

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DEL SUR DE GUANAJUATO



**“APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE CONTROL
ESTADÍSTICO USANDO INSTRUMENTACIÓN
VIRTUAL”**

Tesis Profesional

Elaborada por:

Daniel Guzmán Cerrato

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

Asesora:

M.C. Susana Violeta Martínez Hernández

Uriangato, Gto.

Marzo de 2022

“APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE CONTROL ESTADÍSTICO USANDO INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL”

Elaborada por:

Daniel Guzmán Cerrato

Aprobado por.....

M.C. Susana Violeta Martínez Hernández
Docente de la carrera de ingeniería en electrónica
Asesor de tesis profesional

Revisado por.....

Dr. Carlos Alberto Fuentes Hernández
Docente de la carrera de ingeniería en electrónica
Revisor de tesis profesional

Revisado por.....

Ing. Netzahualcóyotl Martínez Cázares
Docente de la carrera de ingeniería en electrónica
Revisor de tesis profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 02/03/2022

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz
Director Académico y de Estudios Profesionales
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

| | |
|---|----------------------------|
| Nombre de estudiante y/o egresado(a) Guzmán Cerrato Daniel | |
| Carrera: Ingeniería en sistemas automotrices | Núm. de control: T16120147 |
| Nombre del proyecto: Aplicación de Técnicas de Control Estadístico usando Instrumentación Virtual | |
| Producto: Tesis profesional | |

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

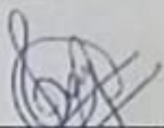
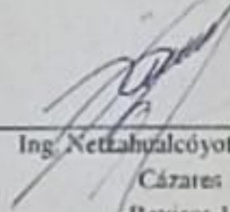
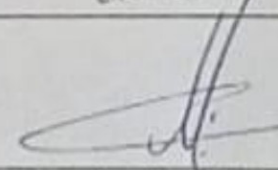
ATENTAMENTE


M.C. Mariano Braulio Sánchez
Jefe de división de Ingeniería en sistemas automotrices
ITSUR



Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato
COORDINACIÓN INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| M.C. Susana Violeta Martínez Hernández Asesora de la tesis profesional | Ing. Netzahualcóyotl Martínez Cázares Revisor 1 | Dr. Carlos Alberto Fuentes Hernández Revisor 2 |

c.c.p - Expediente

RESUMEN

Las aplicaciones de un sistema de control estadístico son muy útiles en la industria y más en la automotriz. En este documento se puede observar una interfaz de un sistema que aplica el control estadístico por medio del software de LabVIEW el cual genera todos los datos de manera automática y con mucha precisión, haciendo que el usuario tenga menos errores al momento de saber si la línea de producción se encuentra dentro de los límites de errores.

Se muestra cómo se realizó la interfaz y los conceptos básicos de las técnicas de control estadístico y las cuales son utilizadas en el programa que se realizó.

ABSTRACT

The applications of a statistical control system are very useful in industries and more so in automotive industries. In this document you can see an interface of a system that applies statistical control through the LabVIEW software, which generates all the data in a way automatic and with very precision, making the user have fewer errors when knowing if the production line is within the limits of errors

It shows how the interface and the basic concepts of statistical control techniques were carried out and which are used in the program that was carried out.

Palabras claves (*keywords*):

- LabVIEW
- Rango
- Media

AGRADECIMIENTO

Agradezco todo esto a mis padres los cuales siempre me apoyaron en todo momento hasta cuando nadie creía en mí, al igual que a mis hermanos y mi novia que me dieron fuerzas para continuar.

DEDICATORIA

Les dedico mi trabajo a todas las personas que siempre estuvieron para mí en todo momento y que a pesar de ser duro el camino jamás me dejaron rendir.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Capítulo 1 | 9 |
| Introducción..... | 9 |
| Capítulo 2 | 10 |
| Marco teórico (antecedentes)..... | 10 |
| 2.1 Variabilidad en el proceso de producción | 10 |
| 2.2 Media | 11 |
| 2.3 Variación | 12 |
| 2.4 Población, muestra y muestreo..... | 12 |
| 2.5 Graficas de control | 14 |
| 2.6 Cartas de control | 16 |
| 2.7 Fundamento estadístico de la hoja de registros..... | 17 |
| 2.8 Grafica de medias y rangos | 18 |
| 2.9 Procesos fuera de control..... | 20 |
| 2.10 Mapa de Karnaugh | 21 |
| 2.11 compuertas lógicas..... | 22 |
| 2.12 LabVIEW | 24 |
| Capítulo 3 | 27 |
| Planteamiento del problema..... | 27 |
| 3.1. Identificación..... | 27 |
| 3.2. Justificación..... | 27 |
| 3.3. Alcance..... | 27 |
| Capítulo 4 | 28 |
| Objetivos | 28 |
| 4.1. Objetivos generales..... | 28 |
| 4.2. Objetivos específicos..... | 28 |
| Capítulo 5 | 29 |
| Metodología..... | 29 |
| 5.1 Diagrama a bloques..... | 29 |
| 5.2 Panel frontal | 37 |
| Capítulo 6 | 40 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| Resultados..... | 40 |
| Capítulo 7..... | 44 |
| Análisis de resultados..... | 44 |
| Capítulo 8..... | 45 |
| Conclusiones y trabajo a futuro..... | 45 |
| Referencias bibliográficas | 46 |
| Anexos..... | 47 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 variación natural..... | 10 |
| Figura 2 variaciones asignables..... | 11 |
| Figura 3 Población y Muestra | 13 |
| Figura 4 relación entre la distribución de medias y la muestra y la distribución del proceso. | 13 |
| Figura 5 distribución normal | 14 |
| Figura 6 relación de acotamientos de control con la distribución de muestreo..... | 15 |
| Figura 7 Diagramas de flujo con situaciones anormales..... | 16 |
| Figura 8 carta de control | 16 |
| Figura 9 datos de una carta de control..... | 17 |
| Figura 10 diseño de una hoja de registro | 18 |
| Figura 11 tabla para obtener factores lcl y ucl | 20 |
| Figura 12 zonas de control | 21 |
| Figura 13 ejemplos de procesos fuera de control | 21 |
| Figura 14 file dialog | 29 |
| Figura 15 especificación para Excel | 30 |
| Figura 16 guardado de datos en array..... | 31 |
| Figura 17 obtener medias y rangos de los subgrupos | 32 |
| Figura 18 array para rango total..... | 32 |
| Figura 19 obtención de datos para graficar..... | 33 |
| Figura 20 modulo para generar graficas..... | 33 |
| Figura 21 tabla de verdad cuando LD1=0 | 34 |
| Figura 22 tabla de verdad cuando LD1=1 | 35 |
| Figura 23 mapa de Karnaugh..... | 36 |
| Figura 24 fuera de control | 37 |
| Figura 25 array indicadores numéricos | 38 |
| Figura 26 indicadores numéricos | 38 |
| Figura 27 modulo para observar la grafica | 39 |
| Figura 28 cuadro de información | 39 |

| | |
|--|----|
| Figura 29 array obtenido | 40 |
| Figura 30 resultados de rangos y medias de subgrupos..... | 41 |
| Figura 31 resultados de los límites y zonas | 41 |
| Figura 32 grafica de resultados de rangos..... | 42 |
| Figura 33 resultados de los límites de control de rangos | 42 |
| Figura 34 grafica de resultados de las medias | 42 |
| Figura 35 resultados de los límites de control de medias..... | 42 |
| Figura 36 cuadró de información | 43 |
| Figura 37 comparación de resultado | 44 |

Capítulo 1

Introducción.

En la actualidad los estándares de calidad son muy importantes para cualquier empresa o negocio, especialmente para las industrias automotrices ya que si existe un fallo en algún componente puede involucrar la vida de una persona, un ejemplo de esto podría ser las bolsas de aire que si no se encontraran con las medidas correctas no podría salir de una forma adecuada provocando esto que el ser humano pueda tener lesiones mortales.

En las líneas de producción se mide cada pieza para demostrar que tiene la medida exacta o con un margen de error el cual es mínimo. En algunas industrias aún se realiza esto de manera manual, es decir; una persona con algún instrumento de medición mira si la pieza tiene las medidas correctas, esto a la larga tiene errores ya que la persona se fatiga y ocasiona que no maneje el instrumento adecuadamente. También en algunas industrias utilizan lo que son cámaras de visión la cual te entrega las medidas de la pieza más exactas, al hacer esta acción más tecnológica evita el cansancio en el obrero, pero a pesar de eso aun este programa no te dice si la pieza es aceptable o no.

Con las técnicas de estadística se puede obtener con una serie de datos si estos están dentro de los estándares adecuados, estos datos se obtendrán de lo que arroje la cámara de visión y el software los tomara y por una serie de algoritmos los convertirá a la información que se quiere saber de ellos ya sea su media, su varianza, su desviación estándar entre otros datos además de graficarlos para que sea más comfortable para el usuario mirar si las piezas están en los límites.

Capítulo 2

Marco teórico (antecedentes).

El control estadístico de procesos (SPC, por sus siglas en inglés de *Statistical Process Control*) es aquella aplicación de técnicas en estadística para saber si el proceso que se está llevando a cabo concuerda con el diseño del producto o de algún servicio. Se usan las herramientas conocidas como gráficas de control para detectar si la elaboración de estos productos o servicios es errónea o defectuosa o bien indicar cualquier cambio que se presente en el transcurso de la producción. [1]

2.1 Variabilidad en el proceso de producción

No hay productos o servicios exactamente iguales porque los procesos mediante los cuales se producen incluyen muchas fuentes de variación. Un ejemplo sería los diámetros de los cigüeñales pueden no ser idénticos a causa de diferentes aspectos como el desgaste de las herramientas, la dureza de los materiales, la habilidad del operario o incluso la temperatura en el momento de la fabricación. Si solo se presentan causas de variación naturales, la salida del proceso forma una distribución que es estable a través del tiempo y es predecible como se muestra en la *figura 1*. [1]

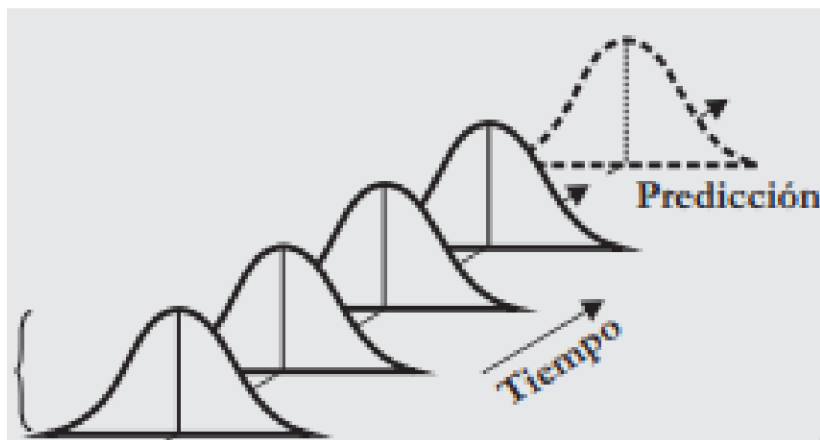


Figura 1 variación natural

Si por lo contrario se presentan causas de variación asignables, la salida del proceso no es estable a través del tiempo y por lo tanto no es predecible como se muestra en la figura 2.

