



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

**MONITOREO DE CALIDAD EN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE
DENSIDAD E ÍNDICE DE REFRACCIÓN REALIZADOS EN EL LIEXVE DEL
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA USAC**

Marco Vinicio Mérida Cano

Asesorado por la Inga. Ericka Johanna Cano Díaz

Guatemala, Febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONITOREO DE CALIDAD EN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE
DENSIDAD E ÍNDICE DE REFRACCIÓN REALIZADOS EN EL LIEXVE DEL
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MARCO VINICIO MÉRIDA CANO

ASESORADO POR LA INGA. ERICKA JOHANNA CANO DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceintuno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MONITOREO DE CALIDAD EN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DENSIDAD E ÍNDICE DE REFRACCIÓN REALIZADOS EN EL LIEXVE DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA USAC

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de abril de 2009.



Marco Vinicio Mérida Cano

Guatemala 10 de Junio de 2010.

Ingeniero
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Señor Director:

Por este medio le informo que como asesora del estudiante universitario MARCO VINICIO MÉRIDA CANO quien se identifica con el carné numero 2003-12908, HAGO CONSTAR que procedí a revisar el informe final, **"MONITOREO DE CALIDAD EN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DENSIDAD E ÍNDICE DE REFRACCIÓN REALIZADOS EN EL LIEXVE DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA USAC"**. Después de haberle hecho las correcciones pertinentes, doy por APROBADO el siguiente trabajo ya que considero que llena los requisitos para el debido seguimiento por parte de la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial; en vista de ello, se lo remito y pongo a su consideración.

Agradezco la atención a la presente y aprovecho para saludarlo respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



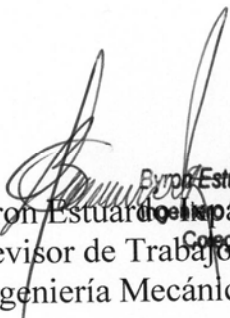
Inga. Ericka Johanna Cano Díaz
Colegiada No. 5813
Catedrática Titular, Facultad de Ingeniería
ASESOR

Ericka Johanna Cano Díaz
Ingeniera Industrial
Colegiado 5813



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONITOREO DE CALIDAD EN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DENSIDAD E ÍNDICE DE REFRACCIÓN REALIZADOS EN EL LIEXVE DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA USAC**, presentado por el estudiante universitario **Marco Vinicio Mérida Cano**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Byron Estuardo Ixpatá Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2010.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.014.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MONITOREO DE CALIDAD EN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DENSIDAD E ÍNDICE DE REFRACCIÓN REALIZADOS EN EL LIEXVE DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA USAC**, presentado por el estudiante universitario **Marco Vinicio Mérida Cano**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2011.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.030.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de *conocer* la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MONITOREO DE CALIDAD EN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DENSIDAD E INDICE DE REFRACCIÓN REALIZADOS EN EL LIEXVE DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Marco Vinicio Mérida Cano**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, febrero de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS TODOPODEROSO

Por guiarme en todo momento y brindarme sabiduría.

Mis padres:

Marco Tulio (Q.E.P.D) y Estela, porque gracias a su apoyo y amor he llegado a culminar mi carrera profesional y a mi padre: ¡misión cumplida!, siempre estarás en mi corazón.

Mis abuelos:

Porque sus consejos, amor y cuidado, nunca los olvidaré, Alejandra por los buenos consejos, atenciones y amor.

Mis hermanos:

Rolando, Marvin y Pablo, porque juntos hemos compartido este esfuerzo, gracias por su apoyo los quiero mucho.

Mis tíos, tías y familiares:

Por su sabia instrucción y apoyo.

Mis Primos:

Por su cariño.

Mis amigos:

José, Jacinto, Walescka, Delmy, Carol, Marcos, Gerson, Natalie, Diana por los buenos momentos vividos y ayudarme en las dificultades de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por regalarme la vida, orientación y permitirme celebrar este día con mis seres queridos.

Inga. Telma Cano

Por su apoyo en la orientación de mi trabajo de graduación, asesoría, por los consejos tan valiosos brindados para la elaboración de este trabajo.

MUCHAS GRACIAS.

Inga. Ericka Cano

Por la paciencia, colaboración y por brindarme todo su apoyo.

**Centro de Investigaciones de la
Facultad de Ingeniería**

Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.

La Facultad de Ingeniería

Por haber participado en toda mi formación académica.

¡Mil gracias!

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Antecedentes del Centro de Investigaciones de Ingeniería	1
1.2 Descripción de la institución	2
1.2.1 Misión	3
1.2.2 Visión	4
1.2.3 Políticas	4
1.2.4 Estructura organizacional	6
1.3 Objetivos y funciones	7
1.4 Sección de Química Industrial	8
1.4.1 Descripción	9
1.5 Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)	10
1.5.1 Descripción	10
1.6 Generalidades del proyecto	11
1.6.1 Importancia del control de calidad	11
1.6.1.1 Control de calidad	12
1.6.1.1.1 Aseguramiento de la calidad	15
1.6.2 Medidas de variabilidad estadísticas	17
1.6.2.1 Rango	18
1.6.2.2 Media	18

3.3.2	Pasos para desarrollar la hoja	48
3.3.3	Aplicación de la hoja de inspección para detectar los defectos más frecuentes que se presentan.	49
3.4	Herramientas estadísticas	50
3.4.1	Importancia y utilización de las técnicas	51
3.4.1.1	Histograma	52
3.4.1.1.1	Descripción	52
3.4.1.1.2	Pasos para su desarrollo	52
3.4.1.1.3	Interpretación	56
3.4.1.2	Diagrama causa-efecto	58
3.4.1.2.1	Descripción	58
3.4.1.2.1	Pasos para su elaboración y ejemplo	59
3.4.1.3	Diagrama de dispersión	62
3.4.1.3.1	Descripción	62
3.4.1.3.2	Pasos para su desarrollo	62
3.4.1.3.3	Interpretación	65
3.4.1.4	Gráficas de control	67
3.4.1.4.1	Descripción	68
3.4.1.4.2	Tipos de gráficos aplicables	70
3.4.1.4.3	Pasos para su elaboración	71
3.4.1.4.4	Interpretación de los gráficos	76
3.4.2	Plantillas de recolección de datos	79
3.4.3	Variables críticas	80
3.4.4	Análisis de resultados	82
4.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN RESULTADOS DE ENSAYOS	85
4.1	Diseño de la herramienta estadística	85
4.1.1	Descripción de la herramienta estadística	85

4.1.1.1	Partes de la herramienta estadística	86
4.1.2	Aplicación de la herramienta estadística	86
4.1.2.1	Procesamiento de datos	88
4.1.2.2	Manipulación estadística de los datos	93
4.1.3	Presentación de resultados	98
4.2	El papel de la herramienta estadística de control	102
4.3	Exposición del programa	103
4.3.1	Asignación de hojas de control	103
4.3.2	Demostración del modelo a utilizar	105
4.3.2.1	Forma de uso	105
4.3.2.2	Ingreso de datos	106
4.3.2.3	Lectura de gráficos	112
4.3.2.4	Impresión de informes	119
4.4	Análisis preliminar de resultados	125
4.5	Ventajas y beneficios	125
5.	MONITOREO Y SEGUIMIENTO	127
5.1	Análisis del proceso mediante auxilio de gráficos de control	127
5.1.1	Determinación de la muestra	127
5.1.2	Diseño de formatos para control por variables	128
5.1.3	Observaciones hechas en el ensayo	129
5.1.4	Interpretación de la variabilidad encontrada	130
5.1.5	Recomendaciones para disminuir la variabilidad	130
	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	135
	BIBLIOGRAFÍA	137
	ANEXO	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama Centro De Investigaciones, Facultad De Ingeniería, Universidad San Carlos De Guatemala.	6
2. Picnómetro	23
3. Limpieza de picnómetro	23
4. Peso picnómetro sin solución.	24
5. Llenado de picnómetro	24
6. Peso picnómetro con solución.	25
7. Hoja de elaboración de ensayo	27
8. Resultados del ensayo de laboratorio	28
9. Conexión de mangueras del refractómetro	30
10. Perilla de calibración	30
11. Escala de medición	30
12. Limpieza del cristal del refractómetro	31
13. Colocación de la muestra.	31
14. Cierre del prisma.	31
15. Luz del refractómetro.	32
16. Observación de lectura	32
17. Calibración de la sombra.	33
18. Lectura de la medición del resultado	33
19. Termómetro	34
20. Resultados	34
21. Limpieza final del refractómetro.	34
22. Hoja de elaboración de ensayo.	35
23. Resultado del ensayo de laboratorio.	36
24. Histograma de la variación del Índice de Refracción	49

25. Histograma de la variación del Índice de Refracción	56
26. Diagrama Causa-Efecto	59
27. Diagrama causa-efecto, Ensayo de Densidad	61
28. Diagrama de dispersión	65
29. Ejemplo de una carta de control	69
30. Carta de control de medias	75
31. Carta de control de rangos	76
32. Descripción de la pantalla principal	87
33. Cuadro ingreso de datos de histograma	89
34. Cuadro ingreso de datos diagrama de dispersión	91
35. Cuadro ingreso de datos gráficos de Control	92
36. Informe de resultados de histograma	99
37. Informe de resultados de diagrama de dispersión	100
38. Informe de resultados de diagrama de gráficos de control	101
39. Hoja de control	104
40. Pantalla principal	105
41. Cuadro de ingreso histograma, Ensayo de Densidad	107
42. Cuadro de ingreso diagrama de dispersión, Ensayo de Densidad	108
43. Cuadro de ingreso gráficos de control, Ensayo de Densidad	109
44. Cuadro de ingreso de histograma, ensayo de Índice de Refracción	110
45. Cuadro de ingreso diagrama de dispersión, Ensayo de Índice de Refracción	111
46. Cuadro de ingreso gráficos de control, Ensayo de Índice de Refracción	112
47. Histograma, Ensayo de Densidad	113
48. Diagrama de dispersión, Ensayo de Densidad	114
49. Gráficos de control, Ensayo de Densidad	115
50. Histograma, Ensayo de Índice de Refracción	116
51. Diagrama de dispersión, Ensayo de Índice de Refracción	117

52. Gráficos de control, Ensayo de Índice de Refracción	118
53. Informe de resultados histograma, Ensayo de Densidad	119
54. Informe de resultados diagrama de dispersión, Ensayo de Densidad	120
55. Informe de resultados gráficos de control, Ensayo de Densidad	121
56. Informe de resultados histograma, Ensayo de Índice de Refracción	122
57. Informe de resultados diagrama de dispersión, ensayo de índice de refracción.	123
58. Informe de resultados gráficos de control, ensayo de índice de refracción.	124

TABLAS

I	Datos obtenidos de ensayo 1	53
II	Datos obtenidos de ensayo 2	53
III	Frecuencias	55
IV	Índices de refracción y tiempos entre corridas	63
V	Valores máximos y mínimos, tanto del factor como de la característica analizada	64
VI	Valores de Índices de refracción y valores de las medias, rangos, media de medias y rango promedio	74
VII	Plantilla de recolección de datos	80
VIII	Lenguaje de programación para elaboración de Histograma	94
IX	Lenguaje de programación para elaboración diagrama de dispersión	96
X	Lenguaje de programación para elaboración de gráficos de control	97
XI	Datos de las densidades promedio de las soluciones binarias de glicerol-biodiesel a las dos temperaturas analizadas	106
XII	Índices de refracción obtenidos para las distintas relaciones biodiesel/agua	110

GLOSARIO

AGLOMERANTES

Material capaz de unir fragmentos de uno o varios materiales y dar cohesión al conjunto, mediante transformaciones químicas en su masa que originan nuevos compuestos.

CII

Siglas con que se conoce al Centro de Investigaciones de Ingeniería.

CONTROL DE LA CALIDAD

Es un sistema efectivo de los esfuerzos de varios grupos en una empresa para la integración del desarrollo del mantenimiento y de la superación de la calidad, con el fin de satisfacer al consumidor.

ESTÁNDARES

Se refiere a todas las técnicas usadas para la estandarización de alguna muestra.

HISTOGRAMA

Representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores.

ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El índice de refracción de un medio homogéneo, es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz, al propagarse por un medio.

LIEXVE

Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales del centro de investigaciones de ingeniería.

NORMA

Es un criterio que sirve para evaluar características cualitativas y cuantitativas y deben establecerse en relación con cada característica que desee medirse.

PRISMA

Es un objeto capaz de refractar, reflejar y descomponer la luz en los colores del arco iris.

RANGO ESTADÍSTICO

Se denomina rango estadístico (R) o recorrido estadístico al intervalo de menor tamaño, que contiene a los datos.

REFRACTÓMETRO

Instrumento empleado para determinar el índice de refracción.

VARIABILIDAD

Diferencia entre los individuos de una población estadística.

RESUMEN

El Centro de Investigaciones de Ingeniería es el encargado de fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica, como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.

Para medir los resultados, se mide la ejecución de las operaciones, mediante la aplicación de unidades de medida, que deben ser definidas de acuerdo con los estándares; cuyo estándar es una unidad de medida que sirve como patrón en base al cual se efectúa el control. El establecer dichas unidades es uno de los problemas más difíciles, sobre todo en áreas con aspectos eminentemente cualitativos.

El presente trabajo de graduación, inicia revelando datos históricos y teóricos de herramientas que se utilizarán dentro del contenido del mismo, tal es el caso de la historia del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, sus valores, como se desenvuelve; tanto internamente, como exteriormente. También se mencionan estrategias que son utilizadas para el mejoramiento de la calidad de sus ensayos.

Se describe la situación actual del Centro, sus sistemas de trabajo y responsabilidades con el personal, sus funciones y objetivos dentro de los límites de la Universidad de San Carlos, para comprender de mejor manera la necesidad de la herramienta propuesta.

Después de analizar la situación en la que se encuentra la entidad, se proponen técnicas para mejora en el proceso de los ensayos y en el manejo de los resultados, dictando soluciones que en los capítulos posteriores se llevan a cabo con más detalle.

Al realizar la propuesta y mostrar el diseño de la herramienta, se procede a describir cómo mejorar la presentación y análisis del control de los resultados de los ensayos de Índice de Refracción y Densidad, desde las muestras, el equipo, personal; también se describen las técnicas correctas para el uso de la herramienta y mejorar la calidad en el servicio que presta. Se establecen procedimientos a seguir para la implementación de la herramienta.

Finalmente, se proponen normativos para darle seguimiento al proceso propuesto. Técnicas de monitoreo a las diversas áreas del laboratorio, dando a entender todas las características que se necesitan para que se reduzca y con el tiempo se logre disminuir la variabilidad en los resultados.

OBJETIVOS

GENERAL:

Implementar un monitoreo de control, que permita asegurar la calidad en los resultados de los ensayos de densidad e índice de refracción de aceites esenciales, realizados en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

ESPECÍFICOS:

1. Definir los conceptos de las diferentes herramientas estadísticas, para su correcta aplicación.
2. Realizar un diagnóstico de la documentación y registro de sus procesos de recepción de resultados de ensayos.
3. Realizar el diseño de la herramienta estadística de control, para el monitoreo de la calidad.
4. Determinar las principales obligaciones de un proceso de control de calidad, para los ensayos descritos.
5. Crear hojas de registro y control de resultados, para la implementación de la herramienta estadística.

6. Proponer soluciones comunes para diferentes fallas, que puedan presentarse durante el ensayo.
7. Desarrollar un modelo práctico para ejemplificar logros, que se obtienen con la aplicación del control estadístico.

INTRODUCCIÓN

La formulación de este proyecto, constituye el monitoreo de calidad para el uso del Centro de Investigaciones de Ingeniería, la cual pretende fomentar el control de los ensayos, ya que se tienen deficiencias en el proceso y en los resultados. Se cuenta con una base de conocimientos teóricos bastante completos, que permite diseñar esta herramienta y de esa manera tener un criterio más concluyente para analizar las fallas que se tienen en el análisis de las muestras.

Considerando la importancia que tiene el Centro de Investigaciones de Ingeniería, al realizar y ofrecer los diferentes servicios a las entidades participantes y para su propio mejoramiento; se estableció que esta herramienta estadística sirva de guía en el control estadístico de los resultados, aplicado a los ensayos de densidad e índice de refracción de aceites esenciales, realizados en el laboratorio de investigación de extractos vegetales (LIXVE) de la sección de química industrial, como modelo y seguidamente que la dirección del centro pueda aplicarla a todos los ensayos que lo requieran.

Esto con el fin de lograr la calidad de los resultados en los laboratorios y brindar un mejor servicio.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes del Centro de Investigaciones de Ingeniería

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, fue creado por Acuerdo del Consejo Superior Universitario de fecha 27 de julio de 1,963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La base para constituir el Centro fue la unificación de los laboratorios de Materiales de Construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas en el año 1,959, y la subsiguiente adición a los mismos del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria en 1,962 en unión de otros laboratorios docentes de la Facultad de Ingeniería. En 1,965, se agregó al CII el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Municipalidad de Guatemala.

En 1,977 se establecieron las unidades de Investigación en Fuentes no Convencionales de Energía y Tecnología de Construcción de la Vivienda. En 1,978 fue creado el Centro de Información para la Construcción (CICON), el cual se encuentra adscrito al CII. En 1,980, aunaron esfuerzos, la Facultad de Arquitectura y la Unidad de Tecnología de la Construcción de Vivienda para organizar el Programa de Tecnología para los Asentamientos Humanos, del cual se generaron múltiples relaciones nacionales e internacionales. En 1,997 se adhirió al CII la Planta Piloto de Extracción-Destilación, cuyo funcionamiento como apoyo tanto para la investigación, como para la prestación de servicios se inició en la década de los 90's. En esta misma década, se dió impulso al

Laboratorio de Metrología Eléctrica, cuya formación data de muchos años y se consideró la ampliación como Laboratorio de Metrología Industrial. En 1,999 se incrementó notablemente la participación del CII en los Programas de Investigación que se encuentran vigentes en el país, así como la vinculación internacional.

