponibles para graficar, se muestra una ventana en la cual se visualizan 4 espacios para graficar, tal como se observa en la Figura E-19

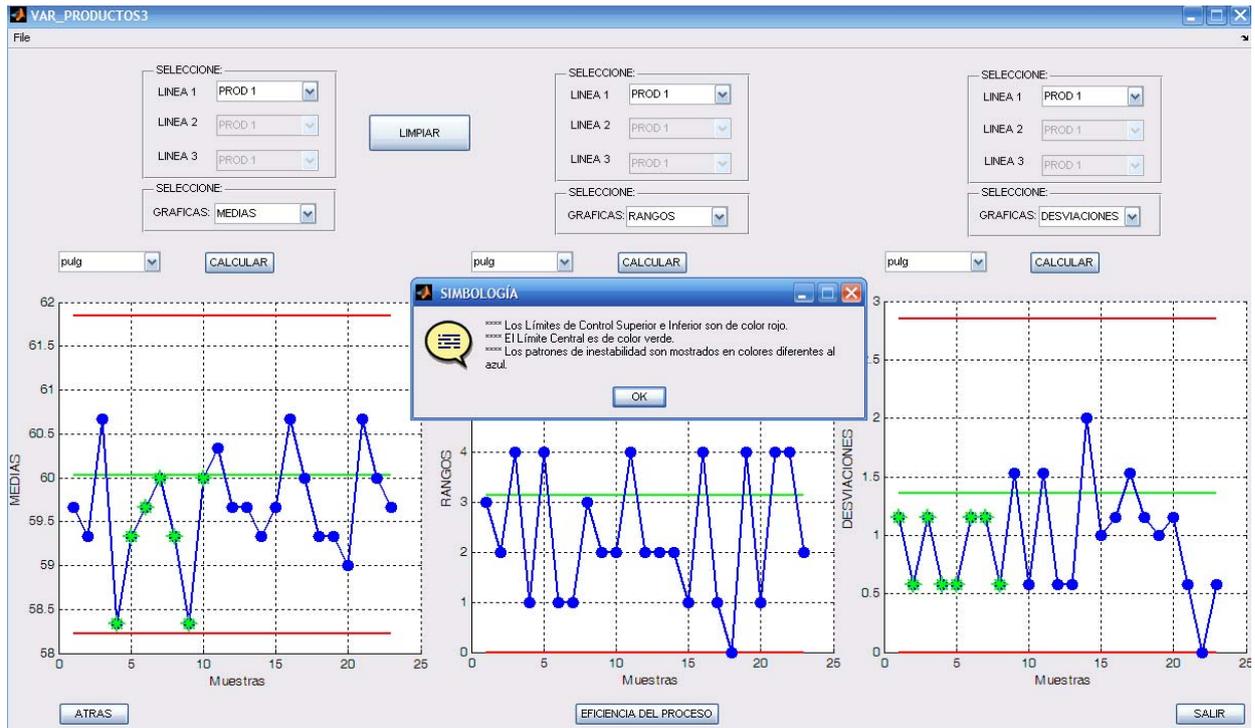


Figura E-18 Selección opción “POR VARIABLES” y “LINEA 1” con visualización de “3 Ventanas”

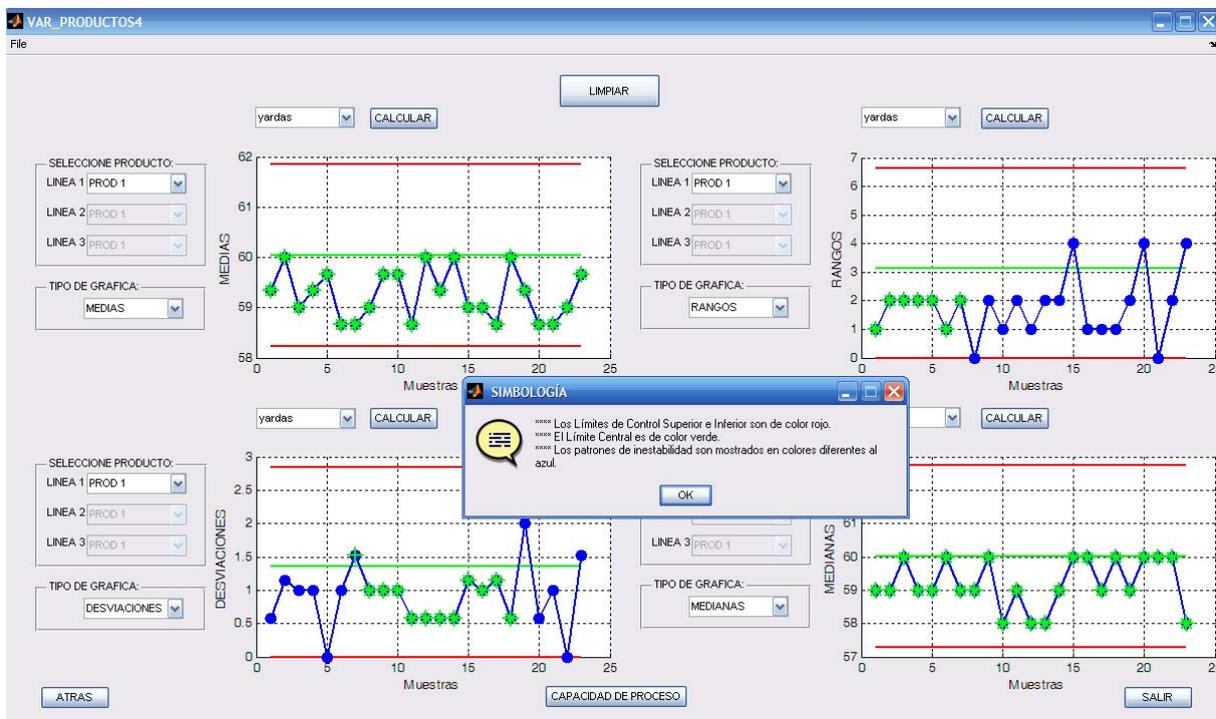


Figura A-19 Selección opción “POR VARIABLES” y “LINEA 1” con visualización de “4 Ventanas”

Visualización de ventanas de gráficas por Atributos.