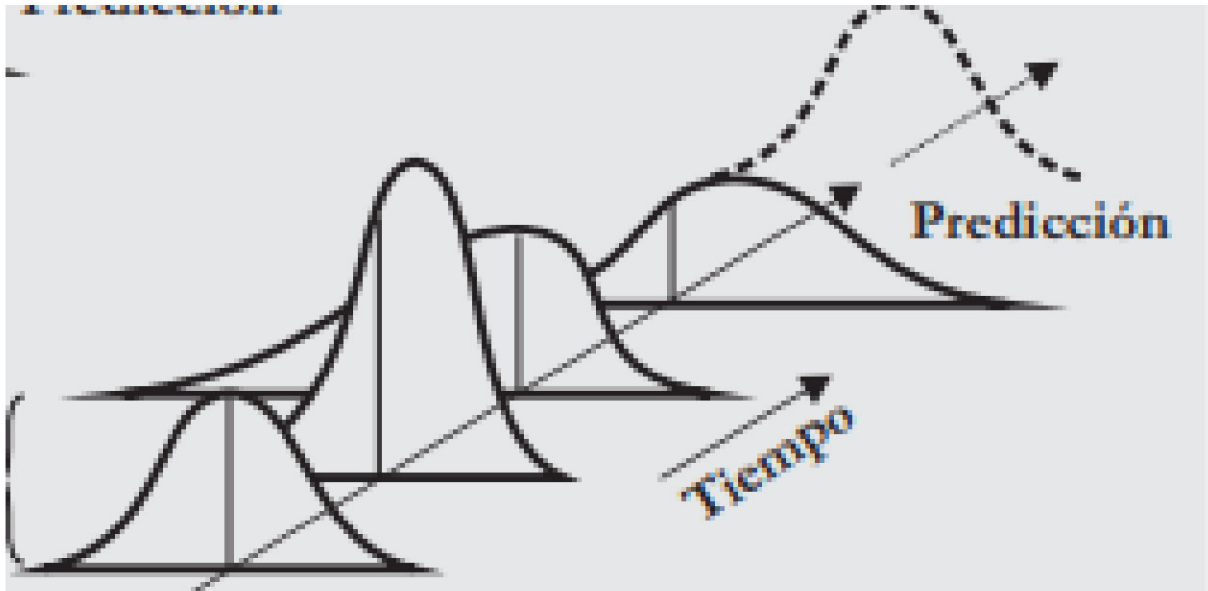


Figura 2 variaciones asignables

2.2 Media

Es el típico representativo de un conjunto de datos y como tales datos tienden a concentrarse alrededor de su valor central reciben el nombre de medias de centralización o medias de tendencia central.

La media aritmética es el valor obtenido sumando todas las observaciones y dividiendo el total por el número de observaciones que hay en el grupo.

La media resume en un valor las características de una variable teniendo en cuenta todos los casos. Solamente puede utilizarse con variables cuantitativas.

La media se puede calcular mediante la siguiente formula; [2]

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

2.3 Variación

Es una medida de la dispersión de las observaciones en torno a la media. Dos medidas que se usan comúnmente en la práctica son el rango y la desviación estándar. El rango es la diferencia entre la observación más grande contenida en una muestra y la más pequeña. La desviación estándar es la raíz cuadrada de una población, basada en una muestra y se obtiene mediante la siguiente fórmula: [3]

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

Si el rango o la desviación estándar tienen valores relativamente pequeños, eso implica que las observaciones están agrupadas cerca de la media.

2.4 Población, muestra y muestreo

No de los puntos que más ha conflictuado a los comunicadores es el identificar cuánto es la población y cuánto la muestra, y el determinar los criterios que serán usados para seleccionar a los componentes de la muestra.

- **Población:** es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer en una investigación.
- **Muestra:** es el subconjunto o parte de una población en el que se llevara a cabo una investigación.
- **Muestreo:** es el método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra del total de la población. [2]

en la *figura 3* se puede apreciar de una manera más clara la diferencia de lo que es población y muestra.



Figura 3 Población y Muestra

Distribución del muestreo

El propósito de un muestreo es calcular una variable o medida de atributos para cierta característica de calidad de la muestra. Esa medida se usará después para evaluar el rendimiento del proceso mismo. En la *figura 4* se puede observar la relación entre la distribución de medias y la muestra y la distribución del proceso.

[4]

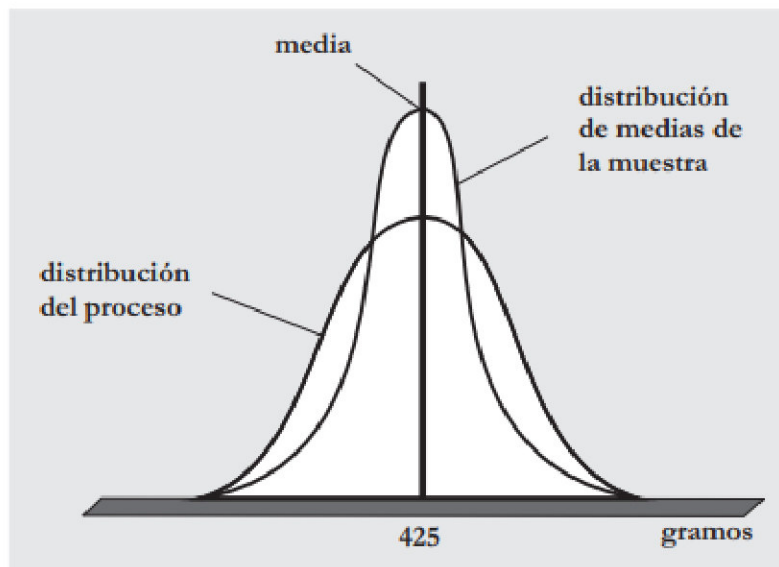


Figura 4 relación entre la distribución de medias y la muestra y la distribución del proceso.

Algunas distribuciones de muestreo suelen calcularse en forma aproximada mediante la distribución normal, lo cual permite utilizar las tablas normales. En la *figura 5* se representan los porcentajes de valores que están ubicados dentro de

ciertos rangos de la distribución normal. Por ejemplo, el 68.26% de la muestra tendrá valores dentro de una desviación estándar de +/-1 de la media de distribución.

Se puede calcular también la probabilidad de que el resultado de una muestra cualquiera quede fuera de ciertos límites. La posibilidad de asignar probabilidades a los resultados de la muestra es importante para la construcción y el empleo de graficas de control. [3]

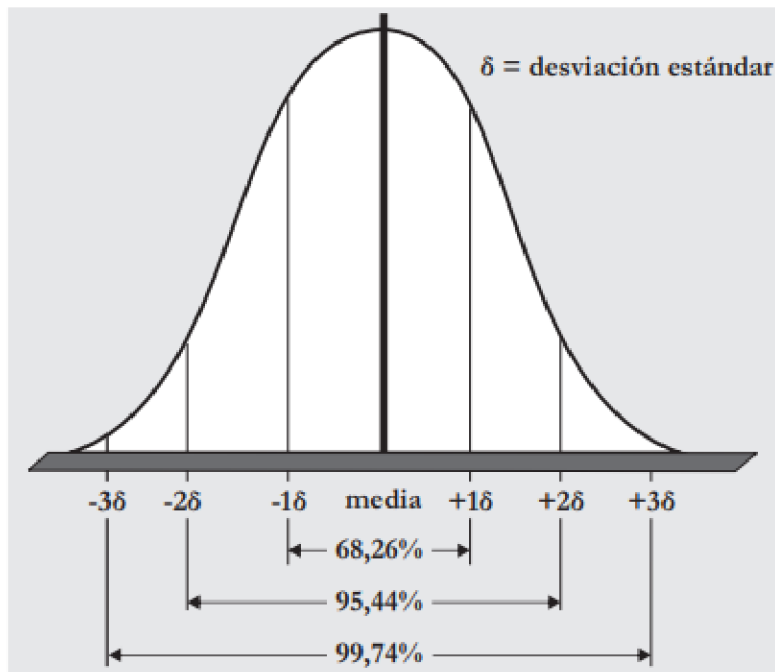


Figura 5 distribución normal

2.5 Graficas de control

Para determinar si las variaciones observadas son normales, podemos medir y trazar la gráfica de la característica de calidad tomada de la muestra, en un diagrama ordenado por tiempo, conocido como grafica de control. La grafica de control tiene el valor nominal o lineal central, que generalmente es el objetivo de los gerentes desearían alcanzar por medio del proceso, y dos limites o acotamientos de control basados en la distribución de muestreo de la medida de calidad. [5]

Los límites de control se usan para juzgar si es necesario emprender alguna acción. El valor más grande representa el **acotamiento de control superior (ucl** del inglés *upper control limit*) y el valor más pequeño representa el **acotamiento de control inferior (lcl** del inglés *lower control limit*). La figura 6 muestra cómo se relacionan los acotamientos de control con la distribución de muestreo. Una estadística de muestreos ubicada entre el **ucl** y el **lcl** indica que el proceso está mostrando causas comunes de variación, en cambio una estadística ubicada fuera de los acotamientos de control indica que el proceso está exhibiendo causas asignables de variación. Las observaciones que se encuentran fuera de los acotamientos de control no siempre denotan una mala calidad. [5]

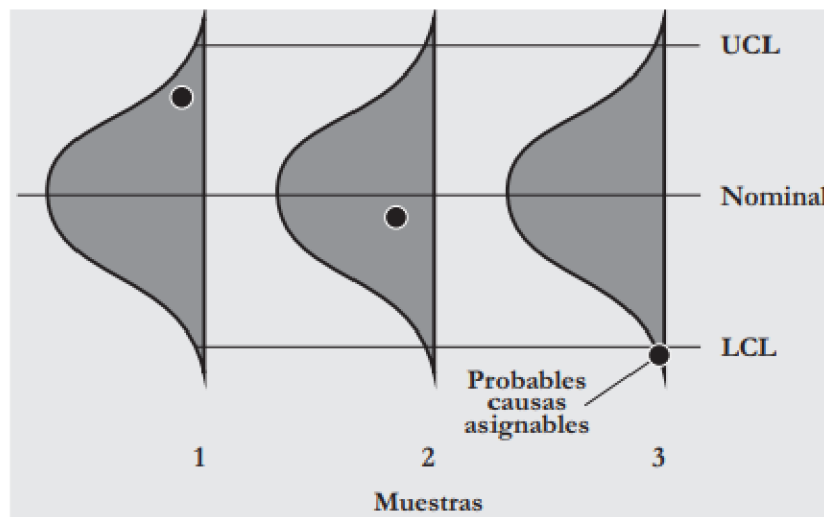


Figura 6 relación de acotamientos de control con la distribución de muestreo

las gráficas de control no son herramientas perfectas para detectar los cambios en la distribución de procesos, por el hecho de que están basadas en distribuciones de muestreo. A veces es posible detectar los problemas que afectan a un proceso, aun cuando los acotamientos de control no hayan sido rebasados. En la figura 7 se representan ejemplos de gráficas de control que se han popularizado entre la bibliografía de administración, indicando distintos comportamientos en los procesos que denotan situaciones anormales en el comportamiento de las muestras. [6]