En el 2007 se inicia la ampliación en estructura del CII, con la construcción del 3er nivel del edificio T-5 y de un edificio en el área de prefabricados; además de la remodelación y modernización de los laboratorios de química en el edificio T-5. Actualmente, está en proceso la construcción del nuevo edificio.

1.2. Descripción de la institución

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, básicamente, da seguimiento a lo establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala, en cuanto a apoyar el cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia como funciones primordiales para la obtención de resultados positivos para el desarrollo del país, según está indicado en el Punto Segundo del Acta 48-91, de la sesión celebrada por el Consejo Superior Universitario con fecha 25 de octubre de 1991.

Existe vinculación con organismos regionales, instituciones de investigación y normalización y con organizaciones técnico-científicas a nivel mundial.

Con propósitos del cumplimiento del Programa de Investigación, se ha establecido una relación directa con el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CONCIUSAC), cuyo ejecutor es la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT). Miembros del equipo de trabajo del Centro de Investigaciones de Ingeniería participan en las actividades de estas dos instituciones.

Los programas de Docencia se ejecutan mediante Prácticas de Laboratorio, con apoyo para diferentes Escuelas de la Facultad de Ingeniería y otras facultades, y la promoción en la realización de trabajos de tesis, tanto para estudiantes de los niveles de pre-grado como para estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

1.2.1. Misión

Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientados a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar estructuras y productos terminados de diferente índole; impartir cursos y laboratorios afines a las Escuelas de la Facultad de Ingeniería, desarrollar programas de formación profesional, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias con la ingeniería.

1.2.2. Visión

Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; impartir docencia de los recursos y laboratorios afines a las Escuelas de la Facultad de Ingeniería; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de Ingeniería de alta calidad científico tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la república de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener el liderazgo en todas las áreas de Ingeniería a nivel nacional e internacional y centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultaría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas.

1.2.3. Políticas

Son políticas fundamentales del Centro de Investigaciones de Ingeniería:

- Prestar servicios preferentemente a las entidades participantes del Centro y ofrecer los mismos a entidades y personas que, mediante convenios específicos, deseen participar en sus actividades en forma cooperativa o bien utilizar los elementos del mismo en relación con sus problemas técnicos específicos.

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos, mediante programas de docencia práctica y el adiestramiento y la promoción en la realización de trabajos de tesis, en sus laboratorios y áreas técnicas.
- Propiciar el acercamiento y colaboración con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala.

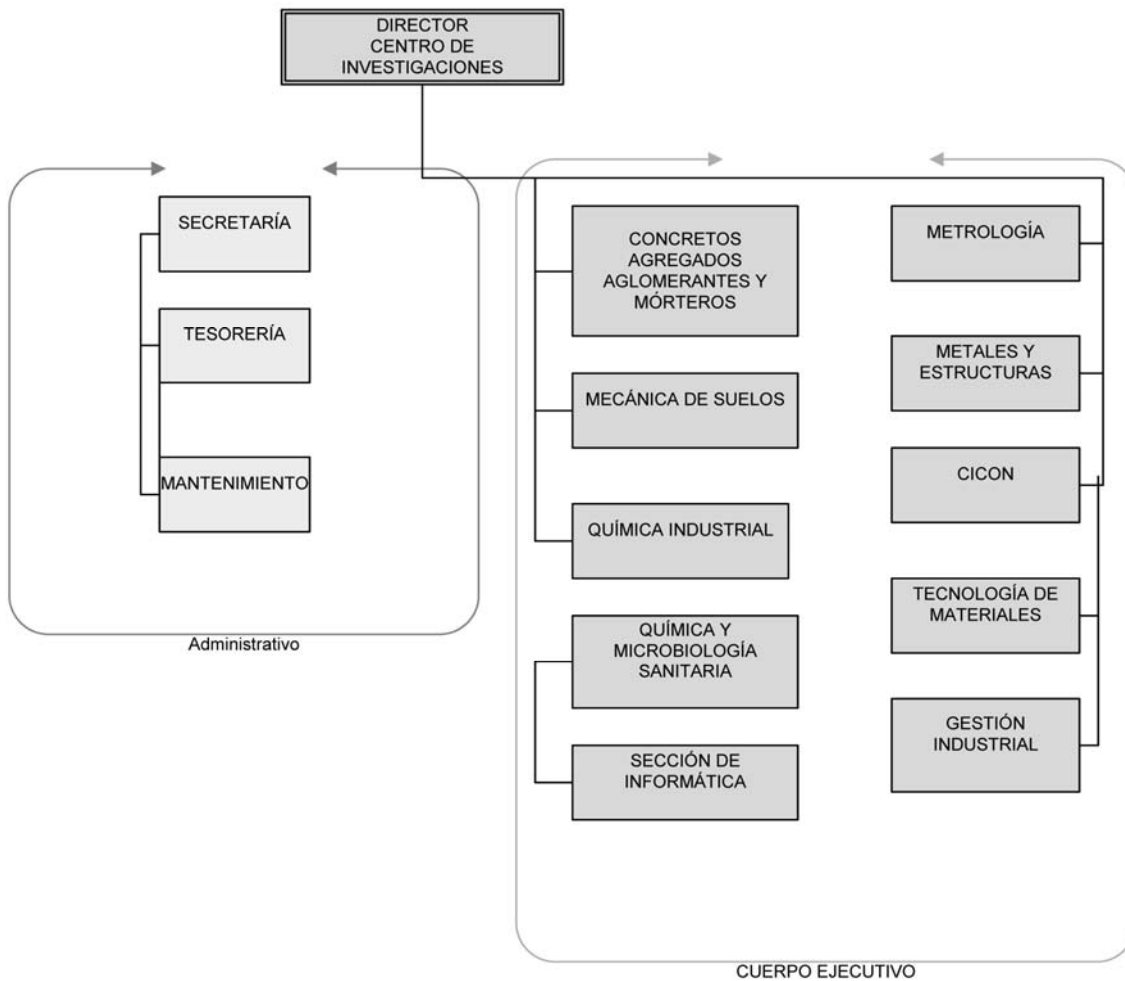
Para el cumplimiento de esas políticas, el Centro de Investigaciones, como parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha establecido relaciones muy fuertes con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda y con la Municipalidad de Guatemala. Estas dos entidades son a las que reciben preferentemente, los servicios.

Se tiene una relación de prestación de servicios también con otras instituciones estatales y municipales del país, comités de comunidades de escasos recursos, organizaciones no gubernamentales (ONG's), sector privado de la construcción y otras industrias, así como para el público en general, que solicite los servicios del Centro.

1.2.4. Estructura organizacional

Es de suma importancia contar con una estructura organizacional adecuada a las necesidades del centro, mejorando el desempeño tanto profesional como personal de cada miembro, para conseguir el objetivo de satisfacer al cliente.

Fig. 1 Organigrama: Centro De Investigaciones, Facultad De Ingeniería, Universidad San Carlos De Guatemala.



Fuente: Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería, USAC.

1.3. Objetivos y funciones

Objetivos

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica, como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Prestar sus servicios preferentemente a las entidades participantes del CII y ofrecer los mismos a entidades y personas que mediante convenios específicos deseen participar en las actividades del Centro en forma cooperativa o bien utilizar sus recursos en la resolución de sus problemas técnicos específicos.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos mediante programas de docencia práctica, adiestramiento, además de la promoción de realización de trabajos de tesis en sus laboratorios y unidades técnicas.

Funciones

- Fomentar y contribuir a la realización de estudios e investigaciones en diferentes áreas de ingeniería; en especial aquéllos que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país, orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.

- Realizar programas docentes en áreas de su competencia para colaborar en la formación de profesionales y técnicos y promover la realización de trabajos de tesis en sus laboratorios.
- Colaborar en el adiestramiento de técnicos de laboratorio y en la formación de operarios calificados, especialmente en los campos de la construcción y la ingeniería sanitaria.
- Colaborar con los servicios de extensión universitaria.
- Realizar análisis y ensayos de comprobación de calidad de materiales y productos de diversa índole, en áreas de su competencia.
- Realizar inspecciones, evaluaciones, expertaje para prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en materia de su competencia.
- Actualizar, procesar y divulgar la información técnica y documental en las materias afines, en especial en el campo de la tecnología de los Asentamientos Humanos.

1.4. Sección de Química Industrial

La sección de Química Industrial, cumple con la formación profesional de Ingenieros Químicos, Industriales y Mecánicos Industriales, mediante programas de docencia práctica y la realización de trabajos de tesis; así como, prestación de servicios a entidades públicas y privadas, que buscan solución a sus problemas técnicos específicos, en las áreas de construcción, química industrial y extractos vegetales.

1.4.1. Descripción

La Sección de QUÍMICA INDUSTRIAL está constituida en dos divisiones para la efectiva realización de sus actividades de servicio técnico profesional, para los sectores que solicitan servicios de índole analítica y de procesado de materiales en el ámbito de la investigación y el desarrollo.

En su división de laboratorio de análisis fisicoquímicos, se realizan ensayos de materiales diversos para la caracterización de diversos materiales de ingeniería y el área industrial.

La Sección de Química Industrial desarrolla actividades de investigación a través de la realización de proyectos cofinanciados por la DIGI Dirección General de Investigación - USAC y CONCYT –Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología - Gobierno de Guatemala.

La Sección de QUÍMICA INDUSTRIAL realiza actividades de docencia mediante el apoyo a la realización de trabajos de graduación: tesis.

Del mismo modo, desarrolla actividades de capacitación a través de la realización de cursos, seminarios y talleres en temáticas relacionada con el diseño de los proyectos y servicios que se prestan.

También realiza constantemente actividades de extensión de carácter social, como proyectos de calibración de esfigmomanómetros en los hospitales nacionales como el Hospital San Juan de Dios, cofinanciado por el Programa CHINA/CTCAP.

Como resultado, se calibraron 75 medidores de presión arterial para el apoyo del servicio de salud, sirviendo en conjunto al proyecto de tesis en la carrera de Ingeniería Química en el campo de la metrología legal.

1.5. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)

El laboratorio LIEXVE tiene la finalidad de realizar investigación sobre la obtención y caracterización de extractos provenientes de especies vegetales y forestales, para su aplicación en la industria fitofarmacéutica, cosméticas y alimenticias.

El LIEXVE es un laboratorio de alta calidad científica y tecnológica, que ofrecerá servicios arancelados con control de calidad, para proporcionar alternativas de industrialización, que sustituya a los tradicionales procesos de productos agrícolas, mediante una metodología apropiada de extracción, fomentando la utilización de estos métodos y darle mayor valor agregado a los productos de las comunidades rurales del país.

1.5.1. Descripción

La Sección de Química Industrial del CII está constituida por el Laboratorio de Análisis Fisicoquímico y por el laboratorio de investigación LIEXVE, en el cual se encuentran instaladas dos plantas pilotos: la primera es una planta de destilación, que fue donada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (PNUD), en el año de 1989 y la segunda es una planta de producción biodiesel, donada por el programa de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED). Ambas plantas fueron donadas dentro del marco de proyectos presentados a dichas instituciones, para su financiamiento.

1.6. Generalidades del Proyecto

La naturaleza del proyecto implica que éste asuma una gran responsabilidad, no solamente con la entidad colaboradora; sino, también, con un amplio número de usuarios que dependen del resultado de sus ensayos. Así mismo, el control de calidad es un sistema que deben adoptar para que sus ensayos reúnan los requisitos establecidos por las normas de calidad, generalmente aceptadas, que rigen su actuación profesional solicitada por los clientes, mediante la planeación, el desarrollo y la supervisión del trabajo para la correcta preparación de informes.

1.6.1. Importancia del control de calidad

El control de calidad es de vital importancia, debido a que establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen los objetivos de los planes exitosamente. Se aplica a todo lo que nos rodea y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones, para que no se vuelvan a presentar en el futuro.

Ubica a los responsables de la administración, desde el momento en que se establecen medidas correctivas, proporcionando información acerca de la situación de la ejecución de los planes, sirviendo como fundamento en el momento de reiniciarse el proceso de planeación.

Reduce costos y ahorra tiempo, porque evita errores y su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y, consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa.

A todos los grupos de trabajo se les designa el grado de control correspondiente; de esa forma, al delegar autoridad es necesario establecer los mecanismos suficientes para verificar que se está cumpliendo con la responsabilidad conferida y que la autoridad delegada está siendo debidamente ejercida.

1.6.1.1. Control de calidad

El control de la calidad, se refiere a todas las técnicas usadas para la estandarización de alguna muestra¹. La función del control de calidad existe para conocer las especificaciones establecidas por la mecánica del producto y proporcionar asistencia para el departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones. La función consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos, que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada.

La calidad de un producto se puede ver desde dos puntos de vista: el primero, es la perspectiva del producto que se refiere a la satisfacción de las necesidades del cliente y el segundo, es la funcionalidad del producto que se trata de cumplir con las especificaciones requeridas.

La mayoría de las organizaciones manejan el punto de vista funcional, debido a que es más objetivo y fácil de determinar; permitiendo establecer un sistema de calidad, que no es otra cosa que una estructura organizativa de responsabilidades en los procesos. Para esto se requiere una auditoría y un estándar contra el cual auditar, como son las normas ISO 9000 o 14000 entre

¹ Evans James R, 2005

otras, que abordan temas tales como requisitos organizacionales, ambientales y de seguridad.

El propósito del control total de la calidad es suministrar un producto o servicio en el cual su calidad haya sido diseñada, producida y sostenida a un costo económico y que satisfaga al consumidor.

El control total de la calidad es un sistema que se considera efectivo si se suman los esfuerzos de varios grupos en una empresa, para la integración del desarrollo del mantenimiento y de la superación de la calidad.

Los resultados se miden mediante la ejecución de las operaciones, la aplicación de unidades de medida, que se definen de acuerdo con los estándares que sirven como patrón para realizar el control. El establecer dichas unidades es uno de los problemas más difíciles, sobre todo, en áreas con aspectos eminentemente cualitativos.

Para llevar acabo su función, esta etapa se vale primordialmente de los sistemas de información; por tanto, la efectividad del proceso de control dependerá directamente de la información recibida, misma que debe ser oportuna, confiable, válida, con unidades de medida apropiada y fluida.

La utilidad concreta y tangible del control está en la acción correctiva, para integrar las desviaciones en relación con los estándares. El tomar acción correctiva es función de carácter netamente ejecutivo; no obstante, antes de iniciarla, es de vital importancia reconocer si la desviación es un síntoma o una causa.

El establecimiento de medidas correctivas da lugar a la retroalimentación; es aquí en donde se encuentra la relación más estrecha entre la planeación y el control.

Para implantar un sistema de control, éste deberá ajustarse a las necesidades de la empresa y tipo de actividad que desee controlar. Así, una pequeña empresa necesita de un sistema de control distinto al de una empresa grande; los controles que se establezcan en el Departamento de Ventas, serán diferentes a los controles del Departamento de Producción.

Todo control debe establecer medidas sencillas y fáciles de interpretar para facilitar su aplicación. Es fundamental que los datos o informes de los controles sean accesibles para las personas a quienes van a ser dirigidos. Las técnicas muy complicadas, en lugar de ser útiles, crean confusiones.

Resulta imposible fijar controles para todas las actividades, por lo que es necesario establecerlos en áreas, de acuerdo con criterios de valor estratégico.

Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de control: cantidad, tiempo, costo y calidad. Los tres primeros son de carácter cuantitativo y el último, como su nombre lo indica, es eminentemente cualitativo.

El factor cantidad se aplica en actividades en las que el volumen es importante, a través del factor tiempo se controlan las fechas programadas; el costo es utilizado como un indicador de la eficiencia administrativa, ya que por medio de él se determinan las erogaciones de ciertas actividades. Por último, la calidad se refiere a las especificaciones que debe reunir un determinado producto o ciertas funciones de la empresa.

Es importante indicar que existen funciones, en las que no es necesario aplicar los cuatro factores, ya que esto depende del área controlada, el control de inventarios utilizará los dos factores siguientes: cantidad, en cuanto a las existencias de los artículos o de la materia prima que debe tener almacenada y el tiempo, en cuanto a la fecha necesaria para reponer el material.

1.6.1.1.1. Aseguramiento de la calidad

La meta de la organización, respecto a la calidad de sus procesos, se puede exponer claramente: suministrar un servicio en el cual su calidad haya sido diseñada, producida y sostenida a un costo económico y que satisfaga por completo al consumidor.

El aseguramiento total de la calidad es un sistema efectivo de los esfuerzos de varios grupos, para la integración del desarrollo, del mantenimiento y de la superación de la calidad, con el fin de hacer posibles mercadotecnia, ingeniería, fabricación y satisfacción total del consumidor al costo más económico.²

La amplitud esencial para el logro de los resultados, hace del control total de la calidad un nuevo e importante aspecto de la administración. Como un foco de liderazgo administrativo y técnico, el control total de la calidad ha producido mejoras importantes en la calidad y confiabilidad; además, ha logrado reducciones importantes y progresivas en los costos de calidad. Por medio del aseguramiento de la calidad, las gerencias han sido capaces de aprovechar la fuerza y confianza de la calidad de los productos y servicios, lo que les permite adelantarse en el volumen de mercado y ampliar la mezcla de productos con un

² Asociación Española de Normalización y Certificación, 2000.

alto grado de aceptabilidad del cliente y de estabilidad en utilidades y crecimiento.

El aseguramiento total de la calidad constituye la base fundamental de la motivación positiva por la calidad, en todos los empleados y representantes de la organización, desde altos ejecutivos hasta trabajadores de ensamble, personal de oficina, agentes y personal de servicio. Una capacidad poderosa de aseguramiento total de la calidad es una de las fuerzas principales para lograr una productividad total mejorada.