La interfaz analiza cual fue la opción que seleccionó (Figura E-2). Por lo cual se presentan 4 casos. Para el caso que se haya seleccionado “POR ATRIBUTOS” (Figura A-2), y se haya seleccionado “LINEA 1” y visualización de “1 Ventana”, se despliega una ventana con las características mostradas en la Figura E-20. Se puede observar que una vez que se despliega la ventana que se ha seleccionado, se muestra también un mensaje de aviso, el cual solicita que se presione la opción “LIMPIAR” para quedarse solo con la Línea que el usuario seleccionó en la Figura E-12, pretendiendo con ello tener coherencia entre el producto de la línea que seleccionó y la capacidad del proceso de dicho producto, de tal manera que si se desea trabajar con la línea1, en la capacidad del proceso, de igual manera se puede tener la eficiencia de solo los productos de la línea 1. Esta es la razón por la cual se implemento la función “LIMPIAR”. Una vez que dicha opción se ha seleccionado, se hace una corrida escogiendo la opción “p” y “CALCULAR”, la ventana queda como se muestra en la Figura E-21

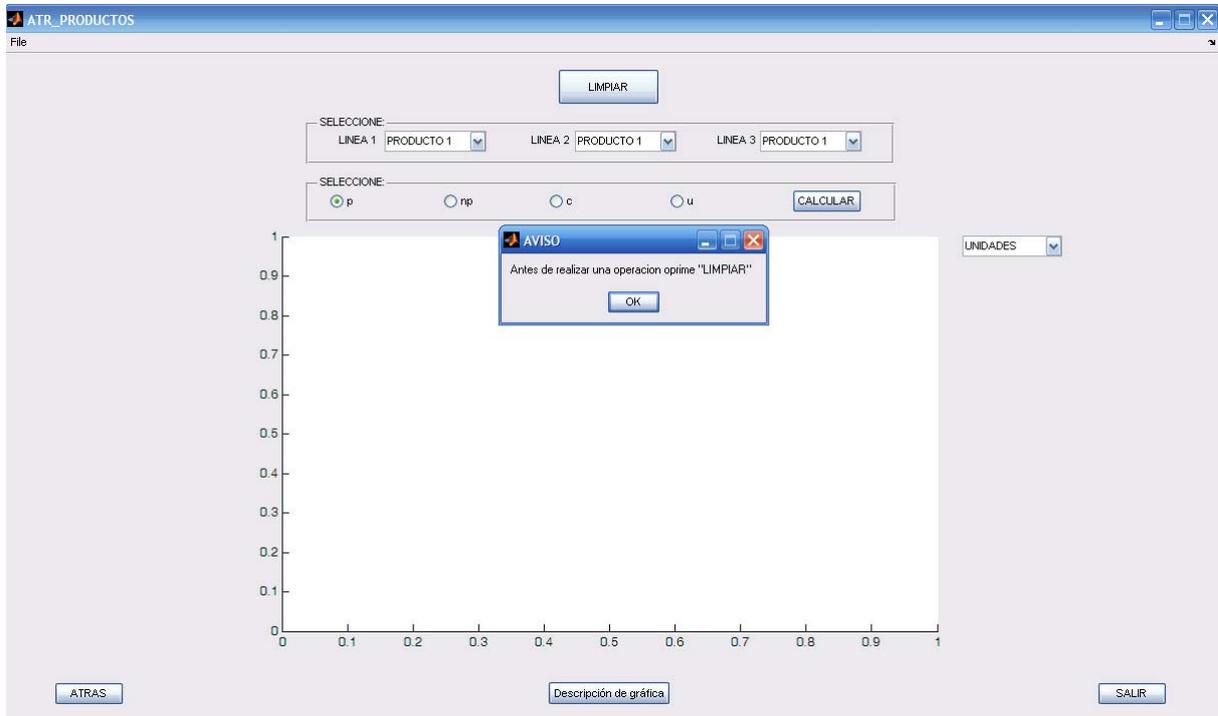


Figura E-20 Selección “POR ATRIBUTOS” con “LINEA 1” y visualización de “1 Ventana”