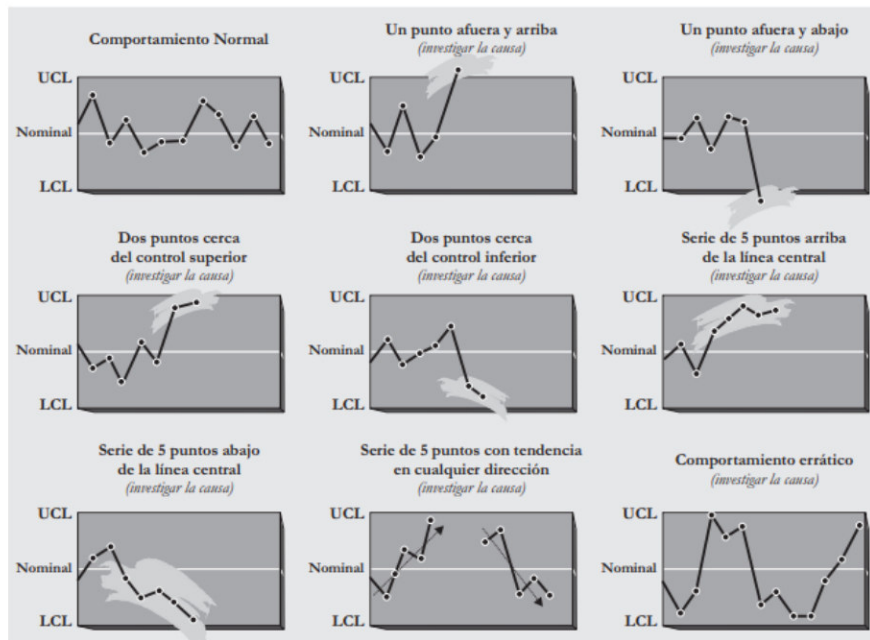


Figura 7 Diagramas de flujo con situaciones anormales

2.6 Cartas

de control

Una carta de control es un registro de datos en el tiempo con límites de control superior e inferior, diferentes a los límites de especificación y determinados por la variación natural del proceso. [4]

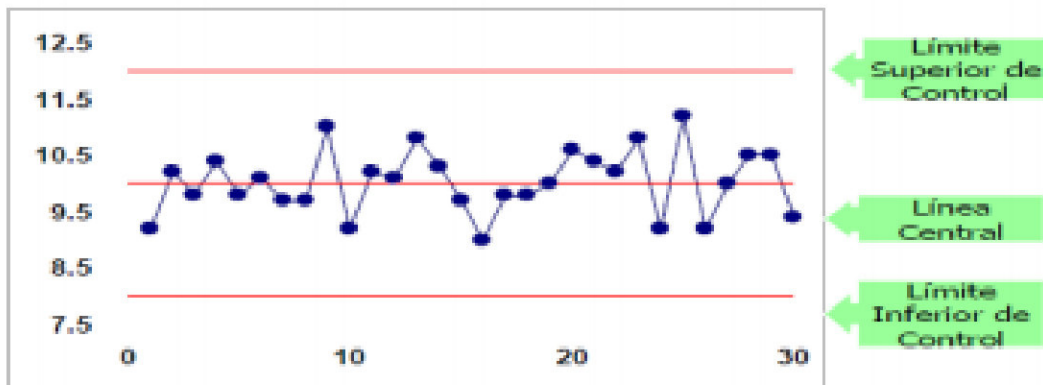


Figura 8 carta de control

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Así, es posible distinguir la variación originada por causas comunes y especiales. [4]

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

La carta de control es como un historial del proceso de forma que se pueden reconocer cambios favorables y desfavorables. A través de éstas, es posible detectar la variación normal y anormal en un proceso.



Figura 9 datos de una carta de control

2.7 Fundamento estadístico de la hoja de registros.

El diseño de una hoja de registro se fundamenta estadísticamente en dos conceptos:

- Teorema de límite central. Se requieren al menos 30 datos (10 subgrupos tamaño 3) para que los estimadores calculados a partir de la muestra sigan una distribución normal y sea a través de esta distribución el análisis del proceso.
- Subgrupos racionales. Asegurar la mínima variación posible dentro del subgrupo (within) y máxima variación posible entre los grupos (between). [7]

| OPERADOR | | FECHA | TURNO | | SUPERVISOR | | MAQUINA | | | |
|--------------|-----|-------------|-------|----|------------|----|-------------------------|----------|-------|--|
| DEPARTAMENTO | | PRODUCTO | | | REVISÓ | | SEMANA DEL ____ AL ____ | | | |
| MEDICIONES | | | | | | | | | | |
| | DÍA | HORA | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | Promedio | Rango | OBSERVACIONES Qué hay detrás del diseño de una hoja de registro? |
| 1 | 1 | 09:00-09:01 | | | | | | | | |
| 2 | | 11:00-11:01 | | | | | | | | |
| 3 | | 13:00-13:01 | | | | | | | | |
| 4 | 2 | 15:00-15:01 | | | | | | | | |
| 5 | | 17:00-17:01 | | | | | | | | |
| 6 | | 19:00-19:01 | | | | | | | | |
| 7 | 3 | 21:00-21:01 | | | | | | | | |
| 8 | | 23:00-23:01 | | | | | | | | |
| 9 | | 01:00-01:01 | | | | | | | | |

Figura 10 diseño de una hoja de registro

2.8 Grafica de medias y rangos

Es una carta de control para variables. Se usa de forma periódica, es adecuada para monitorear procesos bajo control estadístico. Por ello, se usan de forma periódica. Se calculan media y rango; la primera presenta la variación entre grupos (medias) y la segunda la variación dentro del subgrupo (entre mediciones).

Para realizar y calcular la gráfica de medias y rangos se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar el tamaño de subgrupo o muestra
 - A. Las oportunidades de variación entre unidades del subgrupo deben ser pequeñas
 - B. Las oportunidades de variación entre subgrupos deben ser grandes.
 - C. Considerar 2 a 3 unidades por subgrupo

D. Número de subgrupos suficiente para captar y verificar los cambios de la media y la variación dentro de los grupos, presente en la población / proceso (20 subgrupos de 2 a 3 unidades es suficiente). [2]

2. Recopilar las muestras y registrar mediciones

3. calcular los promedios de los subgrupos..... $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

4. calcular los rangos de los subgrupos..... $R = \text{dato mayor} - \text{dato menor}$

5. Calcular el promedio de las medias..... $\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}_i}{n}$

6. calcular el promedio de los rangos..... $\bar{R} = \frac{\sum R_i}{\text{Suma del total de los rangos}}$

7. Determinar la escala adecuada de la gráfica

8. determinar los límites del proceso para la media

$$LSC_X = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \quad LC_X = \bar{\bar{x}} \quad LIC_X = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

9. calcular los límites de proceso para el rango

$$LSC_R = D_4\bar{R} \quad LC_R = \bar{R} \quad LIC_R = D_3\bar{R}$$

Para obtener los datos a_2 , d_4 y d_3 son una constante la cual se obtiene de una tabla la cual se muestra en la *figura 11* en la cual los valores dependen del tamaño de la muestra. Se puede observar que entre más grande la muestra el valor de cada constante a_2 se va haciendo más pequeño a lo contrario de los valores de las constantes d_3 y d_4 los cuales se van haciendo más grandes conforme el valor de la muestra va creciendo.

| Tamaño de la muestra (n) | Factor para UCL y LCL para gráficas \bar{x} (A_2) | Factor para LCL para gráficas R (D_3) | Factor para UCL para gráficas R (D_4) |
|---------------------------------|--|--|--|
| 2 | 1,880 | 0 | 3,267 |
| 3 | 1,023 | 0 | 2,575 |
| 4 | 0,729 | 0 | 2,282 |
| 5 | 0,577 | 0 | 2,115 |
| 6 | 0,483 | 0 | 2,004 |
| 7 | 0,419 | 0,076 | 1,924 |
| 8 | 0,373 | 0,136 | 1,864 |
| 9 | 0,337 | 0,184 | 1,816 |
| 10 | 0,308 | 0,223 | 1,777 |

Figura 11 tabla para obtener factores lcl y ucl

2.9 Procesos fuera de control.

Para determinar si un proceso se encuentra fuera de control se tienen que cumplir algunas de las siguientes relaciones:

1. Uno o más puntos caen fuera de los límites de control
2. Cuando la gráfica de control está dividida en zonas, como se muestra en la figura y cualquiera de los siguientes casos es verdadero:
 - a. Dos de tres puntos consecutivos están del mismo lado de la línea central en la zona a o más allá
 - b. Cuatro de cinco puntos consecutivos, están del mismo lado de la línea central en la zona b o más allá
 - c. Nueve puntos consecutivos en un sólo lado de la línea central
 - d. Hay seis puntos o más en tendencia creciente o decreciente
 - e. Hay catorce puntos consecutivos que alternan de arriba y hacia abajo

- f. Hay quince puntos consecutivos dentro de la zona c (arriba y debajo de la línea central) [1]



Figura 12 zonas de control

En la figura 13 se puede observar algunos ejemplos de cómo un proceso puede estar fuera de control en las diferentes zonas.

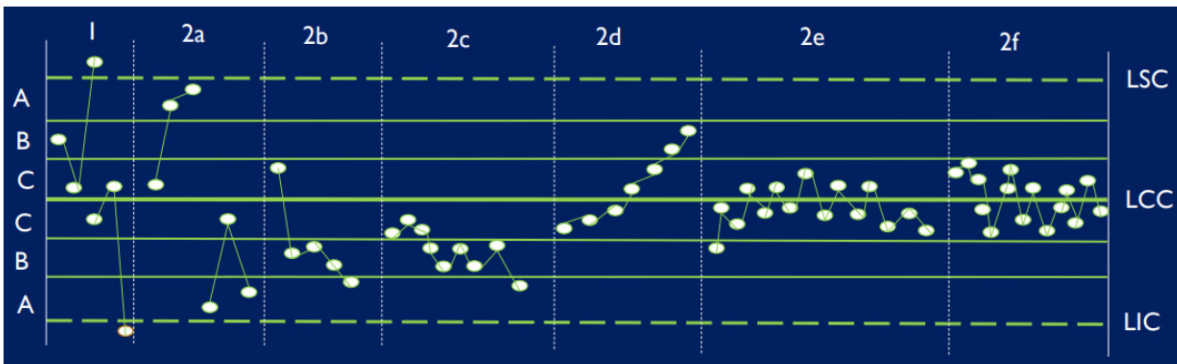


Figura 13 ejemplos de procesos fuera de control

2.10 Mapa de Karnaugh

Es un diagrama utilizado para la simplificación de funciones algebraicas en forma canónica. A partir de la tabla de karnaugh se puede obtener una forma canónica mínima (con el mínimo número de términos). En este texto emplearemos indistintamente los términos “mapa” y “tabla” de karnaugh. [8]

La tabla de Karnaugh consiste en una representación bidimensional de la función que se quiere simplificar. Si la función viene expresada como una tabla de verdad, entonces la tabla de Karnaugh puede verse como una forma alternativa de representación 2D. Puesto que la tabla de verdad de una función de n variables

posee $2n$ filas, la tabla de Karnaugh correspondiente debe poseer también $2n$ celdas. La construcción de la tabla de Karnaugh pasa por codificar cada celda en código binario reflejado (o código Gray) de manera que celdas adyacentes tengan un código que difiere en un solo dígito. [8]

| | | AB | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| CD | 00 | 0 | 4 | 12 | 8 |
| | 01 | 1 | 5 | 13 | 9 |
| | 11 | 3 | 7 | 15 | 11 |
| | 10 | 2 | 6 | 14 | 10 |

2.11 compuertas lógicas

Las Compuertas Lógicas son circuitos electrónicos conformados internamente por transistores que se encuentran con arreglos especiales con los que otorgan señales de voltaje como resultado o una salida de forma booleana, están obtenidos por operaciones lógicas binarias (suma, multiplicación). También niegan, afirman, incluyen o excluyen según sus propiedades lógicas. Estas compuertas se pueden aplicar en otras áreas de la ciencia como mecánica, hidráulica o neumática.