Las relaciones humanas armónicas eficientes, son básicas en el aseguramiento de la calidad. Un resultado importante de esta actividad es su efecto positivo en el operario al crearle responsabilidad e interés en producir con calidad. El último análisis es cómo un par de manos humanas que efectúan operaciones importantes, que se reflejan en la calidad del producto.

Es de la mayor importancia para lograr éxito en el trabajo de aseguramiento de calidad, que estas manos se encuentren guiadas en forma experta, consciente y enfocada hacia la calidad.

Los términos “control de calidad” y “aseguramiento de calidad”, han llegado a tener diferentes significados en diversas empresas. Cada término significa diferentes aspectos de la actividad de la satisfacción del cliente con la calidad. Los programas de aseguramiento total de la calidad incluyen e integran las acciones implicadas en el trabajo cubierto por ambos términos.

1.6.2. Medidas de variabilidad estadísticas

La puntuación media en una distribución es importante en muchos contextos de investigación. Pero, también, lo es otro conjunto de estadísticos que cuantifican que tan variables o que tan dispersas tienden a ser las puntuaciones. Las puntuaciones varían mucho o tienden a tener valores muy similares. A veces, la variabilidad en las puntuaciones es la cuestión central en una investigación. La variabilidad es un concepto cuantitativo, de modo que nada de esto se aplica a las distribuciones de datos cualitativos.

Hay varias razones para analizar la variabilidad en una serie de datos; primero, al aplicar una medida de variabilidad se puede evaluar la medida de tendencia central utilizada. Una medida de variabilidad pequeña indica que los datos están agrupados muy cerca de la media. Por lo tanto, la media es considerada bastante representativa de la serie de datos. Inversamente, una gran medida de variabilidad indica que la media no es muy representativa de los datos.

Una segunda razón para estudiar la variabilidad de una serie de datos, es para comparar como están esparcidos los datos en dos o más distribuciones. Hay muchas medidas de variabilidad intuitivamente atractivas, pero poco utilizadas, como el rango, la desviación media y la desviación cuartil.

Las medidas de variabilidad ampliamente utilizadas son las que tienen que ver con como extender los resultados a partir de la media. Estas son la desviación estándar (s), y la varianza (s^2 o "var").

1.6.2.1. Rango

El rango en estadística descriptiva es una medida de dispersión, es decir, es una medida que refleja la separación o alejamiento de los elementos de una muestra. El rango también es conocido como amplitud o recorrido y es la diferencia entre el dato mayor y el dato menor: $R = D - d$.³

Es importante obtener esta medida pues acompaña a otras medidas llamadas de tendencia central, como la media, para evitar los efectos que los datos extremos tienen sobre ellas.

Es la medida de dispersión más sencilla de calcular, aunque es algo burda porque sólo toma en consideración un par de observaciones. Basta con que uno de estos dos datos varíe, para que el parámetro también lo haga, aunque el resto de la distribución siga siendo, esencialmente, la misma.

1.6.2.2. Media

La media de un conjunto finito de números es igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos. Cuando el conjunto es una muestra aleatoria recibe el nombre de media muestral, siendo uno de los principales estadísticos muestrales.

Expresada de forma más intuitiva, se puede decir que la media es la cantidad total de la variable distribuida en partes iguales entre cada observación. Por ejemplo, si en una habitación hay tres personas, la media de dinero que tienen en sus bolsillos sería el resultado de tomar todo el dinero de los tres y dividirlo en partes iguales entre cada uno de ellos. Es decir, la media

³ Kennedy John B, 1992.

es una forma de resumir la información de una distribución (dinero en el bolsillo) suponiendo que cada observación (persona) tuviera la misma cantidad de la variable.

También la media puede ser denominada como centro de gravedad de una distribución, el cual no es necesariamente la mitad.

Una de las limitaciones de la media es que se ve afectada por valores extremos; valores muy altos tienden a aumentarla mientras que valores muy bajos tienden a bajarla, lo que implica que puede dejar de ser representativa de la población.

1.6.2.3. Varianza

Es el estadístico de dispersión que mide el grado de variabilidad, que sintetiza el grado de homogeneidad o heterogeneidad de las diferencias individuales entre los casos de una muestra (o de varias muestras), respecto de una o varias variables numéricas continuas o cuantitativas.⁴

En teoría de probabilidad y estadística, la varianza es un estimador de la divergencia de una variable aleatoria x de su valor esperado $E[x]$. También se utilizan la desviación estándar y la raíz de la varianza.

1.6.2.4. Desviación estándar

Cuando se utiliza la varianza como medida de dispersión, para salvar el problema de trabajar con distintas dimensiones en la media y en la medida de variabilidad, es necesario definir la desviación estándar como la raíz cuadrada de la varianza.

⁴ Kennedy John B, 1992.

La desviación estándar es útil para describir cuánto se apartan de la media de la distribución los elementos individuales. Una medida de ello se denomina puntuación estándar, número de desviaciones a las que determinada observación se encuentra con respecto a la media.

2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

Realizar el diagnóstico es de gran utilidad, ya que identifica las condiciones y necesidades en que labora el laboratorio de investigación de extractos vegetales, tomando como base registros e historia de los análisis para su correcta investigación.

2.1. Proceso del Ensayo de Densidad

La masa y el volumen de un fluido homogéneo no son cantidades independientes, sino que se relacionan por medio de una constante llamada densidad (σ).

La densidad de una sustancia homogénea en cualquier fase (sólido, líquido o gas), es una PROPIEDAD INTENSIVA., característica de la sustancia, la densidad se enuncia como la relación de la masa (m) entre el volumen (v) $\sigma = m/v$. Obviamente, las unidades de σ son de masa dividido unidades de volumen. En sistema internacional las unidades son Kg / m³.

La densidad relativa de una sustancia homogénea posee la relación entre la densidad de la sustancia y una sustancia de referencia. Generalmente, la sustancia de referencia es el agua a 4°C para sustancias líquidas y sólidas con densidad 1 g/cm³. La densidad relativa se escribe sin unidades.

El picnómetro es un instrumento de vidrio de capacidad definida elaborado en vidrio con propiedades químicas y térmicas especiales, debe estar

exento de estrías, burbujas y tensiones internas, consta de un cuerpo piriforme con cuello esmerilado y un tapón esmerilado capilar.

Para medir densidades de sólidos homogéneos, se utiliza un calibrador y una balanza o una probeta y una balanza. Con la probeta y agua se puede medir el volumen del sólido aplicando el principio de Arquímedes, introduciendo el sólido y midiendo el volumen desplazado.

Para utilizar este método de medir volúmenes, se debe tener especial cuidado en conocer la estabilidad del sólido en agua. Si el sólido es homogéneo, pero no es estable (o sea que puede solubilizarse o reaccionar con el agua), es necesario elaborar una figura geométrica regular con el sólido y medir sus lados con el calibrador, para calcular luego el volumen. Cuando el sólido está presente como un polvo o una espuma, es necesario diseñar una práctica específica o consultar normas estandarizadas como ISO, ASTM, ICONTEC, etc.

2.1.1. Descripción

El proceso del Ensayo de Densidad es aplicado a soluciones solubles que permiten que sus propiedades sean analizadas por instrumentos, se basa en la medición del volumen

El método del picnómetro es uno de los más sencillos y prácticos para determinar densidades. El picnómetro es un pequeño frasco de vidrio, cerrado por un tubo vertical de diámetro pequeño, en la que hay marcada una señal de enrase, para disponer de un volumen constante.

Para la determinación de la densidad de un líquido, se sigue la siguiente secuencia:

MEDICIÓN DE DENSIDAD

Para medir la densidad, se utilizará un picnómetro de 25 mililitros (ml), por medio del siguiente procedimiento:

Figura No. 2 Picnómetro



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Limpiar el picnómetro con acetona.

Figura No. 3 Limpieza de picnómetro.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Pesar el picnómetro con su respectivo tapón de aforo y tomar la tara.

Figura No. 4 Peso picnómetro sin solución.



Peso en gramos.

Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Llenar el picnómetro con la solución y colocar el tapón de aforo.

Figura No. 5 Llenado de picnómetro



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Pesar el picnómetro con la solución y tomar el peso.

Figura No. 6 Peso picnómetro con solución.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Desechar la solución y repetir la operación en función del número de soluciones a utilizar.
- La masa de la solución se obtiene en restar el peso del picnómetro menos la tara del picnómetro.

Peso del picnómetro vacío menos el peso del picnómetro con la solución igual al peso de la solución.

$$21.4128 \text{ g} - 41.0607 \text{ g} = 19.6479 \text{ g}$$

- La densidad se obtiene en dividir la masa de la solución entre el volumen del picnómetro.

El volumen del picnómetro es constante en este caso es 25ml.

Tara: 21.4128 g

Peso: 41.0607 g Peso de la solución: 19.6479 g

- Registrar la densidad.

Sabiendo los datos anteriores

$$\rho = m/v \quad \text{entonces;} \quad \rho = 19.6479 \text{ g / 25} \quad \text{ml} = 0.78591 \text{ g/ml}$$

2.1.2. Proceso de documentación actual

La documentación del Ensayo de Densidad tiene el siguiente proceso:

- Se realiza una orden de trabajo emitida por la secretaria del CII, para solicitar el ensayo; seguidamente, se traslada al laboratorio; esta orden contiene tres copias: una para el laboratorio, otra para la secretaría y la original para el solicitante. (Ver Anexo 1)
- El siguiente documento, luego de recibir la solicitud, el LIEXVE realiza el ensayo llenando a la vez una hoja de realización de ensayo que consiste en lo siguiente:

Figura No. 7 Hoja de elaboración de ensayo.

LABORATORIO DE INVESTIGACION DE EXTRACTOS VEGETALES
(LIEXVE)

HOJA DE ELABORACIÓN DE ENSAYO

Ensayo: Densidad No. De Reg:
Analista: Ing. Mario Mérida Fecha: 03/06/2009
Instrumentos Utilizados: Picnómetro de 25 ml.
Aparatos Utilizados: Balanza Digital

ANÁLISIS:

Tara: 21.4128g
peso: 41.0607g
peso líquido: 19.6479g
= m/v = 19.6479g / 25 mL = 0.78591

Fuente: Centro de investigaciones, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Los resultados del ensayo se presentan en un formato que contiene una numeración de archivo, dejando una copia en el Laboratorio, una en la Secretaría del Centro y la original se le entrega al cliente.

Figura No. 8 Resultados del ensayo de laboratorio.

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES DE EXTRACTOS VEGETALES
(LIEVVE)

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO

Interesado: Prueba LIENVE O.T. No. 24055
Muestra: Soluble Informe No. 64
Ensayo: Densidad Fecha: 03/06/2009
Analista: Ing. Mario Mérida

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

MUESTRA	DENSIDAD
1	0.75591g/ml

Ing. César Alfonso García Guerra
Jefe de Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

Vto. Bto. Inga. Telsma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

Centro de Investigaciones
Facultad de Ingeniería
Universidad De San Carlos De Guatemala

Fuente: Centro de investigaciones, Facultad de Ingeniería, USAC.

2.2. Proceso del Ensayo de Índice de Refracción.

La refracción consiste en la desviación que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio transparente de densidad determinada a otro, cuya densidad es distinta de la del anterior. La refracción es fundamental para la explicación de los procesos que experimenta la luz en prismas y lentes de todo tipo. Mientras que la luz se propaga con velocidades diferentes, dependiendo de la densidad del medio por el que lo hace, la intensidad del fenómeno de la refracción depende del grado de la variación de la velocidad de propagación.

2.2.1. Descripción

La medida relativa de la variación entre dos medios, tomando uno fijo como referencia se le conoce como: índice de refracción y, en general está expresado con respecto al aire.

El instrumento para medir el índice de refracción es, básicamente, un sistema óptico que busca medir el ángulo que se ha desviado la radiación, utilizando para ello dos prismas: uno fijo de iluminación sobre el cual se deposita la muestra y uno móvil de refracción. Los prismas están rodeados de una corriente de agua termostatzada, ya que la temperatura es una de las variables que afecta a la medida.

La aplicación del índice de refracción en la Química permite determinar características de los líquidos, como la pureza, composición e igualmente características de las reacciones en la obtención de sustancias binarias a través del uso del refractómetro,- instrumento muy utilizado en procesos químicos en el laboratorio, tales como: la destilación, rectificación, nitración y esterificación entre otras, porque permite analizar de una manera más eficiente y experimental los resultados obtenidos en los procesos anteriormente nombrados.

Medición de índice de refracción: para medir el índice de refracción se utilizará un refractómetro Abbe modelo 32200, por medio del siguiente procedimiento:

- Conectar las mangueras al refractómetro en el sistema de recirculación.

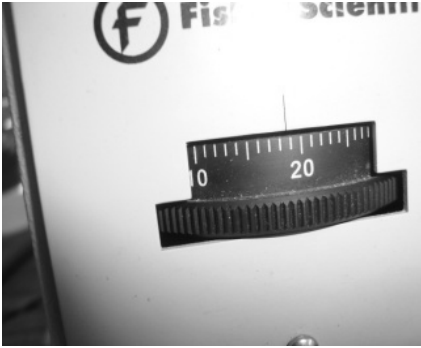
Figura No. 9 Conexión de mangueras del refractómetro.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

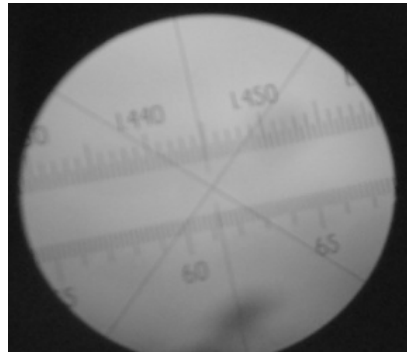
- Ajustar la escala del refractómetro.

Figura. 10 Perilla de calibración



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

Figura No. 11 Escala de medición.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Comprobar que el prisma este limpio. Utilizar una pipeta para aplicar su muestra líquida al prisma. Tener cuidado de no tocar el prisma con el extremo de la pipeta, esto puede dañar el cristal suave del prisma.

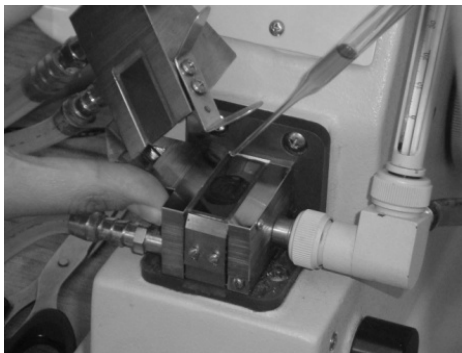
Figura No. 12 Limpieza del cristal del refractómetro.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Colocar de 2 a 3 gotas de solución en el centro de la superficie del prisma.

Figura No. 13 Colocación de la muestra.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Cerrar cuidadosamente el prisma secundario.

Figura No. 14 Cierre del prisma.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Encender la lámpara usando el interruptor en el lado izquierdo. Ajustar la lámpara para asegurar el brillo adecuado en el prisma de medición.

Figura No. 15 Luz del refractómetro.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Observar por el ocular, girar la perilla de compensación de color hasta que aparezca una línea clara y definida en el campo de visión.

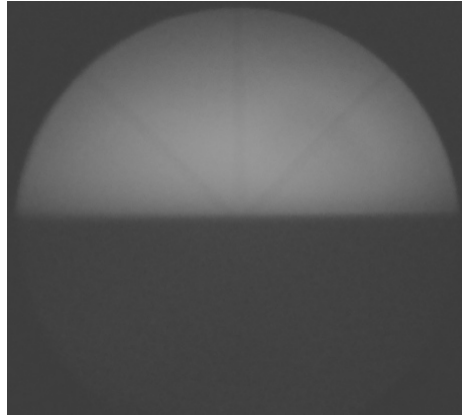
Figura No. 16 Observación de lectura.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Girar la perilla de medición alineando la línea delimitadora, con las líneas de intersección (ajuste claro y oscuro al centro).

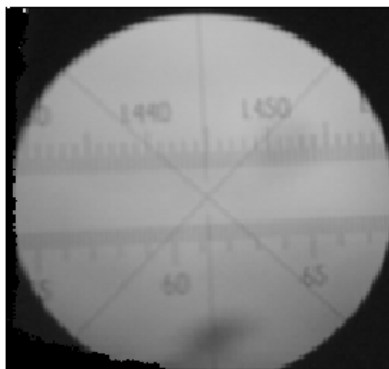
Figura No. 17 Calibración de la sombra.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Mover la palanca de la parte inferior izquierda y leer en la escala superior el índice de refracción y repetir la operación en función del número de soluciones a utilizar.

Figura No. 18 Lectura de la medición del resultado.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

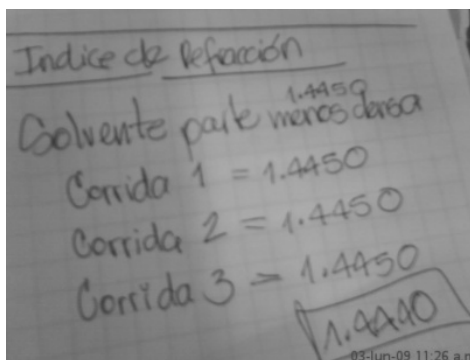
- Registrar el índice de refracción. Después leer el termómetro y registrar la temperatura.

Figura No.19 Termómetro.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

Figura No. 20 Resultados Índice de Refracción.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

- Después de terminar, limpiar el refractómetro.

Figura No. 21 Limpieza final del refractómetro.



Fuente: Observaciones en LIEXVE.