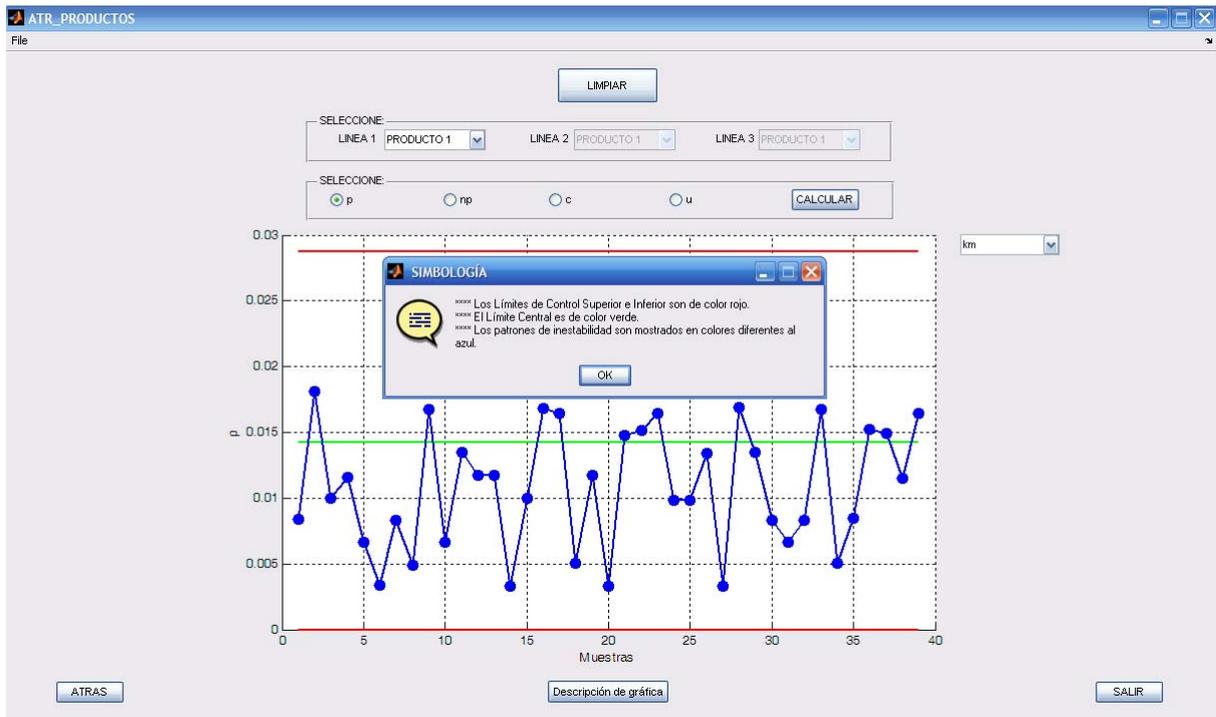


Figura E-21 Función “LIMPIAR” en una corrida con la opción “p” y “CALCULAR”

En caso que se seleccione la opción “POR ATRIBUTOS” (Figura E-2), y se epte por “LINEA 1” con visualización de opción “2 Ventanas”, se despliega una ventana con las características mostradas en la Figura E-22.

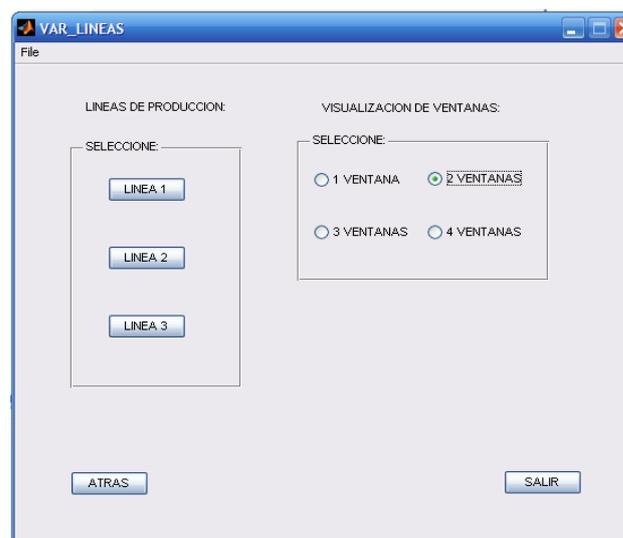


Figura E-22 Selección opción “POR ATRIBUTOS” en “LINEA 1” con visualización de “2 Ventanas”,

Cabe mencionar que de igual manera que para el caso de visualización de 1 sola ventana, esta también tiene la opción “LIMPIAR” y que esta implementada por las mismas razones ya mencionadas, además de que se pueden observar al mismo tiempo 2 gráficas, dependiendo lo que el usuario elija, ya sea n , np , c y u ., tal como se observa en la Figura E-23.