Existen diferentes tipos de compuertas y algunas de estas son más complejas, con la posibilidad de ser simuladas por compuertas más sencillas. Todas estas tienen tablas de verdad que explican los comportamientos en los resultados que otorga, dependiendo del valor booleano que tenga en cada una de sus entradas.

Trabajan en dos estado, "1" o "0", los cuales pueden asignarse a la lógica positiva o lógica negativa. El estado 1 tiene un valor de 5v como máximo y el estado 0 tiene

un valor de 0v como mínimo y existiendo un umbral entre estos dos estados donde el resultado puede variar sin saber con exactitud la salida que nos entregara. Las lógicas se explican a continuación: [9]

- La lógica positiva es aquella que con una señal en alto se acciona, representando un 1 binario y con una señal en bajo se desactiva, representado un 0 binario.
- La lógica negativa proporciona los resultados inversamente, una señal en alto se representa con un 0 binario y una señal en bajo se representa con un 1 binario.

Compuerta AND

Esta compuerta es representada por una multiplicación en el Algebra de Boole. Indica que es necesario que en todas sus entradas se tenga un estado binario 1 para que la salida otorgue un 1 binario. En caso contrario de que falte alguna de sus entradas con este estado o no tenga si quiera una accionada, la salida no podrá cambiar de estado y permanecerá en 0. Esta puede ser simbolizada por dos o más interruptores en serie de los cuales todos deben estar activos para que esta permita el flujo de la corriente. [9]



Compuerta OR

En el Algebra de Boole esta es una suma. Esta compuerta permite que con cualquiera de sus entradas que este en estado binario 1, su salida pasara a un estado 1 también. No es necesario que todas sus entradas estén accionadas para conseguir un estado 1 a la salida pero tampoco causa algún inconveniente. Para lograr un estado 0 a la salida, todas sus entradas deben estar en el mismo valor de

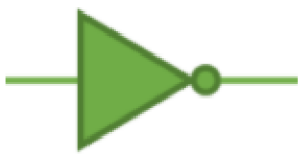
0. Se puede interpretar como dos interruptores en paralelo, que sin importar cual se accione, será posible el paso de la corriente. [9]



$$Q = A + B$$

Compuerta NOT

En este caso esta compuerta solo tiene una entrada y una salida y esta actúa como un inversor. Para esta situación en la entrada se colocara un 1 y en la salida otorgara un 0 y en el caso contrario esta recibirá un 0 y mostrara un 1. Por lo cual todo lo que llegue a su entrada, será inverso en su salida. [9]



$$Q = \bar{Q}$$

2.12 LabVIEW

LabVIEW es un software de ingeniería de sistemas para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos.

LabVIEW ofrece un enfoque de programación gráfica que le ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración del hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización simplifica la integración del hardware de medidas de cualquier proveedor, representa una lógica compleja en el diagrama, desarrolla algoritmos de análisis de datos y diseña interfaces de usuario de ingeniería personalizadas. [10]

¿Qué puede hacer con LabVIEW 2020?

- Medir sistemas físicos con sensores y actuadores

- Validar o verificar diseños electrónicos
- Desarrollar sistemas de pruebas de producción
- Diseñar máquinas inteligentes o equipo industrial

DSC Modul

El Módulo LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC) le ayuda a desarrollar aplicaciones de registro de datos de gran cantidad de canales o HMI/SCADA.

El Módulo LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC) es un software complementario para el entorno de programación LabVIEW. Usted puede usar este módulo para desarrollar un sistema de monitoreo y control distribuidos que va desde docenas hasta decenas de miles de etiquetas. Incluye herramientas para registrar de datos a una base de datos histórica en red, rastrear tendencias de datos históricos y en tiempo real, administrar alarmas y eventos, crear redes de dispositivos LabVIEW Real-Time y dispositivos OPC en un sistema completo y añadir seguridad a interfaces de usuarios.

Software que realizan control estadístico

en la actualidad existen varios softwares ya capaces de realizar funciones de control estadístico, pero uno de los inconvenientes es que son pesados o que no te generan todos los datos de manera automática, además de que se requeriría una capacitación extra para poderlos manejar, a continuación, podemos observar algunos de estos softwares. [10]

Minitab

Minitab es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos.

es un software que sirve para realizar análisis estadísticos. Es comúnmente usado en los procesos de mejora continua, en su mayor frecuencia usados en los procesos con la metodología Seis Sigma. [11]

MATLAB

MATLAB, el lenguaje de cálculo técnico desarrollado por MathWorks, es un entorno de programación para el desarrollo de algoritmos, análisis de datos, visualización y cálculo numérico.

Ofrece un potente lenguaje de programación, así como un entorno computacional interactivo. Es posible introducir comandos del lenguaje uno por uno en la línea de comandos de Matlab, o en su lugar, escribir una serie de comandos en un archivo y luego ejecutarlo como cualquier función de Matlab. [12]

Excel

Podemos decir que Excel es una herramienta para poder hacer cualquier tipo de cálculo matemático en una hoja: hoja de cálculo. Se pueden realizar operaciones matemáticas y crear tablas de números para realizar operaciones con ellas posteriormente de una manera eficaz y rápida. Las hojas de cálculo contienen múltiples celdas en las que podremos insertar datos numéricos, texto, alfanuméricos además de fórmulas.

Excel es indiscutiblemente, la aplicación más utilizada en los departamentos de contabilidad de las empresas [13]

Capítulo 3

Planteamiento del problema

- 3.1. Identificación.** En las líneas de producción donde se encuentra la aprobación de una pieza, existe un desgaste físico de la persona que mide cada una de las piezas para aprobarlas y decir que, si se encuentra en los estándares establecidos, al existir este desgaste en una persona se obtienen datos erróneos y no se sabe con exactitud si las piezas no cumplen con las medidas estandarizadas. Se puede realizar un sistema de visión que sustituya a la persona, pero muchos no entregan todos los datos estadísticos (media, varianza, desviación estándar, etc.) Y con ellos ver cada que exista un error.
- 3.2. Justificación.** Obteniendo los datos de las medidas por medio de un sistema de visión, no existiría un desgaste físico de la persona ya que los datos los obtendrían mediante un software, realizando un programa que pueda leer los datos obtenidos del sistema de visión y los transforme a datos estadísticos fácil de leer, se podría tener un menor error en las líneas de producción.
- 3.3. Alcance.** Un programa en el software de LabVIEW el cual sea capaz de transformar una serie de datos en técnicas de control estadístico y así mostrar si los datos se encuentran en los estándares establecidos.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivos generales. Aplicar las técnicas de control estadístico en un programa virtual para conocer los estándares de calidad en las piezas automotrices planas.

4.2. Objetivos específicos.

- Investigar las técnicas de control estadístico
- Diseñar un programa virtual capaz de hacer las técnicas de control estadístico
- Detallar la interfaz del programa para satisfacer el manejo del usuario

Capítulo 5

Metodología

Se realizó una investigación sobre los métodos de control estadísticos y para esto se observó que en las empresas se hace una bitácora o hoja de registro en la cual se llenan los datos correspondientes un ejemplo de esta hoja se encuentra en la figura 10, al llenar dicha hoja se obtienen los datos necesarios para realizar de la manera más eficiente el control estadístico.

La interfaz entre el usuario y la máquina se realizó en el programa llamado LabVIEW el cual es muy utilizado en la industria al igual que es muy práctico es por ello que se decidió trabajar en él.

5.1 Diagrama a bloques

Se inició todo con una función del mismo LabVIEW capaz de mandar llamar una hoja de Excel o de otro lugar, pero ya que es relativamente sencillo el guardar la tabla en el programa de Excel se utiliza dicho programa en la figura 14 se muestra la función utilizada. En la cual se puede observar un archivo de diálogo el cual se conecta a una nueva hoja de datos en este caso como se obtendrá de una hoja de Excel entonces en el recuadro se le dice que esta hoja será de Excel.

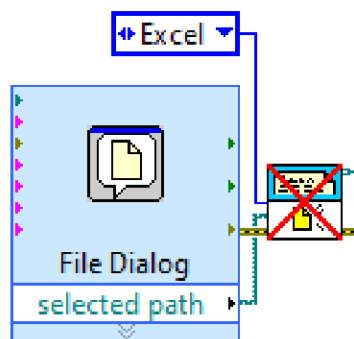


Figura 14 file dialog

A continuación se conecta todo lo que son las especificaciones de la hoja de Excel que se leerá, la cual la primera especificación es el número de hoja del archivo ya que en el programa de Excel en el mismo documento se puede tener varias hojas simultáneamente, como los datos solo se encuentran en la primera hoja se pone el número "0" para que solamente lea la primera, en seguida se pone las especificaciones de que columnas y de que renglones se encuentra la serie de datos que se van a utilizar se puso como predeterminado que se obtendrán 5 datos por cada medición y se harán 5 mediciones así que la tabla quedaría de 5 renglones y 10 columnas así que en realidad se utilizaran 50 datos en total. Como en LabVIEW toma el renglón 1 como 0 y la columna 1 como 0, entonces se pone la cantada menos 1, todo esto se puede observar en la figura 15.

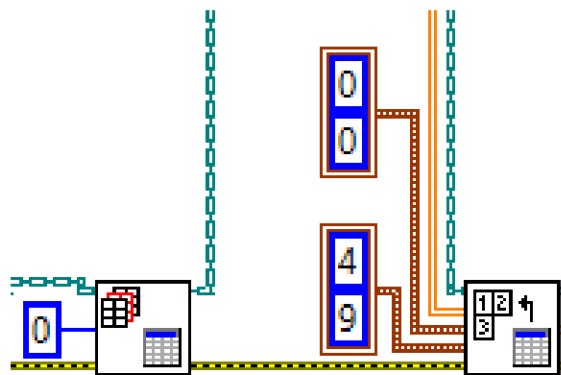


Figura 15 especificación para Excel

Después se tiene que cerrar la hoja de datos que se abrió, pero también estos datos se guardan en un array haciendo posible la lectura de ellos, en el array si se pueden observar todos los datos, pero para poderlos tomar se necesita agarrar de columna por columna, es decir, se tuvo que repetir la misma acción 10 veces, pero el número del renglón iba a ser el indicado los cuales son de 0 al 9, en la figura 16 se puede observar una parte de lo dicho anteriormente.