2.2.2. Proceso de documentación actual

El proceso de documentación conlleva el siguiente procedimiento:

- Se realiza una orden de trabajo, emitida por la secretaria del CII, para solicitar el ensayo; seguidamente, se traslada al laboratorio esta orden, que

contiene tres copias: una para el laboratorio, otra para la secretaria y la original para el solicitante. Ver *Anexo 1* Orden de Trabajo

- El siguiente documento luego de recibir la solicitud, el LIEXVE realiza el ensayo llenando a la vez una hoja de realización de ensayo, que consiste en lo siguiente:

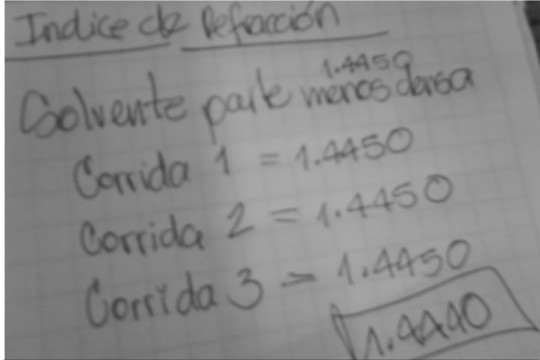
Figura No. 22 Hoja de elaboración de ensayo.

**LABORATORIO DE INVESTIGACION DE EXTRACTOS VEGETALES
(LIEXVE)**

HOJA DE ELABORACION DE ENSAYO

Ensayo: Índice de Refracción No. De Reg:
Analista: Ing. Mario Mérida Fecha: 03/06/2009
Instrumentos Utilizados: Pipeta
Aparatos Utilizados: Refractómetro Abbe Modelo 32200

ANALISIS:



Índice de Refracción
Solvente parte meros deca
Corrida 1 = 1.4450
Corrida 2 = 1.4450
Corrida 3 = 1.4450
1.4440

Fuente: Centro de investigaciones, facultad de ingeniería, USAC

- Los resultados del ensayo, se presentan en un formato que contiene una numeración de archivo, dejando una copia en el laboratorio, una en la secretaria del centro y la original se le entrega al cliente.

- El primer problema que se presenta es el llenado del fluido dentro del picnómetro, ya que existe la posibilidad de una falla al agregar demasiado líquido.
- Luego de tener el líquido dentro del picnómetro, se calibra de acuerdo con el menisco que es la medida exacta de llenado, pretendiendo de esta manera obtener un volumen exacto.
- Se realizan tres repeticiones del ensayo, para que los cálculos sean más exactos, pero no se cuenta con un procedimiento que reduzca la variabilidad del resultado. En el laboratorio, se realiza generalmente un promedio para llegar a la respuesta final, por lo que determina que existe un índice de error en este procedimiento.

2.3.2. Fallas en equipo

El equipo utilizable, en este caso, consiste en una balanza digital que analiza el peso del fluido dentro del picnómetro.

- El error que se considera en este caso, consiste en la calibración del equipo, ya que se requiere que esté colocada en un lugar fijo para no perder la calibración.
- Se tiene que tomar en cuenta el resetear la balanza, para que el peso comience en cero y no continuar con el peso de otro fluido anterior.

2.4. Fallas comunes del Ensayo de Índice de Refracción

El Ensayo de Índice de Refracción, se debe realizar muy cuidadosamente, de no ser así, puede contener muchos errores, porque los procedimientos exigen exactitud en la realización; tanto en la elaboración, como en la lectura de los datos.

2.4.1. Fallas de precisión

Las fallas de precisión consisten en:

- La primera falla se observa a la hora de limpiar los cristales del refractómetro, por no realizarse de una manera adecuada, pueden quedar restos que pueden dañar la lectura.
- Para la calibración del refractómetro, se requiere de mucha precisión del técnico, ya que consiste en cómo se mira la difusión de la sombra que se genera entre el agua y el prisma vertical y los colores de manera horizontal. Se realiza de una forma manual y al caer en error no se podría obtener las lecturas correctas.
- La aplicación de la muestra en el refractómetro se tiene que realizar con mucho cuidado, para que el resultado no se desvíe demasiado, pero puede incurrir en error, si se aplica más cantidad de la muestra.
- Un error muy frecuente, se encuentra en la lectura de los resultados, requiere una precisión visual muy exigente porque de eso depende la veracidad de los resultados, el error que comúnmente se ve, es que

por ejemplo, si el técnico no tiene una buena visión puede leer mal un dato de respuesta y afectar severamente el resultado.

- Finalmente, el último paso es la realización de los cálculos, se hacen tres repeticiones para encontrar una media y con ella localizar un resultado aproximado, este resultado contiene un margen de error porque no se utiliza un método adecuado que pueda dar la confiabilidad necesaria.

2.4.2. Fallas en equipo

- Las fallas en el equipo son comunes, la principal observación que se toma en cuenta como falla, es que el refractómetro no se mantiene en un lugar estable y de acuerdo a las especificaciones pierde la calibración de equipo, por lo cual, los datos son inexactos.
- El funcionamiento del refractómetro conlleva un flujo de agua y un prisma, que juntos generan una sombra donde se miden los resultados, este flujo de agua pasa por todo el refractómetro realizando su función, el agua tiene que ser tratada porque si se utiliza cualquier tipo de agua, podría despedir residuos que se quedarían dentro del refractómetro, ocasionando daños y desviación en los resultados.

2.5. Fallas en condiciones de operación

Entre las fallas en condiciones de operación se tiene:

1. No se tiene un manual de usuario ni de especificaciones de equipo.
2. No se lleva un orden específico de los materiales.
3. Existen malas especificaciones respecto al material.
4. No se cuenta con información de patrones de los materiales.

3. APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS DE CONTROL

3.1. Control de calidad

El control de la calidad se refiere a todos los mecanismos, acciones y herramientas que se efectúan para detectar la presencia de errores y estandarizar un proceso. La función del control de calidad, existe primordialmente como una organización de servicio, para conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería y proporcionar asistencia para que los resultados de los ensayos, alcancen estas especificaciones. Como tal, la función consiste en la colección y análisis de diversas cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos, para iniciar una acción correctiva adecuada.

Todo resultado que no cumpla las características mínimas para decir que es correcto, será eliminado, sin poderse corregir los posibles defectos de fabricación que podrían evitar esos costos añadidos y desperdicios de material.

Para controlar la calidad de un resultado, se realizan inspecciones o pruebas de muestreo, para verificar que las características del material sean óptimas.

3.1.1. Sistema de control de calidad

Un sistema de control de calidad de software es la estructura que organiza evaluaciones, inspecciones y revisiones que aseguren que se cumplan las responsabilidades asignadas, se utilicen eficientemente los recursos y se

logre el cumplimiento de los objetivos del ensayo. Tiene la intención de mantener bajo control un proceso y eliminar las causas de los defectos.

Para considerar un software de alta calidad, se deben establecer normas mínimas a cumplir:

- Procedimientos en el desarrollo y en el control en cada fase de la elaboración de un ensayo.
- Estructura organizacional del proyecto.
- Tareas y responsabilidades específicas del personal encargado de llevar a cabo las pruebas.
- Documentación a preparar para revisar la constancia del ensayo.
- Técnicas para llevar a cabo auditoría y pruebas requeridas.
- Estándares, normas y especificaciones a usuario.
- Criterios de aceptación.

Las personas encargadas de llevar a cabo el trabajo anterior, deberán ser aquellas que conozcan profundamente cada una de las partes del proyecto, tanto teóricas como prácticas.

3.1.1.1. Control de calidad dentro de la organización

El control actúa en todas las áreas y en todos los niveles del laboratorio. Prácticamente, todas las actividades de un laboratorio están bajo alguna forma de control o monitoreo.

El control de calidad, es un esfuerzo sistemático para establecer normas de desempeño con objetivos de planificación, para diseñar sistemas de re información, comparar los resultados reales con las normas previamente establecidas, determinar si existen desviaciones y para medir su importancia; así como, para tomar aquellas medidas que se necesiten para garantizar que todos los recursos se usen de la manera más eficaz y eficiente posible para alcanzar los objetivos de la empresa .

Implica la implementación administrativa y técnica de las actividades de calidad, orientadas hacia el cliente como responsabilidad primordial de la dirección general y de las operaciones principales de ingeniería, producción, relaciones industriales, finanzas y servicios.

La misión del organismo, es mejorar continuamente la calidad de los ensayos o servicios a fin de satisfacer las necesidades de los clientes.

Esto se logra generando un ambiente de integración y cooperación, conscientes de que si la organización consigue llegar a esa meta, aumentará la productividad, mejorará su posición competitiva en el mercado, ofrecerá una ganancia razonable a los accionistas, asegurará su existencia futura y brindará empleo estable a su personal.

3.2. Necesidad de la Norma ISO 17025

La acreditación significa “dar confianza” y por ello permite al laboratorio que se acredite:

- Tener servicios consistentes.
- Lograr confianza de sus clientes en los resultados que provee.
- Obtener reconocimiento internacional de sus resultados.
- Demostrar su competencia técnica

Los procedimientos de evaluación de la conformidad, contribuyen a mejorar el flujo del intercambio comercial, ya que promueven la confianza de los resultados, que proveen los organismos acreditados de los países de origen de los productos.

Con el proceso de globalización y apertura de mercados, surgió la necesidad de asegurar la confiabilidad de los resultados de los laboratorios. Actualmente, el uso de laboratorios en procesos técnicos de certificación y toma de decisiones en general (por ejemplo en el campo reglamentario), para asegurar la conformidad de productos y procesos, han posibilitado un amplio desarrollo de normas técnicas de gestión de laboratorios.

A los clientes de un laboratorio, les interesa de sobremanera estar seguros de que los resultados provistos son confiables, tanto para reducir costos, como para minimizar riesgos. Por ello, surge la necesidad de reconocer

la competencia técnica de un laboratorio para proveer resultados confiables. La mejor herramienta para asegurar esa competencia técnica, es la Acreditación.

Para el aseguramiento de la calidad en los ensayos, se puede citar la sección 5.9 de la Norma COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025, en la cual se puede constatar lo siguiente:

“Sección 5.9 Norma COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025

Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración

5.9.1 El laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad, para monitorizar la validez de los ensayos y de las calibraciones ejecutadas. Los datos resultantes deben ser registrados; de manera, que se puedan detectar las tendencias y cuando sea factible, se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados. Esta monitorización debe ser planificada, revisada y puede incluir, pero no estar limitada a lo siguiente:

- a) El uso regular de materiales de referencia certificados o un control interno de la calidad por medio de materiales de referencia secundarios;*
- b) La participación en comparaciones inter laboratorios o programas de ensayos de aptitud;*
- c) La repetición de los ensayos o de las calibraciones, utilizando el mismo o diferentes métodos;*
- d) El reensayo o la re calibración de los objetos retenidos;*

e) *La correlación de los resultados para las diferentes características de un objeto.*

NOTA. Los métodos seleccionados, deberían ser los apropiados para el tipo y volumen del trabajo realizado.

5.9.2 Los datos del control de la calidad, deben ser analizados y cuando se determine que están fuera de los criterios predefinidos, se debe tomar acciones planificadas para corregir el problema y prevenir que se informen resultados incorrectos.”

3.2.1. Control de producto no conforme

Se deben establecer y mantener procedimientos por escrito sobre la manera de inspeccionar y ensayar los productos que se reciben de otros proveedores, los productos intermedios que se fabriquen y los productos finales del proceso de fabricación. Deben existir procedimientos por escrito para la inspección y ensayo de los productos en la etapa de Recepción de las materias primas.

Se debe mantener un estricto control de los Equipos de Inspección y Medición utilizados para realizar ensayos, estos deben ser calibrados periódicamente. También se debe medir la incertidumbre del dispositivo de medición, la cual debe ser compatible con el ensayo que se desea realizar.

3.2.1.1. Responsabilidad del proceso de control de calidad

El control de calidad, es un sistema que involucra todas las fases desde la identificación al inicio, hasta la satisfacción al final, con los requerimientos y expectativas del cliente.

Para implantar un control efectivo de calidad, los procedimientos deben definir los mecanismos de control e identificar quién requiere la información. Se debe tener la documentación requerida en el momento y lugar adecuado.

Es responsabilidad del proceso, el uso de herramientas estadísticas para determinar el nivel de confianza en la calidad de los productos y/o servicios del cliente. El control de calidad cubre aspectos para recolectar y utilizar datos para la buena toma de decisiones sobre calidad. Las técnicas estadísticas deben ser usadas para evaluar la aceptabilidad las personas que realizan los ensayos; así como, determinar la capacidad del proceso y para evaluar la capacidad de las mediciones. También se usa para supervisar los procesos vitales y las características del producto, investigar inconformidades, identificar oportunidades de mejora, valorar quejas de los clientes y determinar metodología de muestreo.

3.3. Hoja de inspección

La finalidad de la hoja de inspección, es conocer con que frecuencia ocurren ciertos eventos, con el fin de encontrar tendencias que detecten las causas asignables de los errores en los resultados de los diferentes ensayos.

Son utilizadas también para comprobar si se han recabado los datos solicitados o si se han efectuado determinados trabajos; por ejemplo, si se calibró o no un determinado equipo, de tal manera el analista o supervisor inspeccionará en un determinado momento y se dará cuenta si el proceso se está llevando de la manera correcta, de tal forma garantizar la calidad del análisis.

3.3.1. Descripción

La utilidad de la hoja de inspección, es que en este formulario se pueden localizar dado su diseño con esfuerzo reducido, cual ensayo presenta la mayor cantidad de reclamos, de qué tipo de falla se trata y en cual etapa del proceso se lleva a cabo, de esta manera se tendrán factores claros para la realización del análisis.

Siempre que fuera pertinente, se sugiere no estandarizar el formato del formulario, con el fin de que en periodos cortos se provoquen cambios estructurales en el mismo y alimentar de este modo, la búsqueda permanente de las inconformidades.

3.3.2. Pasos para desarrollar la hoja

Para su elaboración se requiere:

1. Acordar el ensayo a observar, para que todos enfoquen lo mismo.
2. Decidir el período de tiempo en el cual se recabarán los datos.
3. Diseñar una forma clara y fácil de usar con suficiente espacio para registrar los datos.
4. Obtener los datos de manera consistente y honesta.

3.3.3. Aplicación de la hoja de inspección para detectar los defectos más frecuentes que se presentan.

Para la aplicación de la hoja de inspección, se necesita reunir información en base a observación de los ensayos para el control de calidad de los resultados, conociendo los tipos de defectos y analizando la forma de corregirlos.

La finalidad de la hoja de inspección, es hacer un estudio mediante el cual la jefatura pueda estar enterada del inicio de los problemas que causan variaciones en los resultados, logrando de esta manera solucionarlos para garantizar la calidad en los mismos.

Figura No.24 Histograma de la variación del índice de refracción.

HOJA DE INSPECCION

Ensayo: _____
 Fecha: _____
 Analista: _____

Die	CAUSAS	4	8	12	16	20	24
Muestra							
Personas							
Equipo							
Medición							
Otro							
Total							

Análisis: _____

CENTRO DE INVESTIGACIONES
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Fuente: Investigación de campo.

Como se observa en la figura No.24, la hoja de inspección puede ser lo suficientemente sencilla para su fácil utilización, debiendo tomar en cuenta las siguientes instrucciones:

1. Llenar los datos solicitados en el membrete de la hoja.
2. Marcar cada casilla con una línea vertical para indicar la ocurrencia en el día indicado.
3. Hacer un análisis de las ocurrencias de las causas que puedan interferir en los resultados, para reparar cualquier evento inadecuado o alguna causa asignable que proporcione error en los resultados.

Recomendaciones:

1. Asegurarse que las muestras / observaciones sean tomadas al azar;
2. Asegurarse que el proceso de muestreo es eficiente de manera que las personas tengan tiempo de hacerlo.
3. Las causas a ser muestreadas deben ser semejantes, si no lo son, el primer paso debe ser la agrupación de las mismas para el análisis individual.

3.4. Herramientas estadísticas

Las herramientas estadísticas o de la calidad, se consideran generalmente como procedimientos o técnicas que ayudan a medir la calidad en los servicios, productos y a planificar mejor los procesos para mejorar su productividad y servicio al Cliente.

3.4.1. Importancia y utilización de las técnicas

Inicialmente el control de calidad se aplicó solo a la fabricación industrial, seguidamente su aplicación se enfocó a la prestación de servicios; sin embargo, las técnicas han sido utilizadas también en otros entornos, teniendo mucha importancia en la monitorización de fallas en ensayos químicos, desde el tiempo de espera de una muestra que acude a análisis, hasta el porcentaje de muestras que cumplen adecuadamente un tratamiento o el mismo registro de datos en la historia de la muestra.

Un elemento fundamental en el control de calidad moderno, es la utilización generalizada de procedimientos y métodos estadísticos, en la planificación, recolección de datos y análisis de los mismos, de tal forma que las decisiones no se apoyen en simples supuestos.

Esta metodología estadística que utiliza fundamentalmente gráficos, permite monitorizar la estabilidad en un proceso de suministro de servicios, de forma que se detecte cuanto antes, cualquier situación inadecuada; lo que permitirá eliminar las causas especiales de variabilidad, en la obtención del resultado final.

Las herramientas básicas, que se aplican en los departamentos de calidad de las empresas, son útiles para la detección de la resolución de los problemas que pueden presentarse en las mismas. En general, en el esfuerzo de mejora de la calidad es muy importante utilizar datos y hechos. Pero estos son de poco valor si no aparecen suficientemente ordenados y clasificados.

Esto consiste en observar el desempeño real, compararlo con algún estándar y después tomar medidas si el desempeño observado es significativamente diferente del estándar.

3.4.1.1. Histograma

Un histograma, es conocido como un resumen gráfico de la variación de un conjunto de datos. El histograma, por ser una técnica que se presenta gráficamente permite ver patrones que son difíciles de observar en una simple tabla numérica. Esta herramienta se utiliza especialmente en pruebas de validez.

3.4.1.1.1. Descripción

A partir de un conjunto de datos, se conoce que los valores varían en todo conjunto de datos. El propósito del análisis de un histograma es, por un lado, identificar y clasificar el patrón de variación, por otro, desarrollar una explicación razonable y relevante de la pauta. La explicación debe basarse en los conocimientos generales y en la observación de las situaciones específicas y debe ser confirmada mediante un análisis adicional.