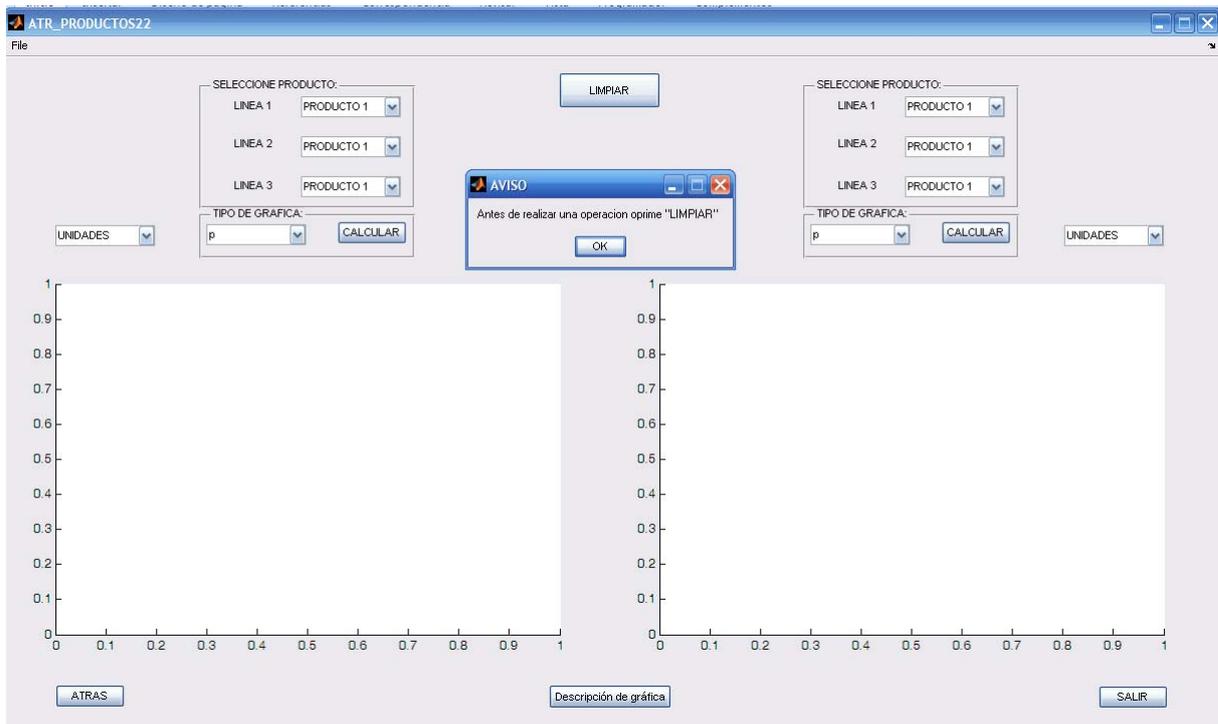


Figura E-23 Opción “LIMPIAR” con 2 gráficas eligiendo n , np , c y u .

De igual forma, al presionar la opción “LIMPIAR”, se desactivan las Líneas que el usuario no desea, y presionando la opción “CALCULAR” para tipo de carta p en una y np en la otra, se despliega la ventana mostrada en la Figura E-24.

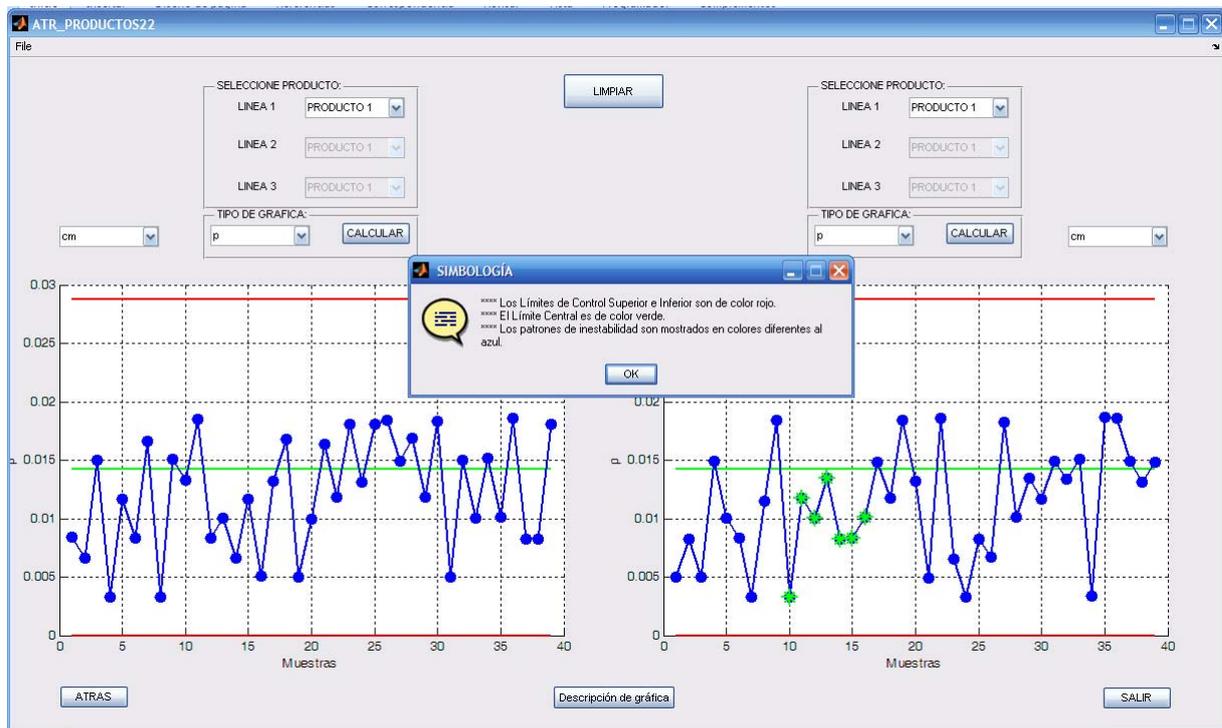


Figura E-24 Opción “LIMPIAR” y “CALCULAR” para las gráficas p y np

Por otro lado, si se selecciona la opción “POR ATRIBUTOS” con “LINEA 1” y visualización de “3 Ventanas” (Figura E-22), se despliega una ventana como la que se presenta en la Figura E-25. Cabe mencionar, que de igual manera que para el caso de visualización de “1 ventana”, también se tiene la opción “LIMPIAR” implementada por las mismas razones; además de que permite observar al mismo tiempo 3 gráficas, entre n , np y c . Dicha ventana también cuenta con la opción “LIMPIAR” y “CALCULAR” para las 3 opciones de gráficas.

Siguiendo las mismas instrucciones del anterior caso, pero seleccionando “4 Ventanas” y aplicando la opción “LIMPIAR” y “CALCULAR” en cada espacio, se arroja una ventana que permite observar al mismo tiempo 4 gráficas, entre n , np , c y u , como se muestra en la Figura E-26.