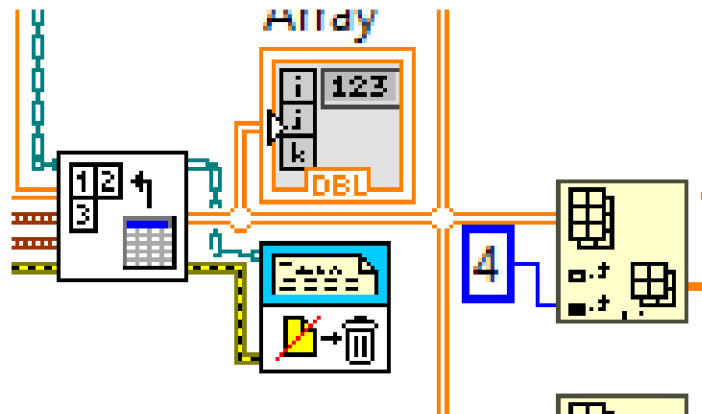


Figura 16 guardado de datos en array

Todo lo anteriormente mencionado fue para poder ver y obtener los datos que se ocupan para poder realizar el control estadístico y es a continuación donde se empieza a realizar dicho control estadístico en el cual se requiere obtener tanto la media y el rango de cada uno de los subgrupos o en este caso de las columnas y fue por ellos que se ocupaba leer cada una de ellas primero se puede observar cómo se realizó en LabVIEW este proceso en la figura 17, el cual fue utilizar las fórmulas para obtener la media dicha formula se ocupa una sumatoria de todos los datos del array y después dividirla entre el número de los datos que se sumaron es lo mismo que obtener el promedio del subgrupo, esto mismo se utilizó para todos los demás subgrupos pero cada uno de ellos con sus respectivos datos, también se ocupaba el rango para este es fácil sacarlo ya que solo es el valor máximo de los números del subgrupo menos el valor mínimo de los mismos, pero para poder obtener estos valores se puso una función del array el cual automáticamente se pueden obtener, todos estos resultados se pusieron en un indicador numérico para poder observarlos.

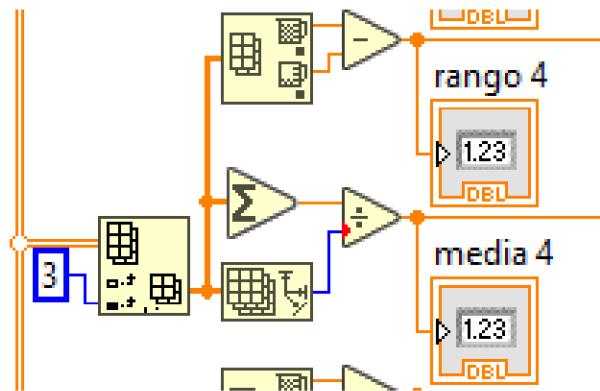


Figura 17 obtener medias y rangos de los subgrupos

Para continuar con el control estadístico se ocupa sacar el valor de una media total al igual que el de un rango total, para poder obtener dichos datos primero se ocupó poner todos los datos de las medias de los subgrupos en un array, también todos los datos de los rangos de los subgrupos en otro array para poder utilizar el mismo método con sus dichas formulas iguales y así obtener la media y el rango total de los datos, dichas funciones se pueden observar en el la figura 18, dichos resultados también se pueden observar con un indicador numérico.

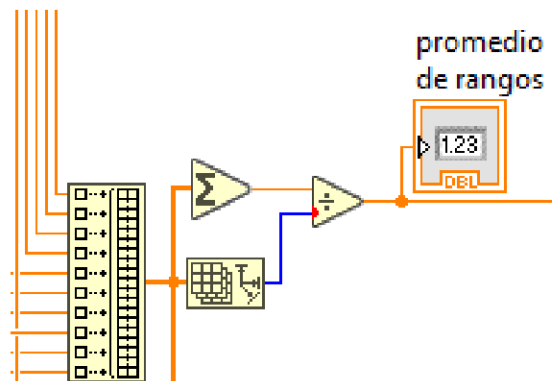


Figura 18 array para rango total

Al obtener los datos de este control estadístico, ahora se ocupan graficar para poder tener una visualización más clara de si se encuentran los datos en algún error o fuera de los límites. Para obtener los datos que van en las grafías se tiene que obtener el límite superior de control, el límite inferior de control, y dividirlo en las zonas las cuales son (a+, a-, b+, b-, c+ y c-), estas zonas son muy útiles para saber si el proceso se encuentra fuera del área de control, también se necesita sacar el

error o el cual es la separación de cada una de las zonas, en la figura 19 se puede observar todo el proceso en LabVIEW para obtener dichos datos.

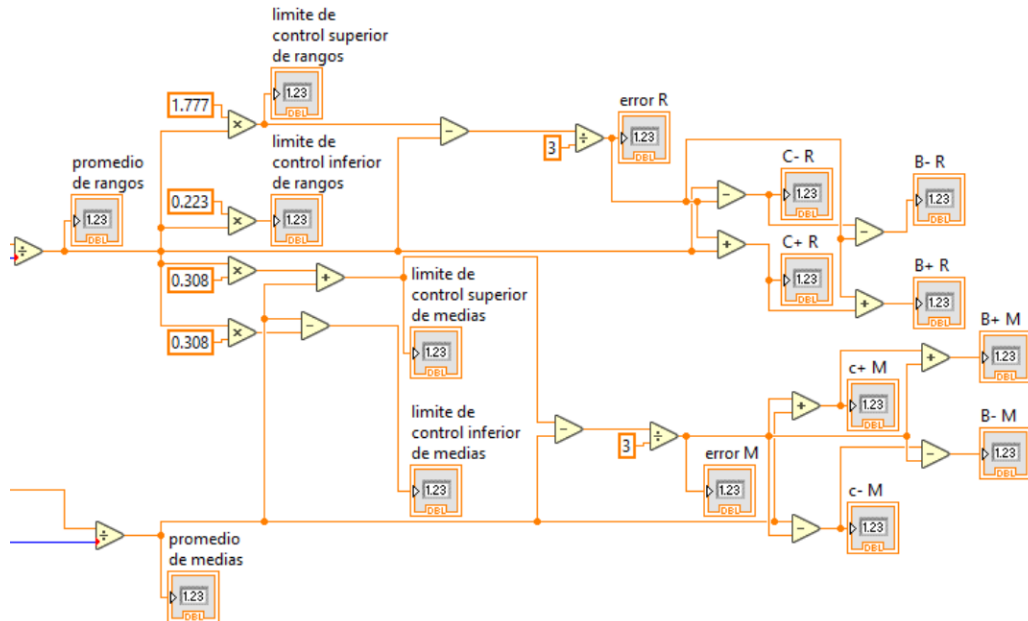


Figura 19 obtencion de datos para graficar

Ya con todos esos datos obtenidos se puede hacer la gráfica, para esto se utilizó una gráfica del dsc modul el cual genera automáticamente la gráfica en cuanto se le ponen los datos este se observa en la figura 20, este módulo de la gráfica se puso en una función que se llama while el cual hace un ciclo infinito esto se hace para que el programa se esté ejecutando con su respectivo botón de paro.

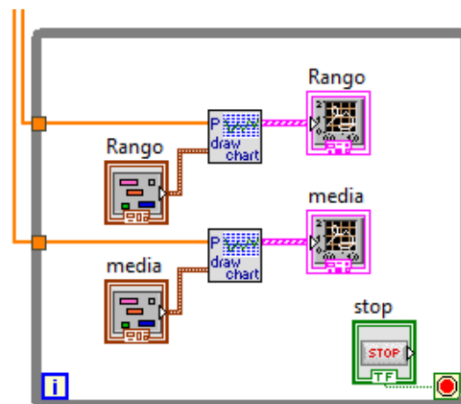


Figura 20 modulo para generar graficas

Se tiene que saber si el proceso está fuera de control y hacerle saber al usuario que opere el programa cuando este fuera de los rangos normales. Para esto se empezó haciendo unos mapas de Karnaugh para cada uno de los diferentes puntos que se muestran en la figura 13.

Primero se comienza haciendo la tabla de verdad en la cual se tomaron los cinco datos para cumplir con la condición que dice que cuatro de cinco puntos consecutivos, están del mismo lado de la línea central en la zona b o más allá, en la cual en la tabla de verdad LD significa límite del dato.

En esta tabla se muestran todas las combinaciones en las que se cumple dicha combinación que se menciono anteriormente, en las figuras 21 y 22 se muestran dichas tablas de verdad, se realizaron 2 tablas de verdad para que no quedara tan extensa y así se pueda visualizar fácilmente al igual que en los mapas de así no se tenga alguna complicación.

| LD1=0 | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-------|
| LD2 | LD3 | LD4 | LD5 | ERROR |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Figura 21 tabla de verdad cuando LD1=0

| LD1=1 | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-------|
| LD2 | LD3 | LD4 | LD5 | ERROR |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Figura 22 tabla de verdad cuando LD1=1

Para los siguientes puntos que se muestran en la figura 13 se utiliza el mismo método para hacer la tabla de verdad solo cambian los límites de datos ya que en algunos son más de cinco, pero el proceso es el mismo.

A continuación, se realizó el mapa de Karnaugh con los datos de las tablas de verdad en este caso solo se realizó uno ya que en la figura 22 se puede observar que solo hay un dato que es relevante el cual es el primero, entonces solo se realizó el mapa de Karnaugh para los datos de la figura 21.

En la figura 23 se puede observar el resultado del mapa de Karnaugh en el cual se llena con los datos correspondientes de la tabla de verdad, pero solo se redondea en pares los datos que nos interesan.

| | $\overline{D}4\overline{D}5$ | $\overline{D}4D5$ | $D4D5$ | $D4\overline{D}5$ |
|------------------------------|------------------------------|-------------------|--------|-------------------|
| $\overline{D}2\overline{D}3$ | 1 | 1 | 0 | 1 |
| $\overline{D}2D3$ | 1 | 0 | 0 | 0 |
| $D2D3$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $D2\overline{D}3$ | 1 | 0 | 0 | 0 |

Figura 23 mapa de Karnaugh

De esos datos que se señalaron en la figura 23 se puede realizar una función la cual podemos programar con las compuertas or, and y not. dicha función quedaría de la siguiente manera también agregando el único dato que se muestra en la figura 22.

$$(\overline{D}2\overline{D}3\overline{D}4 + \overline{D}2\overline{D}4\overline{D}5 + \overline{D}2\overline{D}3\overline{D}5 + \overline{D}3\overline{D}4\overline{D}5)\overline{D}1 + D1\overline{D}2\overline{D}3\overline{D}4\overline{D}5 = E$$