3.4.1.1.2. Pasos para su desarrollo

Para explicar el desarrollo de esta herramienta, se tomó como único ejemplo el Ensayo de Índice de Refracción, solo como referencia para la aplicación, evitando de esta manera la repetitividad de los pasos.

Paso 1: Se inicia con una serie de pasos que conforman la muestra. Para esto se tomó una muestra de 30 datos que corresponden al índice de refracción a 22°C, para una especie de eucalipto en el cual se utilizó un refractómetro marca *Fisher Scientific*.

Para efectos prácticos se tomarán los datos $*10^{-4}$; por tanto, lo que se tratará de observar será la variación de una forma más amplia.

Tabla I. Datos obtenidos de ensayo 1.

14925	14920	14920
14850	14850	14850
14910	14910	14910
14870	14865	14870
14900	14900	14900
14845	14845	14845
14865	14865	14865
14820	14820	14820
14830	14830	14830
14932	14855	14825

FUENTE: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Datos ordenados:

Tabla II. Datos obtenidos de ensayo 2.

14820	14820	14820
14825	14830	14830
14830	14845	14845
14845	14850	14850
14850	14855	14865
14865	14865	14865
14870	14870	14900
14900	14900	14910
14910	14910	14920
14920	14925	14932

FUENTE: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Paso 2: Contar el número de datos en la lista, en este caso el número de datos es 30.

Paso 3: Calcular el rango (R) de los datos, Rango es igual a dato mayor menos dato menor, para este ejemplo el rango es igual a:

Valor máximo = 14932

R= Valor máximo – Valor mínimo

Valor mínimo = 14820

R = 112

Paso 4: Determinar el número de clases, para esto se utiliza una tabla que aproxima el valor de las clases, tomando en cuenta que ninguno de ellos es exacto.

Tamaño de la muestra	No. de clases (K) recomendado
< 50	5 - 7
50 - 100	6 - 10
100 - 250	7 - 12
> 250	10 - 20

Para el ejemplo actual se utilizara el número de clase igual a seis $C = 6$, que se encuentra entre los menores de cincuenta; por lo tanto, está entre cinco y siete.

Paso 5: Establecer la longitud de clase: es igual al rango entre el número de clases.

$$L = 112 / 6 = 18.67$$

Paso 6: Construir los intervalos de clases: Los intervalos resultan de dividir el rango de los datos en relación al resultado del paso 2 en intervalos iguales.

Este intervalo se calcula de manera que el rango se divide en intervalos de igual amplitud. Para obtener la amplitud del intervalo se calculará con la siguiente fórmula:

$$I = (\text{Rango} + 1) / C = (112+1) / 6 = 18.83 \text{ aprox. } 19$$

Paso 7: Se construye la tabla de frecuencias, la cual incluye el intervalo de clase.

Tabla III. Frecuencias

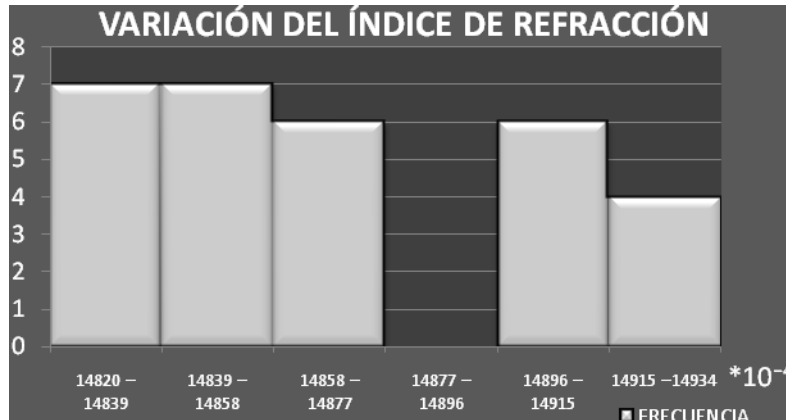
CLASE	INTERVALO	FRECUENCIA	FREC. RELATIVA
1	14820 – 14839	7	0.23
2	14839 – 14858	7	0.23
3	14858 – 14877	6	0.20
4	14877 – 14896	0	0
5	14896 – 14915	6	0.20
6	14915 – 14934	4	0.14

N= 30

1.00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura No.25 Histograma de la variación del índice de refracción.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

3.4.1.1.3. Interpretación

Las pautas habituales de variación más comunes, son la distribución en campana, con dos picos, plana, en peine, sesgada, truncada, con un pico aislado o con un pico en el extremo.

En el ejemplo anterior, se muestra un resultado con una pauta de variación con pico aislado, esto demuestra que existe una inconformidad en el proceso de elaboración del ensayo; por lo tanto, se tiene que tomar en cuenta las posibles fallas para lograr resultados más aceptables, ya que según el análisis existen dos medias distintas, lo que implica que se esté realizando el ensayo de forma diferente o se repitan las fallas con demasiada frecuencia.

Al tomar en cuenta este análisis y ponerlo en práctica, se reducirán los errores en el resultado porque los mismos serán más aceptables.

Se pueden dar diferentes pautas habituales de variabilidad, las cuales pueden ayudar al análisis de los histogramas.

Una de las primeras pautas y la más importante como se observa en el *Anexo 2*, es la forma de campana o distribución normal, con el pico en el centro, pero no necesariamente indica que los resultados sean los correctos o que no exista variación, sino que explica que existe un acercamiento a la media en la mayoría de los datos; por consiguiente, las fallas de esta variación son las más sencillas de corregir.

La variación doble pico o distribución bi modal. *Anexo 3*, presenta una abertura en el centro y dos picos en ambos lados, en esta variación; por lo general, se asume la existencia de datos de dos procesos diferentes, que conlleva a dos distribuciones normales.

La variación de meseta o distribución rectangular, *Anexo 4*, es un resultado uniforme donde no existe ningún pico bien diferenciado, y presenta datos muy variables o procesos diferentes que han producido errores de medición.

La distribución en peine como se muestra el *Anexo 5*, demuestra como se alternan los valores altos y bajos de forma regular, reflejando errores de media cuya razón pueda significar la variación en condiciones de equipo o en condiciones de operación, los cuales interfieren en la media.

La variación que se muestra en el *Anexo 6*, que se le conoce como sesgada, presenta una forma asimétrica, con el pico descentrado respecto al rango de datos y seguidamente se sesga fuertemente en uno de sus lados y levemente en el otro. Esta distribución puede ser debida a un proceso que se ha ajustado demasiado a uno de los extremos del rango permitido.

La variación truncada como se muestra en el *Anexo 7*, presenta un comportamiento cortado en uno de los extremos, normalmente se refiere a

resultados con distribución normal, pero se deduce que parte de los resultados se han eliminado o han sufrido una variación marcada; por ejemplo, mediante una inspección 100%. También puede aparecer debido a una mala elección del número de clases.

La variación de pico aislado, presenta una separación con un grupo de datos pequeño de la distribución normal. Este pequeño grupo indica alguna anomalía en los resultados o algo que no ocurre de forma regular, vea *Anexo 8*.

La variación de pico extremo, posee un gran pico unido a una distribución normal. Indica normalmente un registro incorrecto de datos; por ejemplo, se han registrado valores fuera del rango aceptable, como si estuvieran justo en el límite aceptable de la especificación, ver *Anexo 9*.

3.4.1.2. Diagrama causa-efecto

El diagrama causa-efecto, muestra una manera de organizar y representar las diferentes causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado y se utiliza en el proceso de diagnóstico y solución de las causas de un problema.

3.4.1.2.1. Descripción

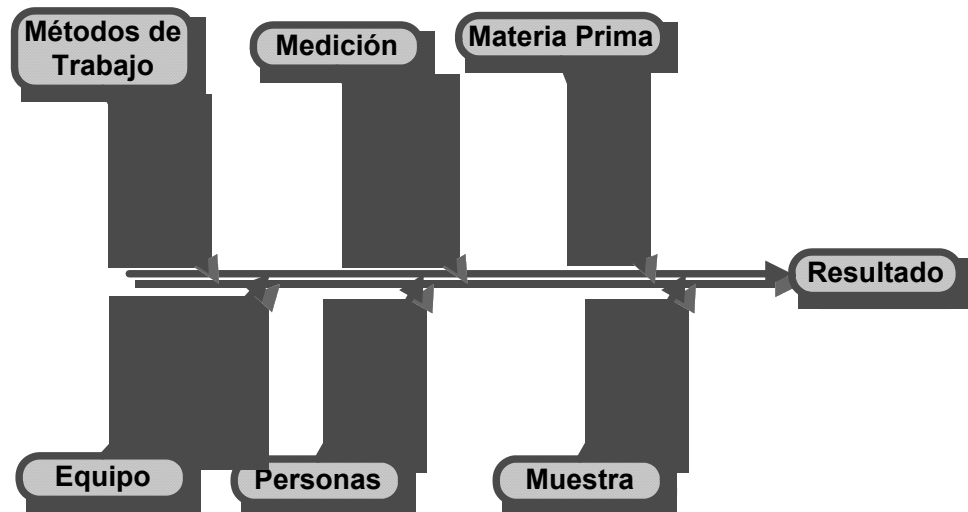
El diagrama causa-efecto es un enlace para ordenar, de forma muy centralizada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto; por lo tanto, permite lograr una idea común de un problema complejo, sin sustituir los resultados que proporcionan los datos.

Es importante, ser conscientes de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan proposiciones o teorías. Sólo cuando estas proposiciones son comparadas con datos, se puede probar las causas de las variaciones observables. El error más común que se comete al hacer el diagrama antes de analizar los indicios, es ocultar la causa matriz o cambiar el orden de los supuestos.

3.4.1.2.1. Pasos para su elaboración y ejemplo

A continuación, se observa como el valor de un resultado depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso de elaboración de un ensayo. Se utilizará como ejemplo, el proceso del Ensayo de Densidad, para explicar el diagrama de causa-efecto:

Figura No. 26 Diagrama Causa-Efecto



Fuente: Elaboración del Marco Vinicio Mérida Cano.

La variabilidad de los resultados de ensayo, es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema con el resultado del ensayo, se deben identificar las causas del mismo. Para hacer un Diagrama de Causa-Efecto se realizan los siguientes pasos tomando como ejemplo el Ensayo de Densidad:

Paso 1: Se decide cual va a ser la característica de calidad que se va a analizar.

En este caso la característica de calidad, será el resultado del Ensayo de Densidad, porque se necesita saber las causas asignables que producirán fallas en los mismos. Se traza una flecha gruesa que representa el *proceso* y a la derecha se describe la característica de calidad:

Paso 2: Se Indica los factores normales más importantes que puedan generar la variación del resultado, trazando flechas secundarias hacia la principal.

Paso 3: Se incorpora en cada rama, factores más detallados que puedan considerarse causas de variación. Para hacer esto, se puede formular preguntas, y las respuestas serán las ramas principales y menores:

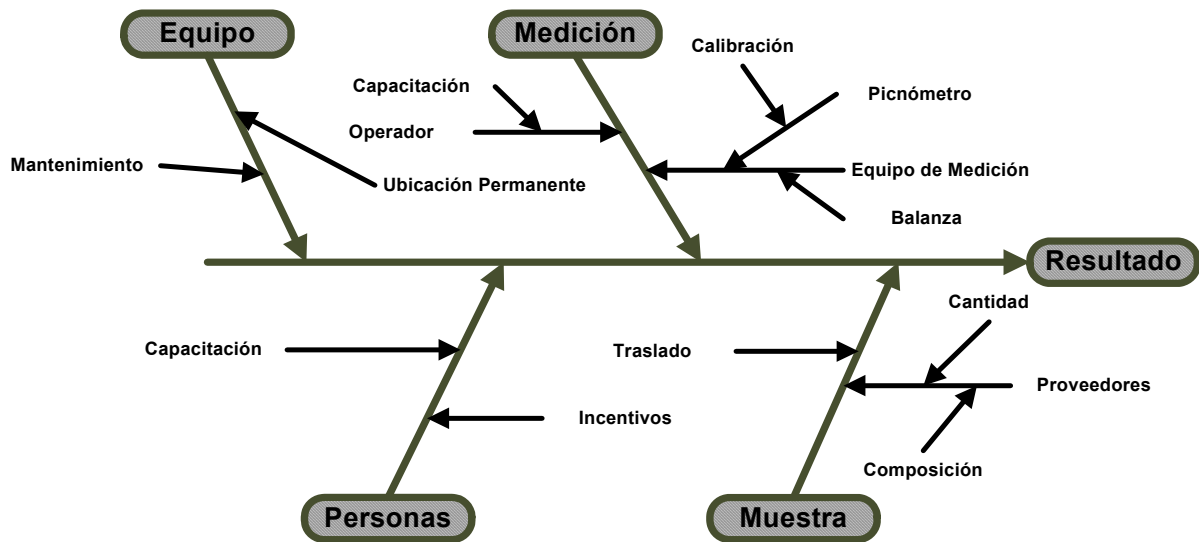
- a. ¿Por qué el equipo produce variación en los resultados del Ensayo de Densidad? Falta de mantenimiento de la balanza, falta de una ubicación estable.
- b. ¿Qué aspectos o condiciones producen la variación en la medición de los resultados del Ensayo de Densidad? Calibración, Picnómetro, Equipo de medición, capacitación, operador y balanza.

- c. ¿Qué factores influyen en las personas para que sean participes de las fallas en el ensayo? Capacitación e Incentivos.
- d. ¿Qué factores iniciales de la muestra provocan variaciones? Cantidad, Composición, proveedores, traslado.

Paso 4: Finalmente, se verifica que todos los factores que puedan causar variación hayan sido incorporados al diagrama. Las relaciones *Causa-Efecto* deben quedar claramente establecidas y en ese caso, el diagrama está terminado.

Un diagrama de Causa-Efecto sirve para guiar las discusiones, exponer con claridad los orígenes de un problema y permite encontrar de forma rápida, las causas asignables cuando existen fallas que produce variación en los resultados.

Figura No. 27 Diagrama causa-efecto, Ensayo de Densidad.



Fuente: Elaboración del Marco Vinicio Mérida Cano.

3.4.1.3. Diagrama de dispersión

El diagrama de dispersión, es la representación de la relación entre dos variables cuyo resultado es una grafica muy utilizada para comprobar anomalías en los procesos o variación en los resultados, identificando las causas asignables y buscando soluciones para la corrección y mejoramiento de los resultados obtenidos.

3.4.1.3.1. Descripción

El diagrama de dispersión ayuda de forma sencilla a visualizar, si existe o no una relación entre dos variables y que tan constante es esta relación, cuando una aumenta al mismo tiempo con la otra. El Diagrama de Dispersión, es de gran utilidad para la solución de problemas de la calidad de los resultados, ya que sirve para comprobar que factores están interviniendo en la dispersión de una característica de calidad.

Para comprender la naturaleza de las herramientas, se tiene que tomar en cuenta que un diagrama de dispersión, muestra la posibilidad de la existencia de correlación entre dos variables, hace más sencillo el análisis de las situaciones numéricas complicadas. Cuando se analizan problemas con esta herramienta, proporciona mayor información que el simple análisis realizado con alguna herramienta matemática de correlación, proponiendo posibilidades de análisis para resolución de problemas, relacionando datos con procesos.

3.4.1.3.2. Pasos para su desarrollo

Este caso inicia con un ejemplo de la variación del índice de refracción, relacionado con el tiempo de separación entre corridas. Lo que se pretende es

probar que los resultados del índice de refracción, tiene una relación con el tiempo de separación entre corridas.

A continuación, para efectos prácticos se tomarán únicamente las diez milésimas, ya que el valor del entero es el mismo; por tanto, lo que se tratará de observar será la variación de los decimales.

Paso 1: Se inicia con la recopilación de datos, cuyas relaciones se desean analizar. Los datos obtenidos se organizan en una tabla.

Tabla IV. Índices de refracción y tiempos entre corridas.

No.	Índice de Refracción (*10E-4)	Tiempo (Hrs)	No.	Índice de Refracción (*10E-4)	Tiempo (min)
1	14925	1	14	14845	3
2	14910	1	15	14865	3
3	14870	1	16	14900	4
4	14920	1	17	14845	4
5	14910	1	18	14865	4
6	14865	2	19	14820	4
7	14920	2	20	14830	5
8	14910	2	21	14932	5
9	14870	2	22	14820	5
10	14900	2	23	14830	5
11	14845	3	24	14855	6
12	14865	3	25	14820	6
13	14900	3	26	14830	6

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

Paso 2: Encontrar los valores máximos y mínimos, para cada una de las dos variables, en relación a estos valores decidir que se utilizará en los ejes, a manera que la longitud de ambos, sean aproximadamente iguales. En la elaboración del diagrama, es recomendable colocar en el eje horizontal el factor y en eje vertical la característica de calidad.

Para el ejemplo los valores máximo y mínimo, tanto del factor, como de la característica son los siguientes:

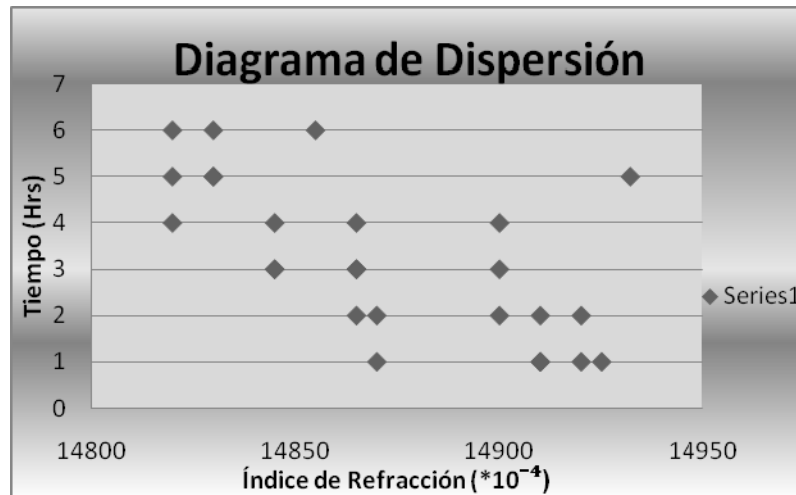
Tabla V. Valores máximos y mínimos, tanto del factor como de la característica analizada.