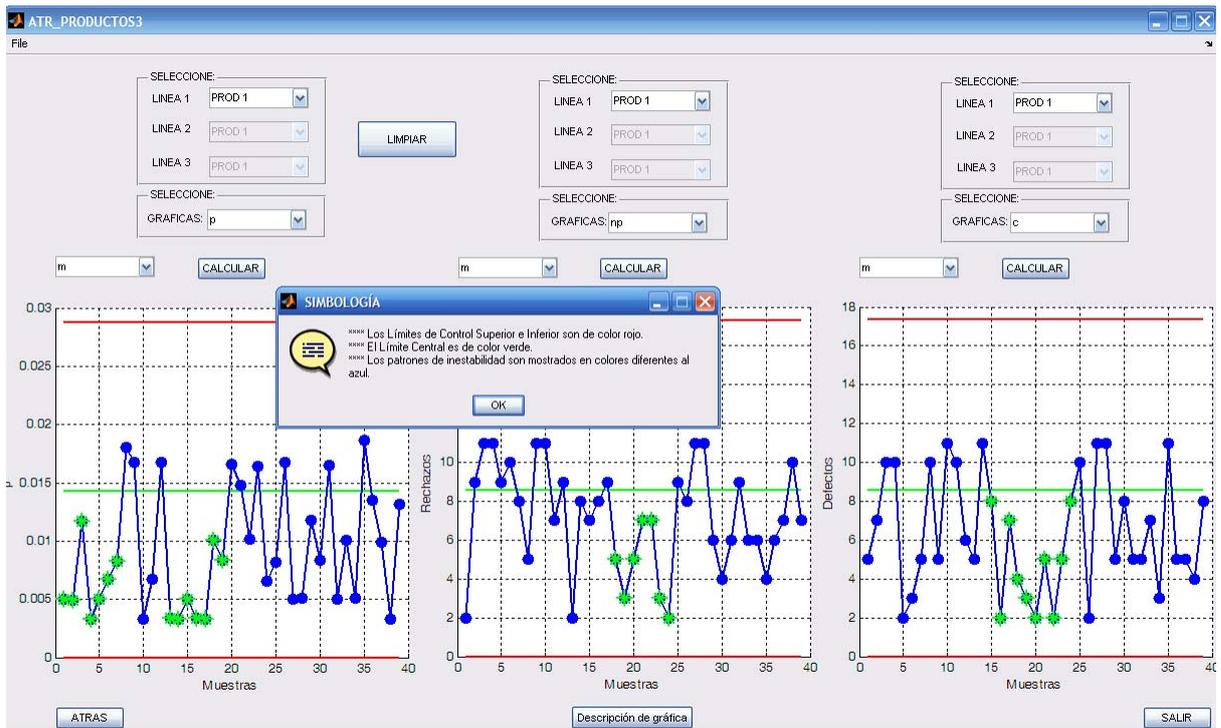


Figura E-25 Opción “LIMPIAR” y “CALCULAR” para las gráficas p , np y c

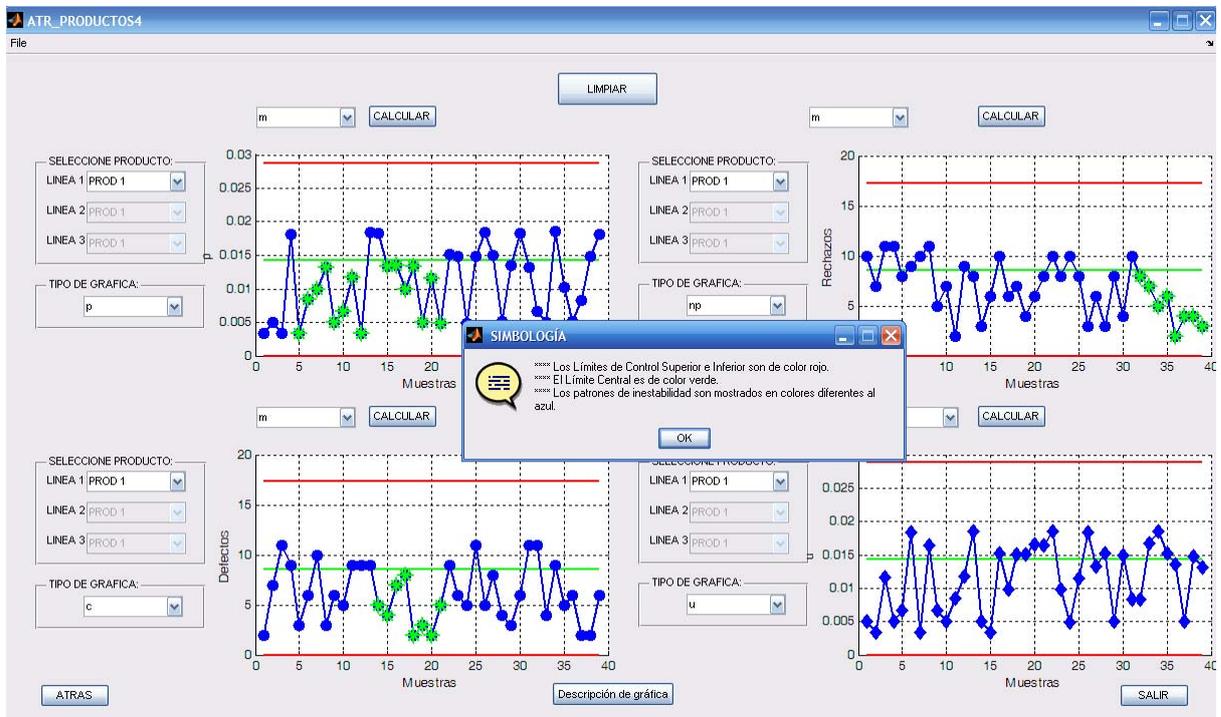


Figura E-26 Opción “LIMPIAR” y “CALCULAR” para las gráficas p , np , c y u

Ventana de capacidad de proceso

Una vez que el usuario selecciona la opción “CAPACIDAD DE PROCESO”, presente en las 4 opciones de visualización de gráficas de control por Atributos y localizada en la parte inferior central de cada una de las ventanas, podrá observar una ventana como la mostrada en la Figura E-27, la cual presenta activadas todas las líneas de producción, espacios para mostrar C_p , C_{p_k} , número de sigmas desviados, porcentaje de errores y dos espacios para graficar. La característica que despliega el buffer o espacio para mostrar resultados, contiene algunos caracteres que no son útiles para el objetivo de este trabajo. Además de lo mencionado anteriormente, se le pregunta al usuario sobre el ingreso de los Límites de Especificaciones.