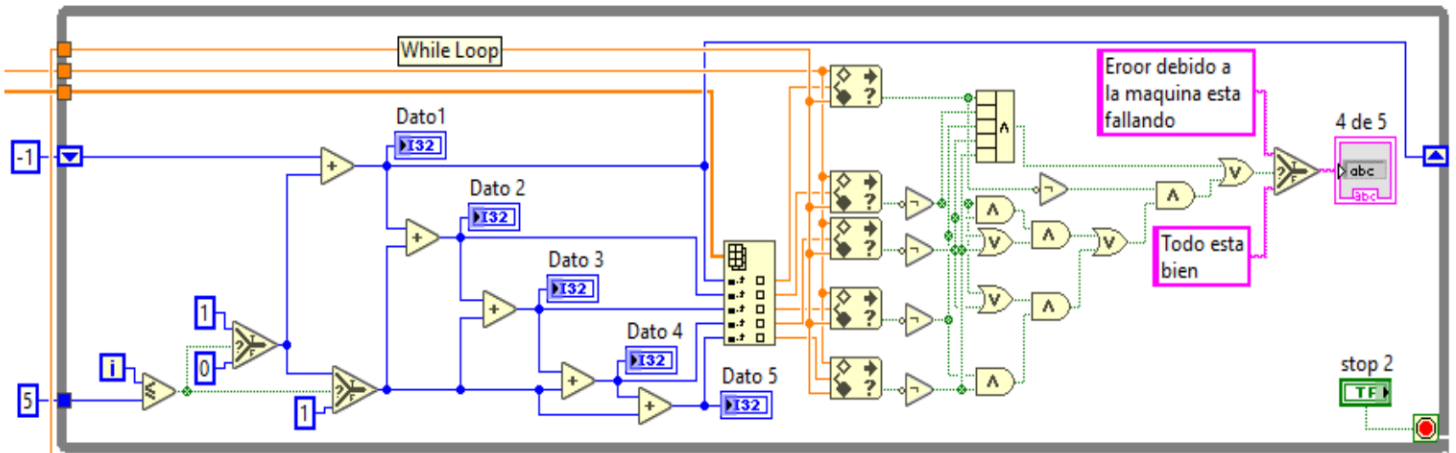
esta función se puede simplificar un poco más la cual quedaría de la siguiente manera.

$$((\overline{D}2\overline{D}4 (\overline{D}3\overline{D}5) + \overline{D}3\overline{D}5 (\overline{D}2\overline{D}4))\overline{D}1 + D1\overline{D}2\overline{D}3\overline{D}4\overline{D}5 = E$$

con esta ecuación ahora si es más fácil el programarlo ya que solo es poner las operaciones con las compuertas antes mencionadas ya que en el programa de LabVIEW es sencillo conectarlas.

todos estos mismos pasos se hacen para los demás puntos en los cuales están fuera de las zonas los cuales se ven en la figura 13 tan solo es respetando dichas condiciones.

Primero se necesita hacer que un while valla leyendo los datos, pero cinco datos consecutivos y haga la comparación entre ellos un ejemplo de esto es agarrar del 1 al 5 los compare y luego sigue del 2 al 6 y así sucesivamente hasta comparar los 10 datos y estos datos ya evaluados y generado un array con ellos se empieza hacer la ecuación anteriormente mencionada en la cual se puede realizar gracias a las compuertas todo esto se puede ver en la figura 24.



5.2 Panel frontal

Figura 24 fuera de control

Todo lo obtenido en el diagrama a bloques se puede observar en el panel frontal ya que este es lo que mira la persona encargada de estar monitoreando y esto se puede observar de una manera más clara y al igual más llamativa. Solo se observan tantos las gráficas como los resultados de cada media y rango obtenidos.

En la figura 25 se puede observar dichos resultados de las medias y rangos de cada subgrupo en el panel frontal al igual que el array de donde se obtuvieron todos los datos en este también se puede observar el botón de paro.

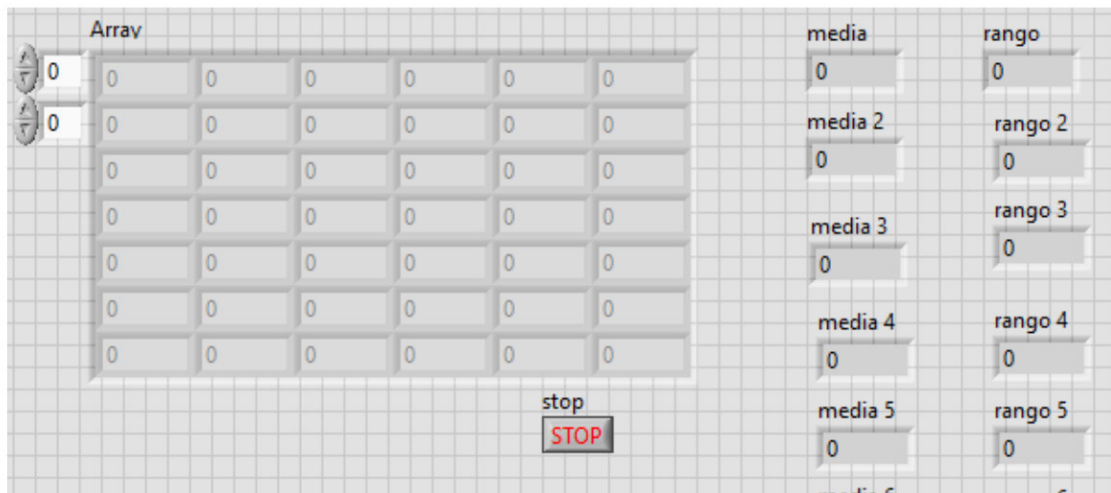


Figura 25 array indicadores numéricos

También se puede observar los indicadores numéricos de los datos para obtener la gráfica tanto de las medias como de los rangos, esto para que el operador vea cuales son los datos exactos como se muestra en la figura 26.

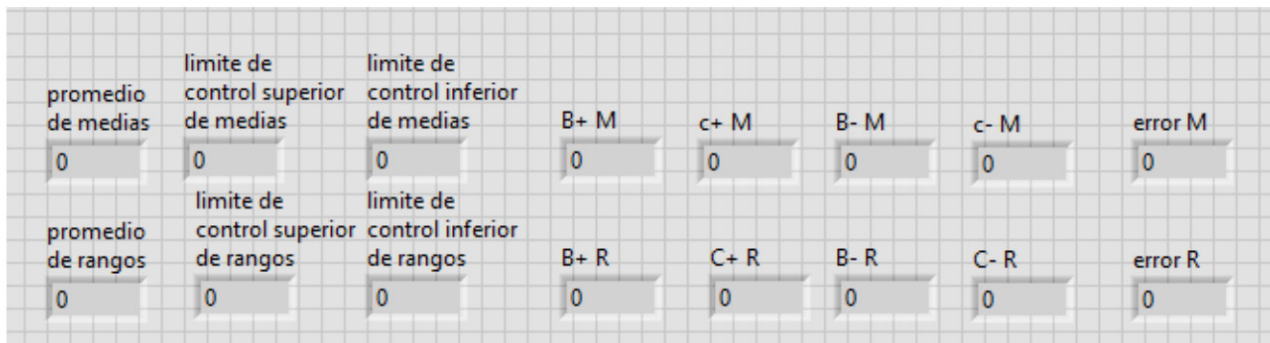


Figura 26 indicadores numéricos

Por último, se muestra en la figura 27 el lugar donde se ven las gráficas obtenidas, estas grafías son para que tenga una mejor visualización de lo que está sucediendo y se observa si algo está fuera de control.

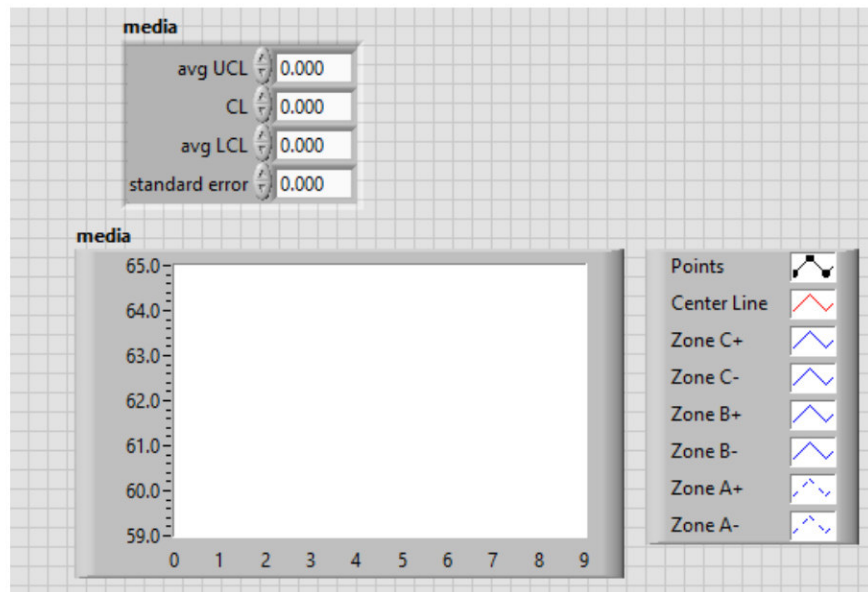


Figura 27 modulo para observar la grafica

Para que se le sea más fácil para él operador saber si todo esta bien o existe algún problema se coloco un cuadro de texto el cual diga si los datos están bien o se encuentran fuera de los limites y estos conlleven a una mala pieza y puedan actuar los mas pronto posible y la línea de producción no se pare tanto tiempo y así estén las piezas con la calidad que se requiere dicho cuadro se puede observar en la figura 28.

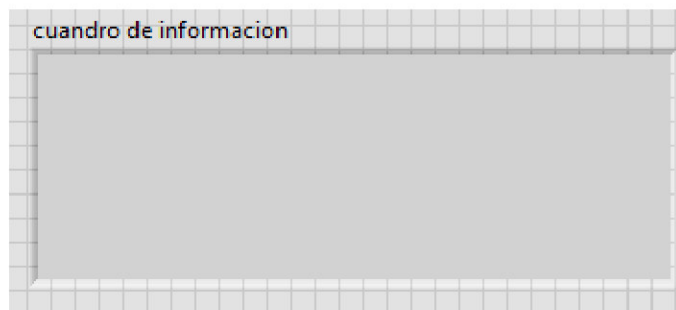


Figura 28 cuadro de información

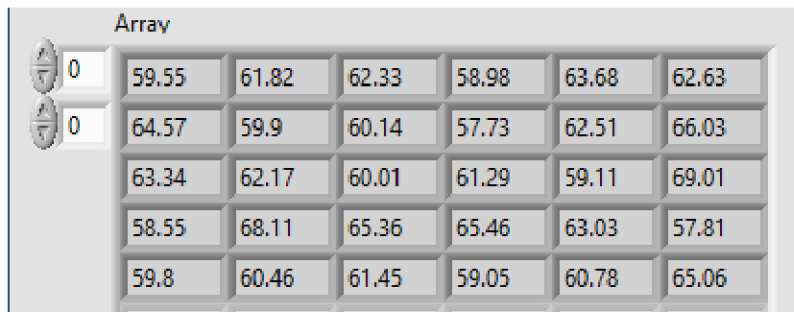
Capítulo 6

Resultados

Se realizó una investigación la cual fue favorable para saber que se ocupaba hacer para obtener los datos y así saber si el sistema está fuera de control o no, este sistema son la serie de datos obtenidas en una tabla o hoja de registro, la cual se lleva a cabo muy comúnmente en la industria.