Valor	Factor Índice de Refracción	Característica de Calidad Tiempo Entre Corridas (min)
Valor Máximo	14932	1
Valor Mínimo	14820	6

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

Paso 3: Registrar los datos en el gráfico, dibujando los valores aumentando a medida que uno se mueva hacia arriba o hacia la derecha en cada uno de los ejes.

Figura No. 28 Diagrama de dispersión.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

3.4.1.3.3. Interpretación

Para analizar e interpretar un diagrama de dispersión, se debe conocer la relación que existe entre las dos variables analizadas, siendo la herramienta más importante la que posee el analista.

Los diagramas de dispersión, permiten estudiar la relación que puede existir entre las dos variables estudiadas. Dadas las variables por ejemplo X, Y en donde puede existir relación entre ambas, cuando aumenta X aumenta el valor de la variable Y proporcionalmente se dice que es una correlación positiva o si cada vez que aumenta X disminuye el valor de Y proporcionalmente, se dice que es una correlación negativa. Cuando no se distingue una correlación y todos los puntos están dispersos, se dice que no existe correlación, ver Anexo 10.

Un diagrama de dispersión muestra la forma, la dirección y la magnitud de la relación entre dos variables, las cuales son muy importantes, porque se dice que una relación lineal es de gran magnitud si los puntos del diagrama se acercan a una recta imaginaria y de débil magnitud, si los puntos se hallan muy dispersos de la recta. De todas maneras, es difícil determinar la magnitud de una relación lineal.

Para analizar un diagrama de dispersión, se tiene que tener mucho cuidado con la escala de los ejes, porque se podría producir un margen de error, por esta razón, se necesita tener una estrategia para que el análisis sea correcto y utilizar una medida numérica que complemente el gráfico. La correlación es la medida que se necesita.

Para comprender de mejor manera la magnitud de la relación entre las variables X, Y, es importante calcular el coeficiente de correlación, este se calculará en base a la siguiente fórmula:

$$r = \frac{S(XY)}{\sqrt{S(XX) \cdot S(YY)}}$$

Donde:

$$S(XX) = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}$$

$$S(YY) = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$$

$$S(XY) = \sum (X_i Y_i) - \frac{(\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{n}$$

“n” es el número de parejas de datos.

Para el ejemplo citado anteriormente el coeficiente de correlación “r” se encuentra de la siguiente forma:

$$S(XX) = 57.5047105 - \frac{1495.1137}{26} = 0.00032692$$

$$S(YY) = 342 - \frac{7056}{26} = 70.6153846$$

$$S(XY) = 124.8235 - \frac{38.6667 \cdot 84}{26} = -0.09968462$$

$$r = \frac{-0.09968462}{\sqrt{0.00032692 \cdot 70.6153846}} = -0.66$$

Una r positiva indica una asociación positiva entre las variables. Una r negativa indica una asociación negativa.

La correlación r siempre toma valores entre -1 y 1. Valores de r cercanos a 0 indican una relación lineal muy débil. La fuerza de la relación lineal aumenta a medida que r se aleja de 0 y se acerca a 1 o a -1. Los valores de r cercanos a -1 o a 1 indican que los puntos se hallan cercanos a una recta.

Los valores extremos $r = -1$ o $r = 1$ solo se dan cuando existe una relación lineal perfecta y los puntos del diagrama de dispersión están exactamente sobre una recta.

La correlación solo mide la fuerza de una relación lineal entre dos variables. La correlación no describe las relaciones curvilíneas entre variables aunque sean muy fuertes.

3.4.1.4. Gráficas de control

La idea básica de una carta de control, es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre el tiempo de una variable de un producto o de un proceso, con el propósito de distinguir sus variaciones correspondientes

a causas comunes o atribuibles. El uso adecuado de las cartas de control, permitirá detectar cambios y tendencias importantes en los procesos.

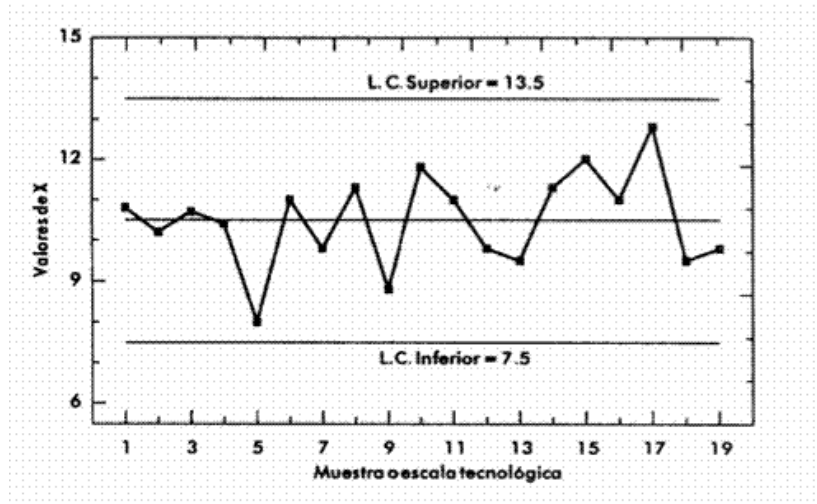
3.4.1.4.1. Descripción

En la figura No. 40, se muestra una carta de control típica, la cual se compone de tres líneas paralelas, comúnmente horizontales, que terminan a la izquierda en una escala numérica de acuerdo a la variable X, que se gráfica en la carta. En la parte de abajo, el eje identifica a quien pertenece cada valor de la variable que ha sido representado en la carta mediante un punto.

La línea central de una carta de control, representa el promedio de la variable que se está graficando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior y están en una posición que cuando el proceso se encuentra en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los puntos caigan dentro de los límites.

De esta manera, si todos los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si un punto está fuera de los límites de control, entonces esto es una señal de que el proceso está fuera de control estadístico; por lo que, es necesario investigar cual es la causa de este comportamiento.

Figura No. 29 Ejemplo de una carta de control



Fuente: Manual de laboratorio

Las corridas permiten evaluar el comportamiento del proceso a través del tiempo, medir la amplitud de su dispersión, observar su dirección y los cambios que experimenta.

Las corridas se elaboran utilizando un sistema de coordenadas, cuyo eje horizontal indica el tiempo en el que quedan enmarcados los datos, mientras que el eje vertical sirve como escala para transcribir la medición efectuada. Los puntos de la medición se unen mediante líneas rectas.

Las gráficas de control, son herramientas estadísticas más completas que permiten obtener un conocimiento mejor del comportamiento del proceso a través del tiempo, ya que en ella se transcriben tanto la tendencia central del proceso, como la amplitud de su variación.

3.4.1.4.2. Tipos de gráficos aplicables

Existen dos tipos generales de cartas de control: para variables y atributos. La primera, se aplica a variables de tipo continuo, que supuestamente son aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse; por ejemplo: pesos, volúmenes, temperaturas, etc.). Las cartas para variables más usuales son:

\bar{X} = (de promedios)

R = (de rangos)

Existen muchas características de calidad, que no son medidas con un instrumento de medición en una escala continua o al menos en una escala continua o al menos en una escala numérica. En estos casos, el producto se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos y al producto se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que posee el mismo. En este caso no será aplicable.

Carta de control de promedios (\bar{X}) y rangos (R)

Existen tantas características de calidad de tipo continuo en un producto o en un proceso, que interesa controlar su variabilidad y su tendencia central. Por ejemplo, cuando se estudia la variabilidad de el resultado de un Ensayo de Índice de Refracción, el resultado debe ser 1.5648, con una tolerancia de ± 0.0005 , por lo que la tendencia central de estas piezas debe estar muy próxima a 1.5648 y su variabilidad debe ser que todas las corridas tengan un valor entre 1.5643 y 1.5653. Generalmente, mediante \bar{X} una carta de control, se controla la tendencia central de este tipo de características de calidad y mediante una carta R su variabilidad.

3.4.1.4.3. Pasos para su elaboración

Paso 1: La forma de construir una carta de promedios, inicia determinando la característica de calidad a estudiar.

Para obtener la característica de calidad, usualmente se logra obteniendo una cantidad pequeña de productos consecutivos de cada determinado periodo y en lugar de analizar las mediciones individuales, se analizan las medias y los rangos de las muestras.

La carta de promedios analizara el comportamiento sobre el tiempo de la columna de medias, con lo cual se tendrá información sobre la tendencia central y sobre la variación entre las muestras. Para calcular los límites de control, en su estudio inicial el que se está haciendo, es necesario contar con las medias y rangos alrededor de 20 muestras.

Paso 2: Se calcula la media de las muestras realizando el promedio de cada una de ellas, con base a la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

n = Tamaño de la muestra

Paso 3: Se calcula el rango de cada muestra R, restando el dato mayor menos dato menor de cada x_i de la muestra.

$$R = \text{Dato mayor} - \text{Dato menor}$$

Paso 4: Calcular la media de medias, dividiendo el total de la sumatoria de las medias entre el número de muestras (N).

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{x}_i}{N} \quad N = \text{Número de muestras}$$

Paso 5: Se calcula el promedio de los rangos, dividiendo el total de la sumatoria de los rangos entre el número de muestras.

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{N} \quad N = \text{Número de muestras}$$

Paso 6: Se calculan los límites de control con las siguientes formulas:

Límites de control para medias.

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ \text{LCC} &= \bar{\bar{X}} \\ \text{LCI} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \end{aligned}$$

Donde:

LCS: Límite de control superior

LCC: Límite de control central

LCI: Límite de control inferior

A_2 : Los valores de A_2 se dan mediante una tabla que se muestra en el apéndice y se ubican dependiendo el tamaño de la muestra n .

Límites de control para rangos

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

$$\text{LCC} = \bar{R}$$

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

Donde:

D_4 = Los valores de D_4 , se dan mediante una tabla que se muestra en el apéndice y se ubica dependiendo el tamaño de la muestra n .

D_3 = Los valores de D_3 , se dan mediante una tabla que se muestra en el apéndice y se ubica dependiendo el tamaño de la muestra n .

Los valores de los límites nos dan un punto en el eje de las ordenadas, a partir de ese punto se lanza una línea horizontal sobre el eje de las abscisas.

Ejemplo:

La característica de calidad para este caso, será el resultado del Ensayo de Índice de Refracción, en este ejemplo, se decide realizar el ensayo a cada cierto tiempo para comprobar su variabilidad. Los datos obtenidos en tres días, se muestran en la tabla IV en la que se incluye la media y el rango de cada muestra.

Se quiere saber si el Ensayo de Índice de Refracción está en control estadístico, para eso se reunieron 2 muestras para elaborar el ejemplo.

Tabla VI. Valores de Índices de refracción y valores de las medias, rangos, media de medias y rango promedio.

Muestra	Índices de Refracción (*10 ⁻⁴)				Media	Rango
1	14910	14900	14865	14830	14876.25	80
2	14870	14845	14820	14855	14847.5	50
3	14900	14865	14830	14820	14853.75	80
4	14845	14900	14932	14830	14876.75	102
5	14865	14845	14820	14870	14850	50
					$\bar{X} = 14860.85$	$\bar{R} = 72.4$

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

Carta de control de medias

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

$$LCC = \bar{\bar{X}}$$

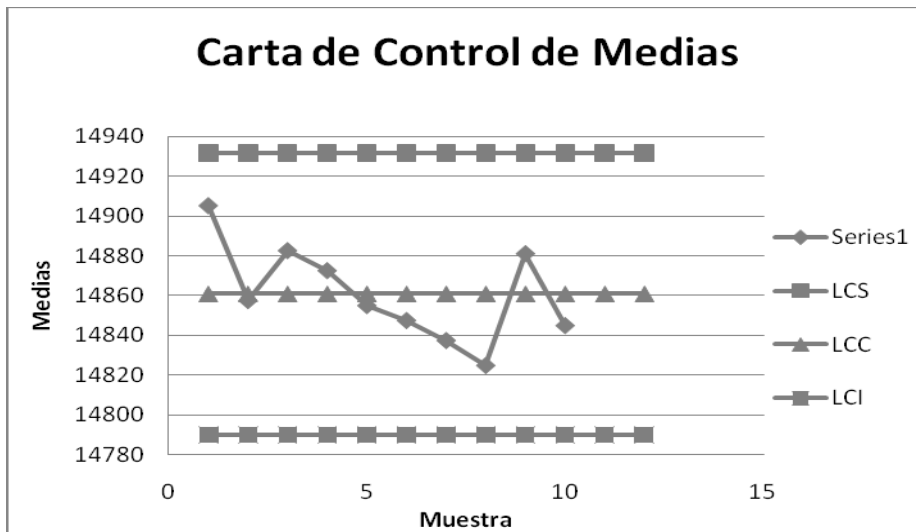
$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

$$LCS = 14860.85 + 0.729 * 72.4 = 14913.6296$$

$$LCC = 14860.85 = 14860.85$$

$$LCI = 14860.85 - 0.729 * 72.4 = 14808.0704$$

Figura No. 30 Carta de control de medias.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

Carta de control de rangos

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

$$LCC = \bar{R}$$

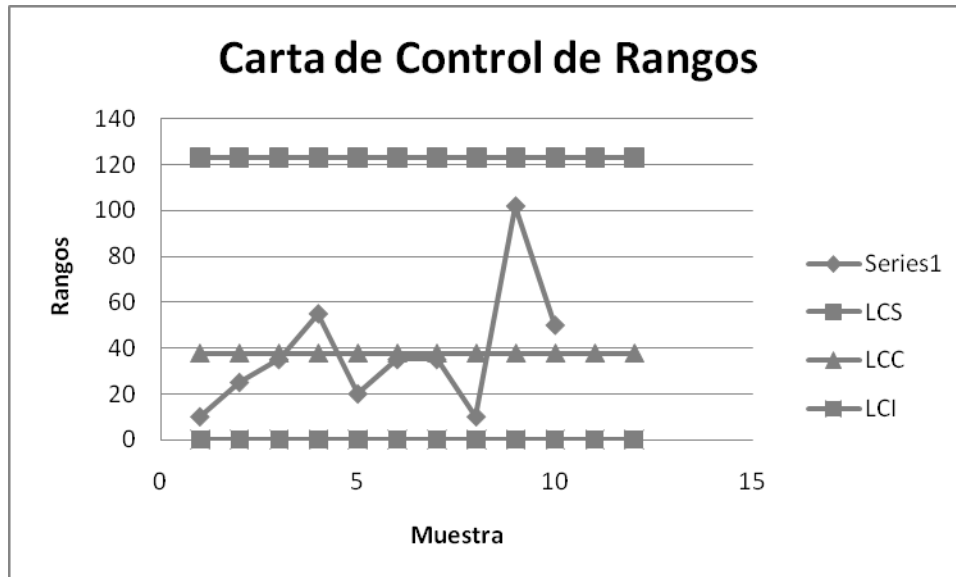
$$LCI = D_3 * \bar{R}$$

$$LCS = 3.267 * 72.4 = 123.1659$$

$$LCC = 72.4 = 72.04$$

$$LCI = 0 * 72.4 = 0$$

Figura No. 31 Carta de control de rangos.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

3.4.1.4.4. Interpretación de los gráficos

Existen muchos patrones para describir el comportamiento de las cartas de control; a continuación, se dan seis patrones para el comportamiento de los puntos en una carta. También se presentan razones comunes, por las cuales pueden ocurrir dichos comportamientos. Además, se dan algunas pruebas estadísticas para confirmar la existencia del patrón bajo discusión.

Resulta importante la correcta selección y elaboración del gráfico de control, al igual es trascendental su correcta lectura, análisis e interpretación. En este sentido son válidas las siguientes recomendaciones:

1. Al analizar un gráfico, los puntos no deben considerarse como observaciones aisladas, sino como una distribución del proceso del que forman parte.
2. Si los puntos caen dentro de los límites, en principio se considera que el proceso está en estado controlado.
3. Si algunos puntos caen fuera de los límites, se considera que el proceso está fuera de control.
4. Se considera que ha ocurrido un cambio significativo en el comportamiento del proceso, cuando se cumple alguna de las siete pruebas siguientes.
 - Prueba 1. Un punto fuera de los límites de control.
 - Prueba 2. Dos de tres puntos consecutivos muy pegados al LCS.
 - Prueba 3. Cuarto de cinco puntos consecutivos muy pegados al LCI.
 - Prueba 4. Ocho puntos consecutivos de un solo lado de la Línea Central.

Esta cuarta prueba, es muy importante cuando se aplica a una carta de atributos. Aquí, si los ocho puntos consecutivos se dan por debajo de la Línea Central, entonces se ha producido una reducción definitiva del nivel promedio de piezas defectuosas que generaba el proceso; todo lo contrario se afirmará si las ocho observaciones se registran por encima de la Línea Central.

- Prueba 5. Seis puntos consecutivos ascendentes o descendentes.

Si ello ocurre no hay dudas que se está en presencia de un comportamiento no aleatorio y por tanto, ante un proceso que puede estar afectado por alguna causa especial de variación.

- Prueba 6. Catorce puntos consecutivos alternando entre altos y bajos.
- Prueba 7. Quince puntos consecutivos concentrados alrededor de la línea central.

Cuando alguna de las siete pruebas anteriores es positiva, se afirma que el proceso está fuera de control estadístico; ello quiere decir que se ha detectado una causa especial de variabilidad, que ha afectado el rendimiento y la estabilidad del proceso.