Del mismo modo, se resalta la opción ¿YA INGRESO LÍMITES DE ESPECIFICACIONES?, presentando 2 opciones, si es “SI” desaparece este mensaje de dialogo y si es “NO”, se le solicita al usuario que ingrese los Límites de Especificaciones, tal como se muestra en la Figura E-28.

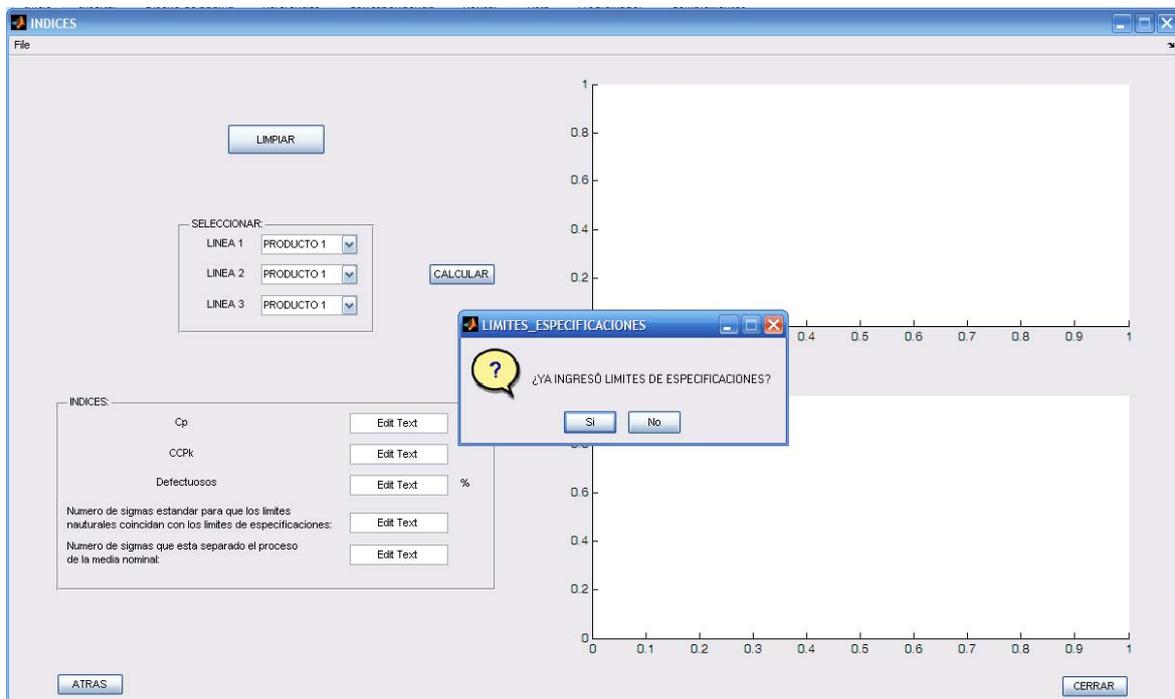


Figura E-27 Ventana Capacidad de Proceso, con las opciones “SI” y “NO”,

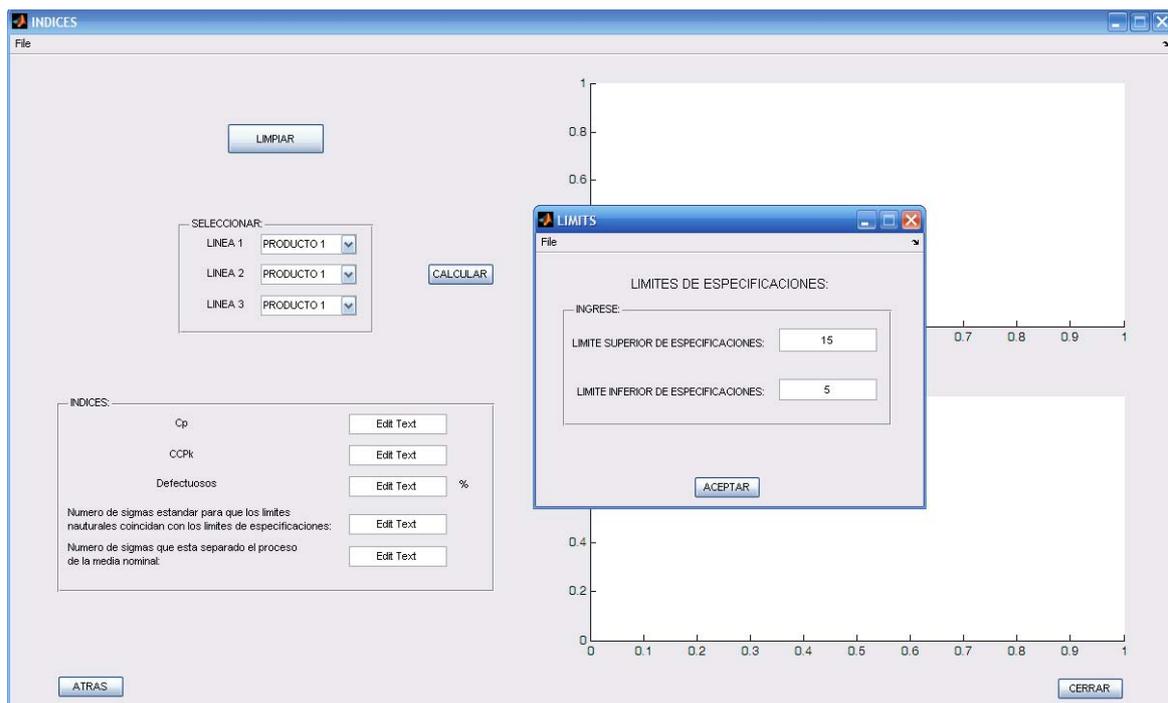


Figura E-28 Opción ¿YA INGRESÓ LÍMITES DE ESPECIFICACIONES?

Es importante señalar que los datos históricos permanecen fijos por meses; en consecuencia, la opción “DATOS HISTÓRICOS” en muy pocas ocasiones es ejecutada, debido a que son escasas las ocasiones que se modifican los Límites, pero por seguridad de ello, se estableció la opción “YA INGRESÓ LÍMITES DE ESPECIFICACIONES”. Más sin embargo, los Límites con frecuencia son ingresados en