Al programa realizado se le hicieron varias pruebas para saber si estos resultados son correctos al igual que se compararon con un software el cual se llama minitab el cual realiza demasiadas graficas de control, la diferencia con este programa podría ser el costo del programa, así como una capacitación del personal, ya que el que se realizó en este proyecto te lo haría de una forma inmediata y en un software ya utilizado en las empresas.

A continuación, en la figura 29 se observa cómo se obtienen los datos en el programa vistos desde el array, es como si se generara una gráfica.



The image shows a screenshot of a software interface titled "Array". It displays a grid of numerical data values. On the left side, there are two vertical scroll bars, each with a "0" next to it, indicating the current position of the data. The grid contains 6 columns and 6 rows of data points.

| 0 | 59.55 | 61.82 | 62.33 | 58.98 | 63.68 | 62.63 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 64.57 | 59.9 | 60.14 | 57.73 | 62.51 | 66.03 |
| | 63.34 | 62.17 | 60.01 | 61.29 | 59.11 | 69.01 |
| | 58.55 | 68.11 | 65.36 | 65.46 | 63.03 | 57.81 |
| | 59.8 | 60.46 | 61.45 | 59.05 | 60.78 | 65.06 |
| | | | | | | |

Figura 29 array obtenido

Con estos datos también se puede observar cada uno de los resultados de las medias y de los rangos de cada subgrupo estos datos se obtienen inmediatamente y cada uno está nombrado dependiendo del subgrupo o columna que se encuentre

| | |
|---------|---------|
| media | rango |
| 61.162 | 6.02 |
| media 2 | rango 2 |
| 62.492 | 8.21 |
| media 3 | rango 3 |
| 61.858 | 5.35 |
| media 4 | rango 4 |
| 60.502 | 7.73 |
| media 5 | rango 5 |
| 61.822 | 4.57 |

Figura 30 resultados de rangos y medias de subgrupos

Con estos datos, en esta prueba que se hizo se obtiene inmediatamente los límites de control superiores tanto como inferiores, así como los valores de las zonas y el error para saber la distancia de cada zona exactamente y de manera visual en la figura 31 se pueden mirar los datos obtenidos.

| | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| promedio de medias | limite de control superior de medias | limite de control inferior de medias | B+ M | c+ M | B- M | c- M | error M |
| 61.9684 | 64.1173 | 59.8195 | 63.401 | 62.6847 | 60.5358 | 61.2521 | 0.716305 |
| promedio de rangos | limite de control superior de rangos | limite de control inferior de rangos | B+ R | C+ R | B- R | C- R | error R |
| 6.977 | 12.3981 | 1.55587 | 10.5911 | 8.78404 | 3.36291 | 5.16996 | 1.80704 |

Figura 31 resultados de los límites y zonas

a continuación, se puede observar los resultados en las gráficas tanto de rangos como de medias demostrando que el sistema si se encuentra dentro de los límites dentro de los límites de control y se observan a gran detalle las zonas y cada uno de los puntos de las medias o rangos.

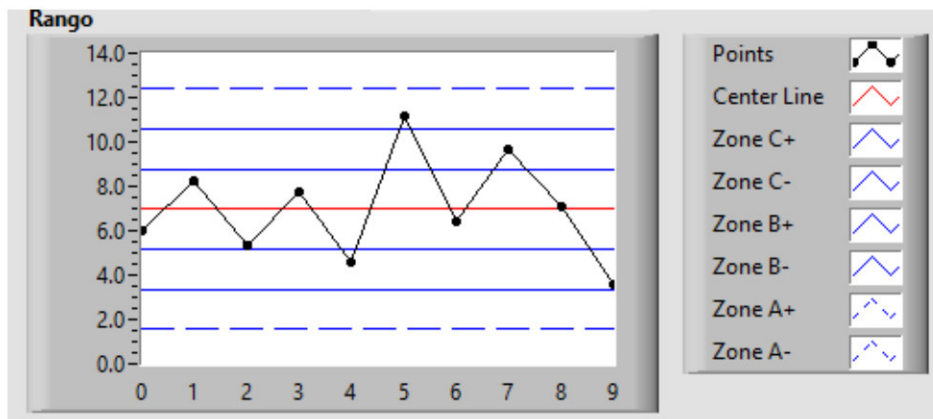


Figura 32 grafica de resultados de rangos

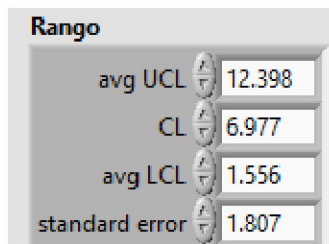


Figura 33 resultados de los límites de control de rangos

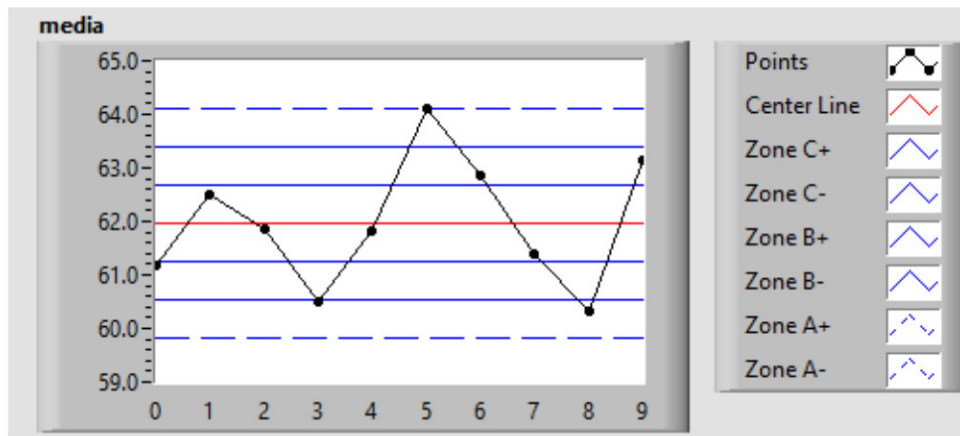


Figura 34 grafica de resultados de las medias

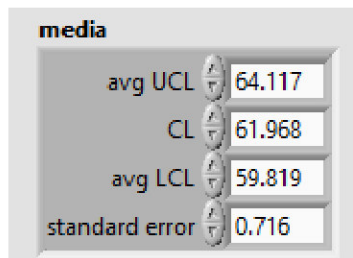


Figura 35 resultados de los límites de control de medias

para algunos operadores es mas sencillo leer los resultados que el interpretador los datos o leer las gráficas así que también se le puso un cuadro de texto el cual te dice si los datos están bien o tienen algún error y así simplemente con un texto se pueden dar cuenta y así hacer las cosas aún más rápido al ver que algo está fallando.

este cuadro se muestra en la figura 36 el cual muestra un ejemplo donde todo el sistema se encuentra dentro de los limites entonces le informa al operador que todo se encuentra bien.

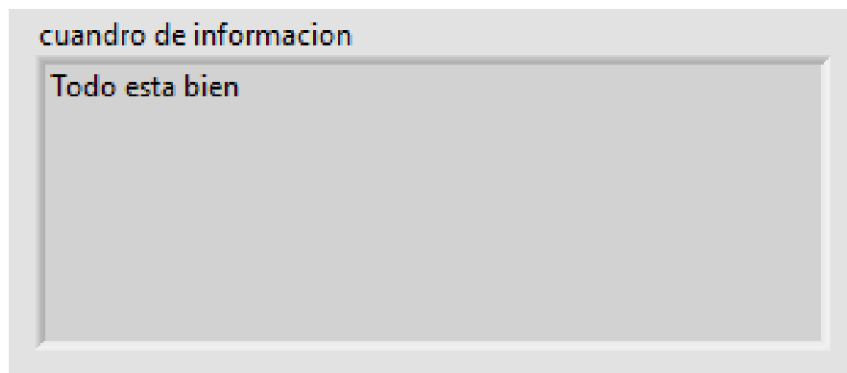


Figura 36 cuadro de información

Capítulo 7

Análisis de resultados

Los resultados que se obtuvieron fueron muy favorables ya que al compararlo con otros programas como lo fue con minitab si se encuentra una gran diferencia ya que el programa que se realizo es más agradable al usuario, así como más sencillo de usar y al comprarlo este te genera más datos y no solo una gráfica con los datos más simples como lo es en minitab.

En la siguiente figura se muestra la comparación de los resultados, en este caso se muestra de la gráfica de la media ya que en minitab solo te genera una tabla a la vez haciendo el resultado y en el programa realizado te realiza todo de manera automáticamente.

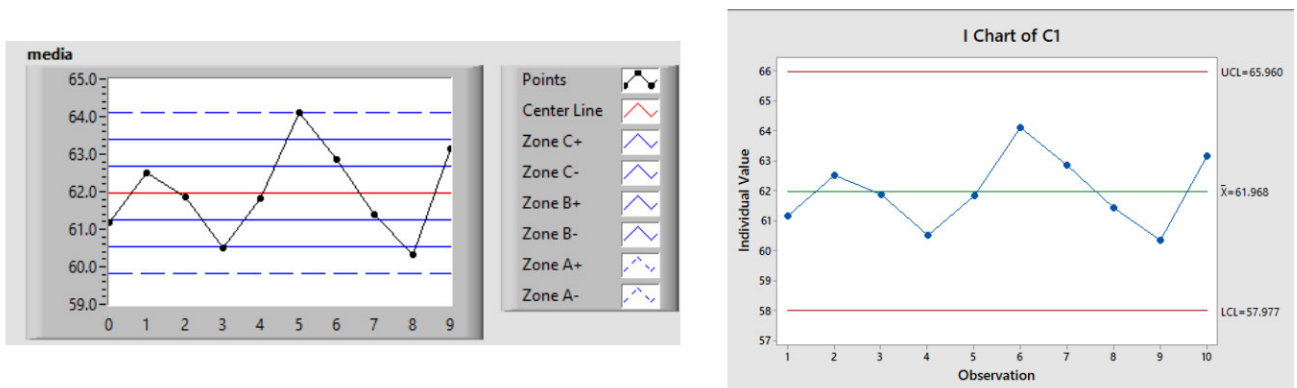


Figura 37 comparación de resultado

Como se puede observar los resultados son similares pero las zonas son más exactas en el programa realizado y también el introducir los datos es más sencillo y rápido.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo a futuro

Hoy en día la tecnología va aumentando demasiado y las empresas no se quedan atrás, están haciendo las industrias más automatizadas y por ellos los sistemas de control son más exigentes.

Con este programa el sistema de control tiene muchas ventajas ya que los resultados te los genera de manera inmediata y de manera precisa evitando que los operadores tengan más errores, haciendo el proceso al igual más rápido y eficiente.

También cabe recalcar que el programa se utilizó en un software muy utilizado en las industrias esto haciendo que no se gaste más dinero, ni capacitación intensa, al igual que no se gasta demasiados recursos hacia el pc.

Este programa puede generar demasiada buena opción para que una empresa mejore en las líneas de producción en su control estadístico y al tener esas ventajas es una gran opción para competir con otros programas.