Análisis del ejemplo:

Como se observan los puntos de la figura No.31, presentan un comportamiento en el cual se puede analizar lo siguiente:

- Es un proceso en estado controlado, debido a que ningún punto está fuera de los límites de control.
- No presenta puntos pegados a los límites laterales; por lo tanto, se sigue suponiendo que es un proceso controlado.
- Si se tienen 6 puntos consecutivos de forma descendente, lo que implica que se tiene presencia de un comportamiento no aleatorio y por lo tanto, ante un proceso que puede estar afectado por alguna causa especial de variación.

- Existe un punto en el límite de control central y por ende se supone que es el mejor parámetro para redactar el resultado del análisis.

3.4.2. Plantillas de recolección de datos

El objetivo principal, es el facilitar la tarea de recolección de información, evitando de esa manera la posibilidad de cometer errores, permitiendo un análisis rápido de la información.

Las plantillas de recolección de datos, ayudarán a controlar las variables del proceso del ensayo, llevando un control de los resultados, para estudiar la localización de los posibles errores o variaciones en los mismos.

Las plantillas tratan de recopilar datos que deben ser bastante confiables, para ser utilizados como información para seguidamente ponerlos en análisis y facilitar de esa manera las herramientas que nos brindarán las soluciones necesarias esperadas.

Las planillas deben diseñarse de tal modo que faciliten la recogida de datos y que puedan ser utilizadas por los analistas sin problema, ya que de ellos depende que el supervisor puede realizar un análisis confiable de los resultados.

A continuación, se presenta un modelo de plantilla para ser utilizada de forma fácil y que pueda llenar las expectativas de uso.

Tabla VII. Plantilla de recolección de datos.

Fecha					
Muestra n°	<i>Ensayo 1</i>	<i>Ensayo 2</i>	<i>Ensayo 3</i>	<i>Ensayo 4</i>	<i>Ensayo 5</i>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Suma					
Promedios					
Rangos					

Fuente: Investigación de campo.

Después del llenado de la plantilla, se obtienen los resultados los cuales serán útiles para la realización de las herramientas.

3.4.3. Variables críticas

Las variables críticas son aquéllas que causan un descontrol en el proceso y este se manifiesta insatisfactorio lo cual marca un error en el resultado, dañando la calidad de los mismos y provocando inconformidades en los clientes.

Las variables críticas parten de un indicador que informa la variabilidad de un proceso o que parte conociendo una razón, por la cual afecta un resultado; por ejemplo; en el caso de análisis de laboratorio, en el ensayo índice

de refracción un indicador puede ser la calibración del equipo y la variable crítica es la calidad de la calibración, porque si el equipo está con una calibración exacta, los resultados serán garantizados y no producirán variaciones en la calidad de los mismos.

Para seleccionar algunos indicadores, se necesita implantar algunos criterios que ayudarán a establecerlos de una manera eficiente:

Los siguientes criterios pueden ayudar en la definición de indicadores:

- Las variables críticas se establecen en base a un objetivo.
- Los indicadores utilizados deben estar claramente conectados con las variables críticas.
- Las variables críticas y los indicadores se deben definir de manera uniforme en el laboratorio.

Ejemplo:

Índice de Refracción

Objetivo	Calidad en los resultados
Variable Crítica	La eficiencia del analista
Indicador	Número de reclamos de los clientes

En ningún momento, es conveniente partir de un indicador para definir un objetivo.

Lo correcto es aclarar primero, cual es el objetivo buscado. La secuencia lógica, variable crítica, indicador. El proceso de definición de indicadores, requiere que se especifique con claridad qué medir, cómo medir, cuándo medir, fuente de la medición y responsable.

Los indicadores de las variables críticas son bastante utilizados en la mayoría de las empresas y son recomendados por muchas normas internacionales que sugieren la implementación de los mismos, porque la obtención produce beneficios a la organización y se espera tener claridad para cumplir el propósito por el cual fueron creados.

3.4.4. Análisis de resultados

El análisis de los resultados permite mantener a la organización en buen camino, asegurando que los procesos se hagan de la mejor manera, de acuerdo a las expectativas planteadas, evitando las fallas y los errores.

Para realizar un buen análisis de resultados, se inicia planteando estándares, ya que es una unidad de medida que sirve como modelo o patrón con base en el cual se efectúa el control de los resultados.

Si el control de los resultados, se puede fijar adecuadamente y existen medios disponibles para determinar exactamente que están haciendo los subordinados, la comparación de los resultados es bastante fácil. Al analizar los resultados en base a los estándares establecidos, se detectan desviaciones, las cuales se tienen que ir corrigiendo inmediatamente y establecer nuevos planes y procedimientos para que no se vuelvan a presentar.

Una vez corregidas las desviaciones, es necesario reprogramar el proceso de control con la información que se obtuvo que fuera la causa de los desvíos.

Para realizar un buen análisis de los resultados, se tienen que establecer estrategias para disminuir el número de fallas y errores. Para controlar esta situación de debe actuar en todas las áreas involucradas en el proceso y todas las actividades para mantenerlas en constante monitoreo.

Para un buen análisis de las actividades se deben listar y empezar a verificar el cumplimiento de las mismas.

- a) Control de los pedidos desde el momento de su requisición, hasta la llegada de la muestra.
- b) Evaluación de la cantidad y calidad especificadas de la muestra por el departamento solicitante.
- c) Determinación del punto de pedido y reorden.
- d) Comprobación de precios.

Se debe de tomar en cuenta que el análisis de los resultados conlleva lo citado en los ítems anteriores, ya que es muy importante tener este control de los innumerables aspectos, así como la presentación clara de estos.

La mayor parte de los clientes comprenden mejor los datos estadísticos, cuando se le presenta en forma gráfica, allí se representan mejor las tendencias y relaciones.

Puesto que ningún supervisor puede hacer nada con respecto al pasado, es esencial que los reportes estadísticos muestren tendencias, para que las personas que los observan puedan estimarla.

Esto significa que la mayor parte de los datos, cuando se presentan en gráficas, deben estar disponibles en promedios de tiempos para eliminar las variaciones debidas.

Se deben elaborar reportes para que faciliten el proceso de control, estudio de los datos que se arrojan y su comparación con otros reportes similares, ya que esto ayuda al supervisor en la toma de decisiones y a tener un mayor conocimiento del estado del laboratorio.

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN RESULTADOS DE ENSAYOS

El diseño e implementación del monitoreo consiste en incorporar una manera práctica y rápida para la descripción de los resultados, basándose en herramientas de programación que ayudan a resumir la secuencia de los pasos para el cálculo de los mismos y proporcionando de una manera exacta y rápida el resultado final.

4.1. Diseño de la herramienta estadística

Al observar la inconsistencia e inexactitud de los ensayos, se diseña un software que permita la agilización, presentación y exactitud de los resultados de los distintos ensayos, el cual proporcionará una mejora en la calidad de dichos reportes.

4.1.1. Descripción de la herramienta estadística

La herramienta, básicamente, consiste en un software que manipulará datos mediante técnicas estadísticas como: histograma, diagrama de dispersión, y gráficos de control, que actuarán de forma automática, mediante un lenguaje de programación que realizará el diseño y operará los datos ingresados.

Esta herramienta viene a facilitar el proceso de los resultados, ya que los datos se irán ingresando y automáticamente se presentará el informe en gráficos que describan el comportamiento del mismo, esto servirá para hacer un análisis más completo de las fluctuaciones, en los distintos parámetros de los resultados.

4.1.1.1. Partes de la herramienta estadística

Pantalla inicial: menú de presentación y de opciones que ejecutan los diferentes campos, para ingresar a las pantallas de ingreso de datos.

Pantalla de recolección de datos: son diferentes pantallas de acuerdo a cada una de las herramientas que recolectan los datos para ingresarlos al software, que manipulará los datos para presentarlos como resultados.

Resultados: muestra los informes formales en donde se incluye la herramienta como resultado, un membrete así como sus respectivas firmas.

Carpeta Resultados: es una parte fundamental del programa debido a que es el lugar de almacenamiento de los resultados.

4.1.2. Aplicación de la herramienta estadística

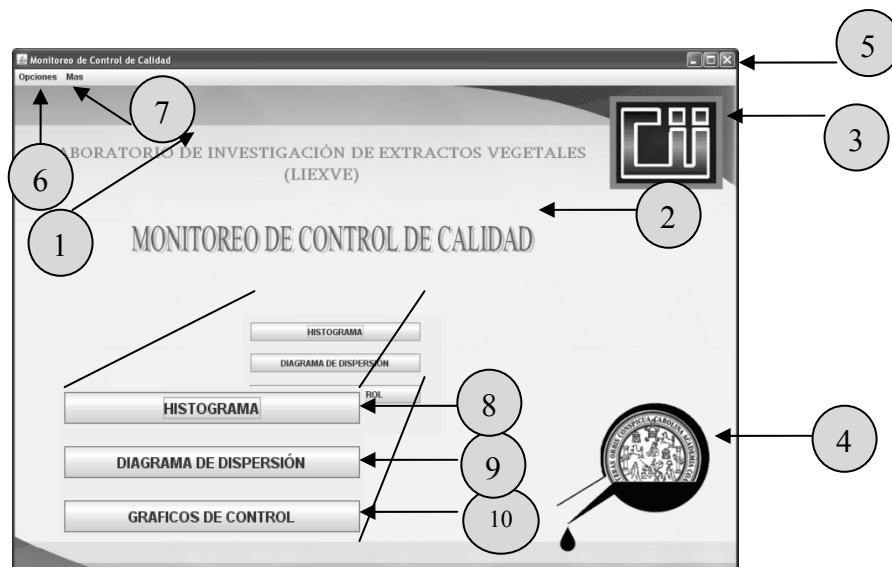
La aplicación de la herramienta se realizó en un lenguaje de programación llamado Java, que es un lenguaje con el cual se puede realizar cualquier aplicación, ya que es un programa con lenguaje independiente de la plataforma y podrá funcionar en cualquier ordenador, pues anteriormente se hacía un programa para cada sistema operativo.

Java cada vez es más evolutivo, debido que ahora no solo ve distintos tipos de dispositivos, también ve ordenadores móviles, agendas, etc.

Requisitos del equipo:

- Poseer Windows XP o Vista
- Instalar el software Java
- Instalar Java JRE
- Crear una carpeta en el disco duro "C" con el nombre de Reportes.

Figura No. 32 Descripción de la pantalla principal.



Fuente: Investigación de campo.

1. Nombre del laboratorio LIEXVE
2. Nombre del sistema
3. Logotipo del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
4. Logotipo de la Facultad de Ingeniería Química
5. Icono de salir del sistema: Presionar este botón para salir del programa.

6. Menú de opciones: En este menú se puede seleccionar las mismas opciones que se tienen en los numerales 8, 9, 10 y se tiene la opción salir.
7. Opción más: Es una parte de la ventana utilizado por los creadores para enfatizar los créditos.
8. El botón histograma introduce al usuario a la ventana de ingreso de datos para generar la herramienta.
9. El botón diagrama, de dispersión lleva al usuario a ingresar los datos para generar la herramienta.
10. El botón gráfico de control introduce al usuario a generar el grafico.

4.1.2.1. Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos lo hará el lenguaje de programación Java, quien se encarga de realizar un análisis y procesamiento de los datos ingresados para presentarlos ya como resultados.

A) Histograma

Al inicio en el capítulo 3, sección 3.4.1.1, se explicó la realización de la herramienta llamada Histograma, basándose en varias tablas de datos ordenados, donde se calcula el rango que es el valor máximo menos el valor mínimo, el número de clases, la longitud de clase y al final se llegó a una tabla de frecuencias que servirán para presentar los resultados en forma gráfica.

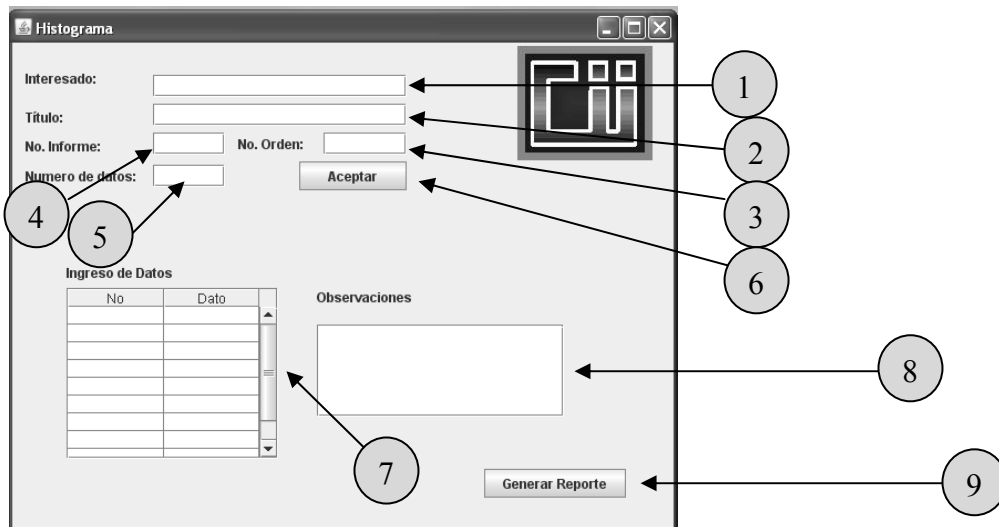
Teniendo esta descripción empezó a dar forma al lenguaje, utilizando códigos que manipularán los datos y realizarán cálculos internos que describieran al final los resultados.

Después de conocer la pantalla inicial, se presentan las ventanas de ingreso de datos.

Histograma:

Los campos presentados en esta ventana, ingresarán los datos para utilizarlos y generar la herramienta.

Figura No. 33 Cuadro ingreso de datos de histograma.



Fuente: Investigación de campo.

1. Interesado: Este campo ingresará el dato del cliente a quien está dirigido el reporte.
2. Titulo: Este campo ingresa el nombre del ensayo a quien pertenece el reporte.
3. No. de orden: El dato ingresado en este campo, es el número correlativo de control de informes propios del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

4. No. de informe: Este dato es propio del laboratorio para su control de correlativo.
5. Número de datos: Este campo es bastante importante, porque se introduce la cantidad de resultados que el programa analizará, se toma en cuenta que después de ingresar este número se habilitarán las casillas del campo siete.
6. Aceptar: Después de realizar la selección de los campos anteriores, presionar esta opción para habilitar el siguiente campo.
7. En este campo se introducen los resultados que se llevan a análisis, es el campo más importante para ingreso de datos.
8. Observaciones: Este campo es para cualquier comentario recomendación o justificación del informe.
9. Generar Reporte: Al presionar esta opción se generara la herramienta como informe.

Nota: después de agregar el último dato en el campo cinco presionar enter, de lo contrario le aparecerá un mensaje de error.

B) Diagrama de dispersión:

Para realizar y procesar los datos del diagrama de dispersión se utiliza la siguiente ventana:

Figura No. 34 Cuadro ingreso de datos diagrama de dispersión.

The screenshot shows a software interface for data entry. At the top, there are fields for 'Interesado', 'Titulo', 'No. Informe', and 'No. Orden', each with a corresponding callout number (1-4). Below these are 'Campos' (Campo 1, Campo 2) and 'No. de datos' fields (callout 5-6). A button labeled 'Aceptar' is present (callout 7). The main section is 'Ingreso de Datos', featuring a table with columns 'No.', 'Campo 1', and 'Campo 2'. Below the table is a 'Valores * 10 E' dropdown menu (callout 9). To the right of the table is an 'Observaciones' text area (callout 10). At the bottom right, there is a 'Generar Reporte' button (callout 11). A small icon of a scatter plot is visible in the top right corner of the window.

Fuente: Investigación de campo.

1. Interesado: Nombre del cliente.
2. Titulo: Nombre del ensayo.
3. No. de informe: Para uso del Centro de Investigaciones
4. No. de orden: Para uso del laboratorio.
5. Campo 1(X) y campo 2 (Y): Nombre de las variables X y Y para facilitar el análisis del grafico.
6. No. de datos: Número de resultados que analiza el programa.
7. Aceptar: Este botón habilita los campos siguientes.
8. Ingreso de Datos: Ingresar los datos en los diferentes campos, en No. ingresar el numeral correlativo, en campo uno ingresar el dato de la variable X, y en campo dos ingresar el dato de la variable Y.

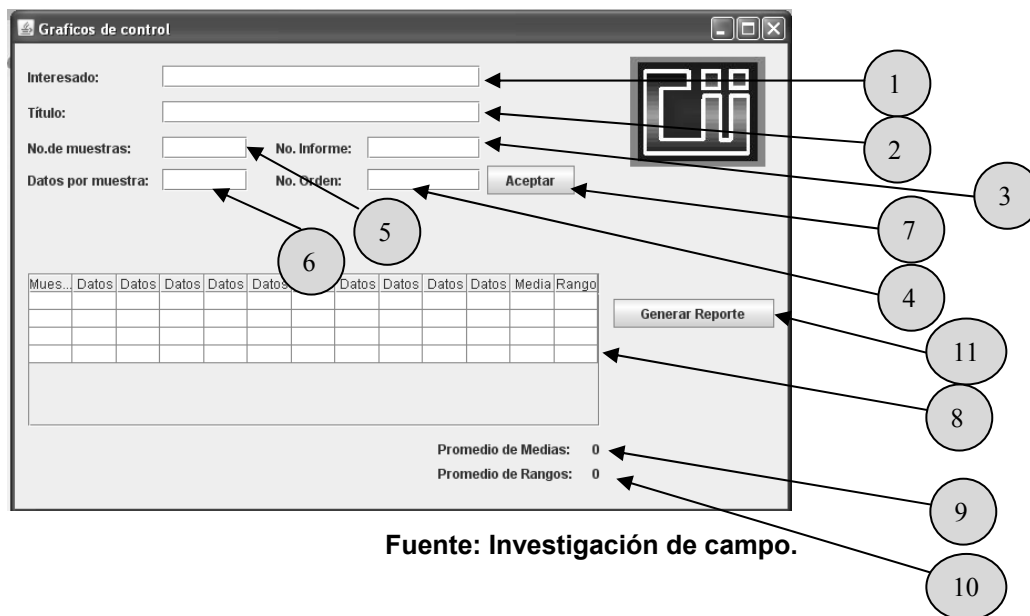
9. Valores*10E() = Es una notación científica que ayuda a expresar las cantidades muy pequeñas o grandes en pocas cifras significativas, debido a que la mayoría de los resultados de los distintos ensayos son demasiado pequeños, por lo tanto si se toman tal como son, los gráficos no se identificarán.
10. Observaciones: Este campo es necesario para cualquier observación o justificación que deba quedar plasmado en el grafico.
11. Generar Reporte: Seleccionar esta opción y automáticamente se generará el grafico.