la ventana de la Figura E-28. Además, el recuadro para el ingreso de los Límites de Especificaciones tiene las mismas características que se mencionaron para cuando se ingresan los datos no numéricos (Figura A-7).

Por otro lado, una vez que ya se ingresaron los Límites de Especificaciones y se presiona la opción “LIMPIAR”, la ventana esta lista para que se seleccione el producto que se quiera conocer su capacidad, además de que se limpian los espacios para mostrar los resultados de los coeficientes, quedando la ventana como se muestra en la Figura E-29.

Una vez que se opta por el tipo de producto y se presiona “CALCULAR” el entorno de la ventana queda como se aprecia en la Figura E-30

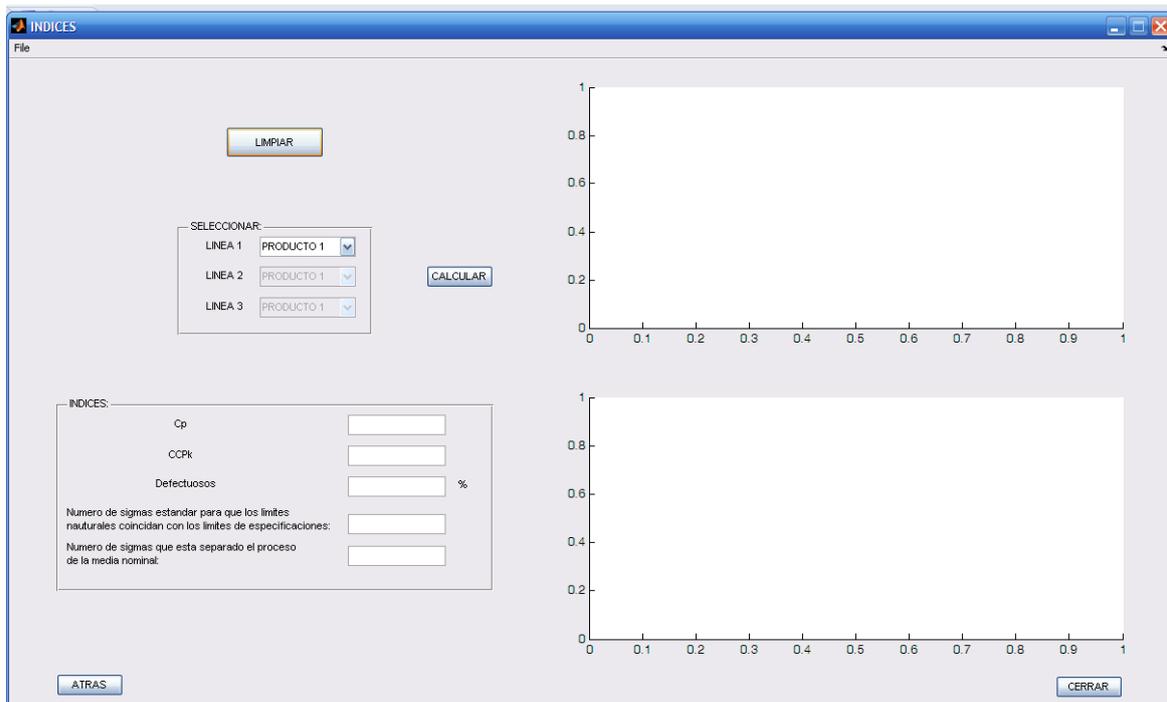


Figura E-29 Selección del producto para conocer su Capacidad de Proceso, limpiando espacios para mostrar resultados de los coeficientes