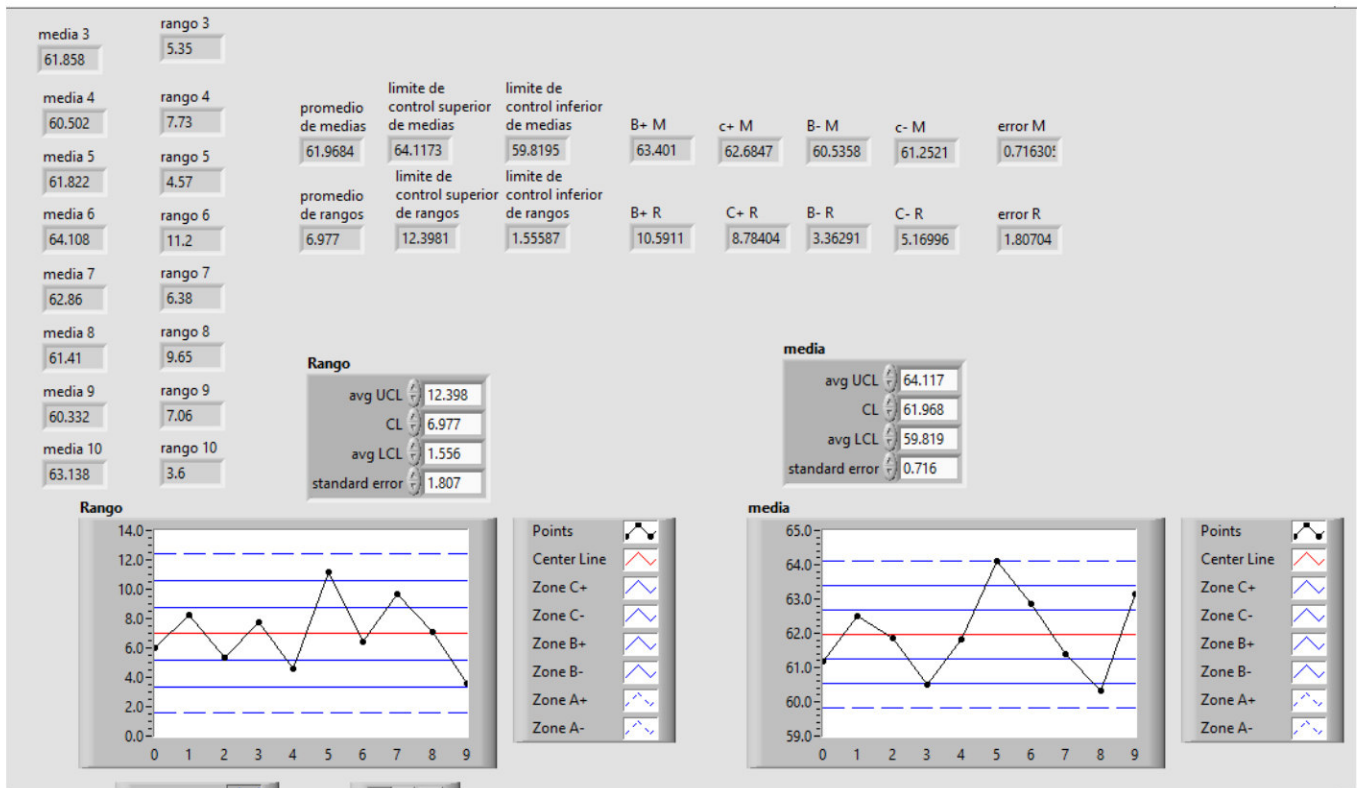
En un futuro la mejora que se pretende realizar es poner indicadores que te indican si está dentro o fuera de control y así ser aún más fácil para el usuario dar un buen diagnóstico al igual que más rápido.

Referencias bibliográficas

- [1] R. Carro Paz y D. Gonzales Gomez, «control estadístico de procesos,» universidad nacional del mar de plata.
- [2] E. Grand, «the incline of quality,» 201.
- [3] entradas autom, «Gestion de la producción industrial,» 2004. [En línea]. Available: <http://gestiondelaproduccionindustrial.blogspot.com/p/las-cartas-de-control.html>.
- [4] D. Rivera Garcia, CARTAS DE CONTROL PARA DATOS, Guanajuato, 2011.
- [5] universidad central del callao, «medidas de centralización,» 2010.
- [6] p. l. lopez, «POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO,» *Scielo*, 2004.
- [7] Tecnológica Instituto Técnico Central, «Procesos de Manufactura,» 2008. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/procesosdemanufacturaetitic/>.
- [8] A. Brunete, «Introducción a la Automatización Industrial,» 02 05 2019. [En línea]. Available: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/mapa-de-karnaugh.html.
- [9] Logicbus SA de CV, «Logicbus SA de CV,» 18 02 2020. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/compuertas-logicas.php>.
- [10] NATIONAL INSTRUMENTS, «NI Engineer Ambitiously,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/es-mx.html>.
- [11] MiniTab, «MiniTab,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.minitab.com/es-mx/>.
- [12] MathWorks, «MathWorks,» 2020. [En línea]. Available: https://es.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html.
- [13] Grupo Dapen, «Dapen,» 2018. [En línea]. Available: <https://dapencentroestudios.com/la-importancia-de-excel-en-el-mundo-laboral/#:~:text=Podemos%20decir%20que%20Excel%20es,una%20manera%20eficaz%20y%20r%C3%A1pida..>

Anexos

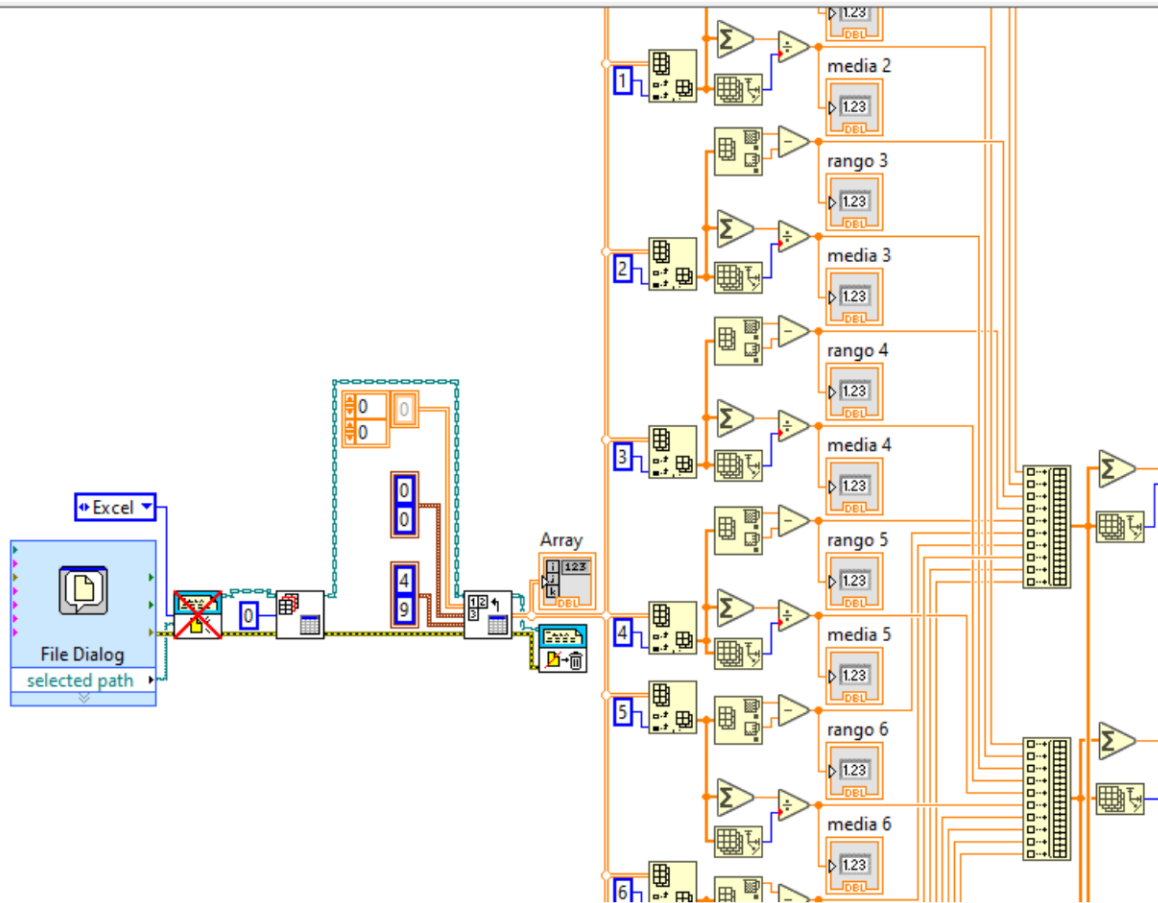
Anexo No 1

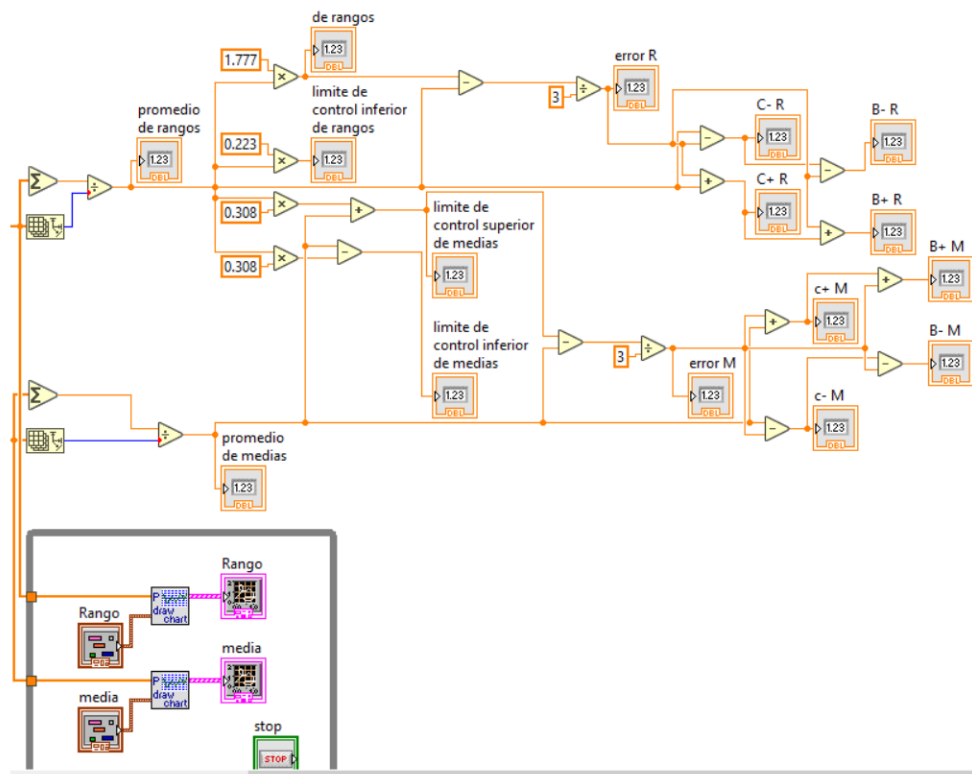


Panel frontal del programa

Anexo No. 2

Diagrama a bloques del programa





Anexo No. 2

Diagramas para saber si se encuentra dentro de los limites