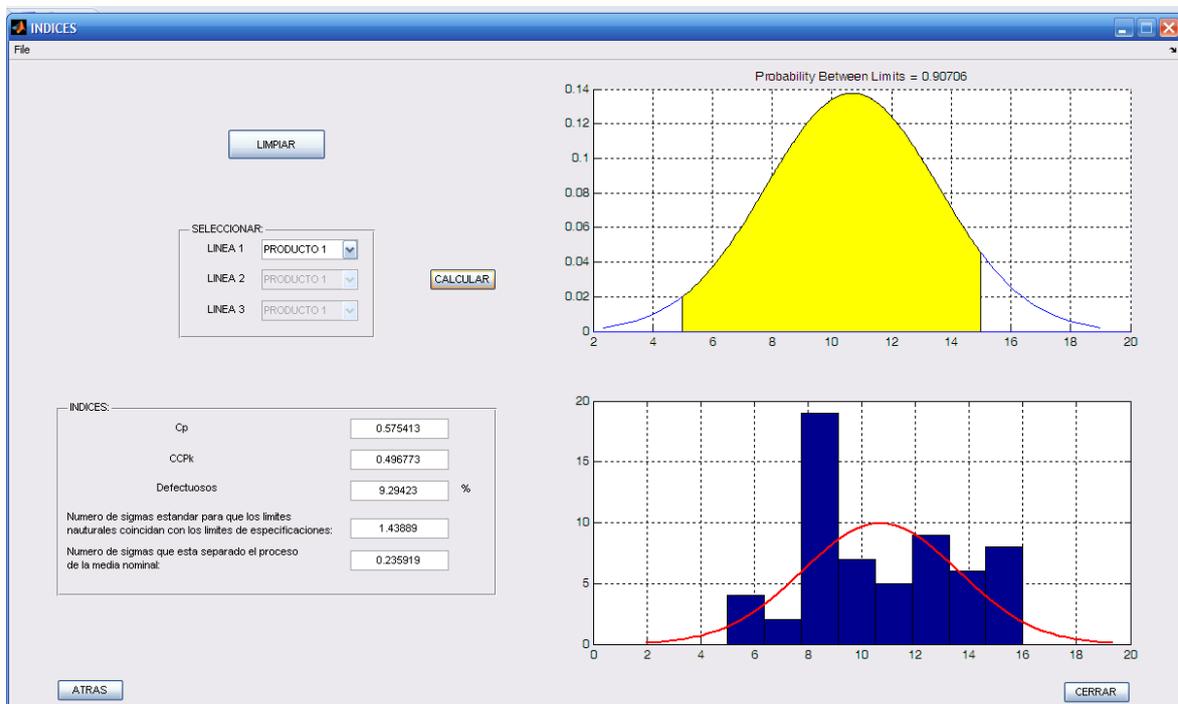


Figura E-30 Selección del Producto y presionando "CALCULAR"

La gráfica anterior muestra la probabilidad de errores en la parte superior e inferior de la gráfica y la de la parte inferior de la ventana muestra los acumulados y una curva suavizada que se forma por la naturaleza de los datos, además de que se muestran las cantidades de los diversos índices.

Una vez que el usuario selecciona la opción “Descripción del proceso”, se muestra otra ventana que indica que se debe seleccionar el nombre del archivo que desea abrir con la opción “Abrir”, como se observa en la Figura E-31.

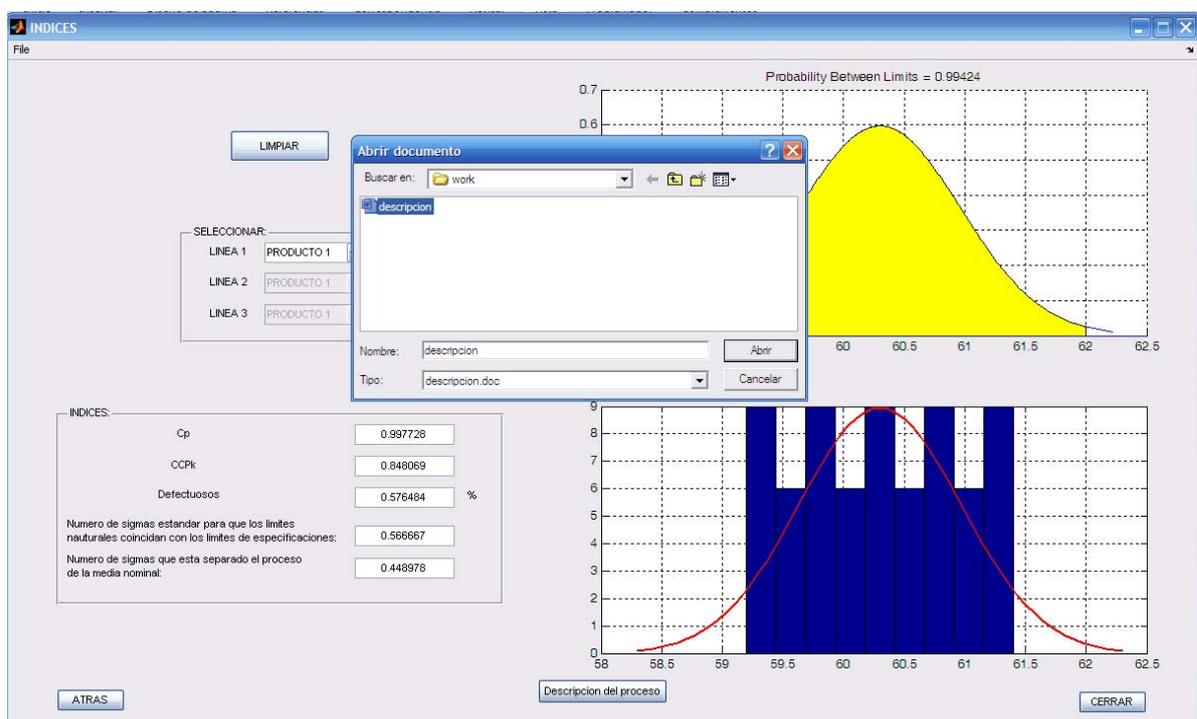


Figura E-31 Ventana indicando nombre del archivo con la opción “Abrir”.