Nota: después de agregar el último dato en el campo cinco presionar enter, de lo contrario aparecerá un mensaje de error.

C) Gráficos de control:

La siguiente plataforma presenta diferentes campos que al llenarse generarán los gráficos de control para detallar el reporte de los resultados.

Figura No. 35 Cuadro ingreso de datos Gráficos de Control.



Fuente: Investigación de campo.

1. Interesado: Nombre del cliente.
2. Título: Nombre del ensayo
3. No. de informe: Para uso del Centro de Investigaciones
4. No. de orden: Para uso del laboratorio.
5. No. de Muestras: Se necesita saber el número de muestras para realizar el grafico, pueden ser varias muestras del mismo tipo.
6. Datos por muestra: Sabiendo el número de muestra del campo anterior, en este campo se especifica el número de datos por cada muestra que se analizará.
7. Aceptar: Este botón habilita los campos siguientes.
8. Tabla de ingreso: Esta tabla almacena los datos de las diferentes muestras asignadas, la tabla calculará automáticamente el rango y la media de los datos.
9. Promedio de medias: Es el resultado del promedio de la sumatoria de la columna de medias.
10. Promedio de rangos: Muestra el resultado del promedio de la sumatoria de la columna de rangos.

4.1.2.2. Manipulación estadística de los datos

La manipulación de los datos consiste, de como el lenguaje de programación va enlazando diversos códigos que trabajarán de forma interna, en base a lo establecido en el capítulo tres, de tal manera, en lugar que se estén efectuando las formulas cada vez que se haga un ensayo, el lenguaje lo realizará de forma automática, esto ayudará para la rapidez y precisión en la presentación de los resultados de cada uno de los ensayos.

Para saber la manipulación interna del software, se dará una breve descripción de la secuencia de los pasos y se mostrarán de acuerdo a cada una de las herramientas a utilizar.

A) Histograma:

Con los códigos siguientes se hace recorrer la tabla de valores iniciales y se insertan en el arreglo de variables denominado "valor", recorriendo la tabla desde el valor $i=0$ hasta $i \leq (n-1)$

Siguiendo un esquema programable de esta forma:

Para calcular el tamaño de la muestra conforme el paso cuatro de la realización del histograma, se realiza de la siguiente manera:

Tabla VIII. Lenguaje de programación para elaboración de histograma:

```
for (int i=0; i<=(n-1); i++){
valor[i+1]=Integer.parseInt(jTable1.getValueAt(i,1).toString());

int mayor=calculaMayor(); //se calcula el valor mayor con la función
calculaMayor() y se asigna a "mayor"
int menor=calculaMenor(); // se calcula el valor menor con la función
calculaMenor() y se asigna a "menor"
int R=calculaR(mayor,menor); // se calcula R con la función calcula R() y se
asigna a R
int c=calculaC(n); // se calcula c con la función calcula C, enviando n
como parámetro para calcularla
double L= calculaL(R,c); // se calcula L enviando como parámetros R y c. Se
asigna el resultado a "L"
double I= calculaI(L,R,c); // se calcula I enviando como parámetros L,R y c. Se
asigna el resultado a "I"
generarTabla(menor,I,c); //se genera la tabla de frecuencias. Parámetros:
menor, I, c.
generarChart(c,jTextField1.getText()); //se genera el grafico
private double calculaI(double L, double R, double c) {
```

```

double l=Math.round((R+1)/c); // redondear (R+1)/c, eso se mete en l y se
retorna el valor.
return l;
private int calcula C(int tamaño) {
int c=0;
if(tamaño<50){ //dependiendo el tamaño de la muestra es el valor de c.
c=6;
else if(tamaño<100){
c=8;
else if(tamaño<250){
c=10;
else{
c=15;
return c;
}
}
}
}
}

```

Fuente: Investigación de campo.

B) Diagrama de dispersión:

Este lenguaje de programación manipula los datos ingresados en la tabla, encontrando valores máximos y mínimos; así como, elaborando el gráfico, debiendo calcular el coeficiente de correlación de la siguiente manera: Para calcular $S(XX)$, según la fórmula, se hace una sumatoria de cuadrados de X_i , la cual está representada por la variable A, menos la sumatoria de X_i al cuadrado, la cual está representada por la variable B dividido entre el número de datos representados por la variable n.

Entonces se puede observar en la línea $SXX = A - (B/n)$ que se aplica la fórmula, pero para no hacerla tan difícil se fue calculando por tramos, A,B. Se muestra el cálculo de cada una de las variables y las funciones que realizan los cálculos.

Al igual se hace para $S(YY)$ y $S(XY)$ se fue separando por pedazos y se realiza la operación, también se muestran las funciones para calcular cada uno de los tramos en la parte de abajo.

Al final se da el cálculo de r , el cual era $S(XY) / \text{raíz}(SXX \cdot SYY)$, el cual también se muestra como se calcula.

Tabla IX. Lenguaje de programación para elaboración diagrama de dispersión:

```
double calculaA(double[] valor, int n, int exp){
double suma=0;
int div=calcExp(exp);
for (int i=1; i<=n; i++){
    suma = suma + Math.pow(valor[i]/div,2);
System.out.printf("A=%f\n",suma);
return suma;
double calculaB(double[] valor, int n, int exp){
double suma=0;
double cuadrado=0;
    suma=sumaVector(valor,n,exp);
    cuadrado=Math.pow(suma,2);
    System.out.printf("B=%f\n",cuadrado);
return cuadrado;
double calculaC(double[] tiempo, int n)
double suma=0;
for (int i=1; i<=n; i++){
suma = suma + Math.pow(tiempo[i],2)
System.out.printf("C=%f\n",suma);
return suma;
double calculaD(double[] tiempo, int n) {
double suma=0;
double cuadrado=0;
    suma=sumaVector(tiempo,n,1);
    cuadrado=Math.pow(suma,2);
    System.out.printf("D=%f\n",cuadrado);
return cuadrado;
double sumaVector(double[] valor, int n, int exp){
double suma=0;
int div = calcExp(exp);
    for (int i=1; i<=n; i++){
        suma = suma + valor[i]/div;
    System.out.printf("Suma=%f\n",suma);
```

```

return suma;
double sumatoriaXY(double[] valor, double[] tiempo, int n, int exp){
double suma=0;
int div = calcExp(exp);
for (int i=1; i<=n; i++)
suma = suma + (valor[i]*tiempo[i])/div;
System.out.printf("SumaXY=%f\n",suma);
return suma;

```

Fuente: Investigación de campo.

C) Gráficos de control:

A partir de los datos ingresados en la plataforma, este lenguaje realiza diferentes procedimientos para calcular los resultados, que se necesitan para elaborar estos gráficos, debiendo también elaborar cálculos de límites de control que posteriormente serán graficados.

Tabla X. Lenguaje de programación para elaboración de gráficos de control:

Con este ciclo for se calcula la media de los valores y se busca el menor y mayor de cada fila, así como también se calcula el rango.

```

for (i = 1; i <= N; i++) {
media[i] = calcMedia(valor[i], n);
menor = calcMenor(valor[i], n);
mayor = calcMayor(valor[i], n);
rango[i] = mayor - menor;
jTable1.setValueAt(String.valueOf(media[i]), i - 1, n + 1);
jTable1.setValueAt(String.valueOf(rango[i]), i - 1, n + 2);

```

X = calcMedia(media, N);/se calcula la media de las medias y se introduce en X
R = calcMedia(rango, N); /se calcula el promedio de rangos y se introduce en R
//dependiendo el valor de n, se asigna valores a A sub 2 y a D sub 4.

```

if (n == 2)
A2 = 1.88;
D4 = 3.27;

```

```

if (n == 3)
    A2 = 1.02;
    D4 = 2.57;
if (n == 4)
    A2 = 0.73;
    D4 = 2.28;
if (n == 5)
    A2 = 0.58;
    D4 = 2.11;
//calculo de límites de control para MEDIAS
double LCS = X + A2 * R; //se calcula el LCS según la formula
double LCC = X; // se calcula el LCC según la formula
double LCI = X - A2 * R; //se calcula el LCI según la formula
//calculo de límites de control para RANGOS
double LCS2 = D4 * R; //se calcula LCS según la formula
double LCC2 = R; //se calcula LCC según la formula
double LCI2 = D3 * R; //se calcula LCI según la formula
//ahora se manda a generar el grafico, enviando como parámetros todos los
LIMITES y demás datos a graficar.
miChart3 gráfico = new miChart3();
gráfico. Generar Chart(media, rango, N, jTextField2.getText(),
TextField1.getText(), jTextField5.getText(), jTextField6.getText

```

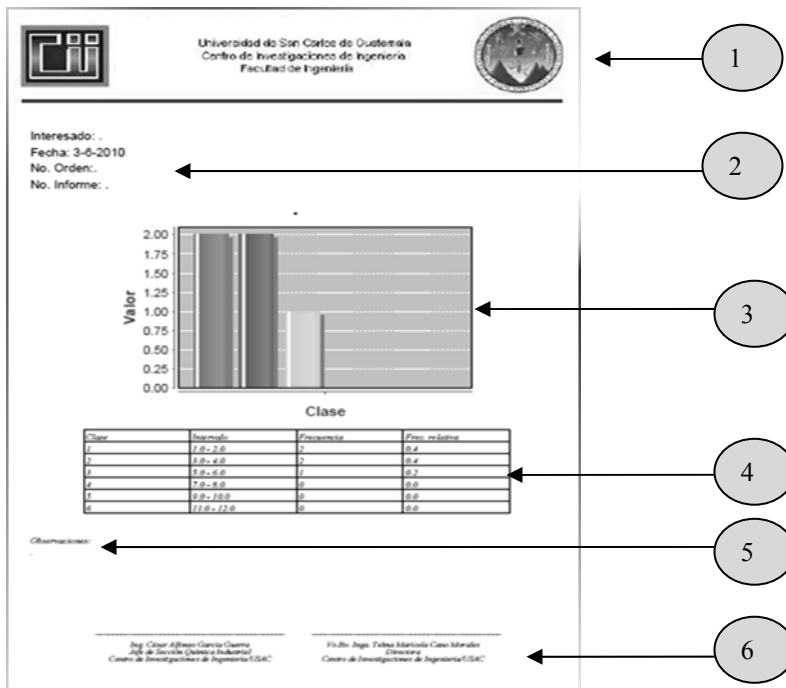
Fuente: Investigación de campo.

4.1.3. Presentación de resultados

Después de haber ingresado los datos, el programa procede a generar los gráficos, cuya estructura es la siguiente:

A) Histograma:

Figura No. 36 Informe de resultados de histograma.



Fuente: Investigación de campo.

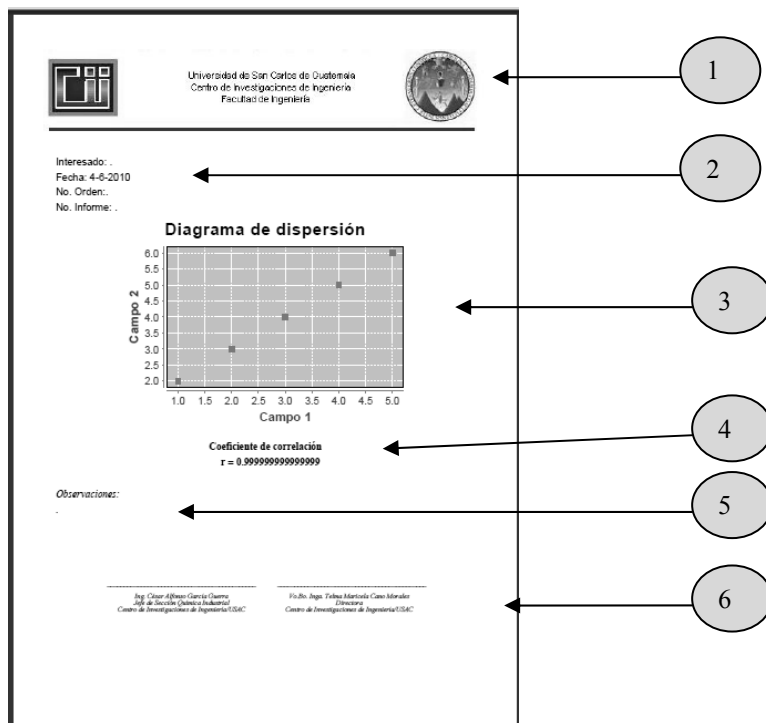
1. Membrete: Posee información y logotipos del Centro de Investigaciones de Ingeniería y de la Universidad de San Carlos.
2. Encabezado: Muestra los campos de interesado, fecha, número de orden y número de informe.
3. Histograma: Demuestra el gráfico que es el resultado del procesamiento de datos realizado por el software.
4. Tabla de frecuencias: Presenta la tabla de frecuencias automáticamente que se utiliza para generar los intervalos de clase que generan el gráfico.
5. Observaciones: Exhibe las observaciones escritas a la hora de ingresar datos.

- Firmas: Muestra los campos donde firmarán el director de escuela y el jefe de sección.

B) Diagrama de dispersión:

La estructura del grafico es la siguiente:

Figura No. 37 Informe de resultados de diagrama de dispersión.



Fuente: Investigación de campo.

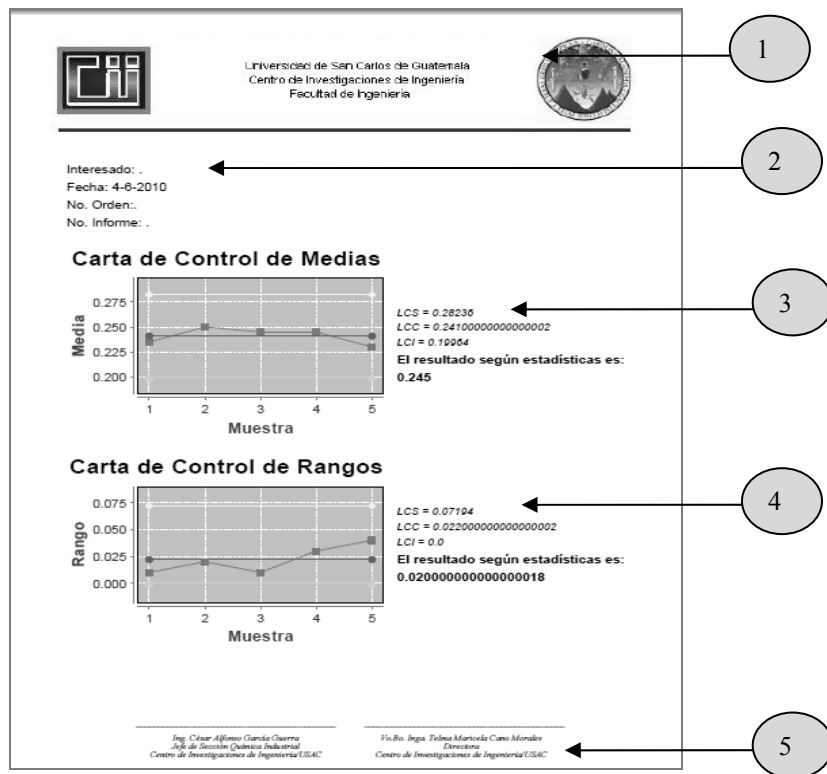
- Membrete: Posee información y logotipos del Centro de Investigaciones de Ingeniería y de la Universidad de San Carlos.
- Encabezado: Muestra los campos de interesado, fecha, número de orden y número de informe.
- Diagrama de dispersión: Presenta el gráfico de dispersión después de haber manipulado los datos.

4. Coeficiente de correlación: Este coeficiente es una variable muy importante para el análisis.
5. Observaciones: Campo muy importante utilizado para justificaciones o recomendaciones.
6. Firmas: Muestra los campos donde firmarán el director de escuela y el jefe de sección.

C) Gráficos de control:

Seguidamente de haber procesado los datos el programa gráfica el resultado de los mismos, de la siguiente manera:

Figura No. 38 Informe de resultados de diagrama de gráficos de control.



Fuente: Investigación de campo.

1. Membrete: Posee información y logotipos del Centro de Investigaciones de Ingeniería y de la Universidad de San Carlos.
2. Encabezado: Muestra los campos de interesado, fecha, número de orden y número de informe.
3. Carta de control de medias: Gráfico que demuestra un comportamiento de los resultados, presentando límites de control superior, inferior y central, así como un resultado sugerido que es el punto más cercano al límite de control central.
4. Carta de control de rangos: Gráfico de control que complementa el resultado, demostrando un comportamiento de los resultados y definiendo una variable como respuesta del mismo.
 - a. Firmas: Muestra los campos donde firmarán el director de escuela y el jefe de sección.

4.2. El papel de la herramienta estadística de control

La herramienta estadística posee un papel muy importante, debido a que la aplicación constituye una mejora en la calidad de todos los procesos, designación de resultados más verídicos comprobados, mediante estudios que la estadística descriptiva a delegado.

La herramienta en su aplicación posee un fin particular, que es la facilidad del empleo de las herramientas, que como parte de una automatización de los procedimientos le será muy atractiva la utilización de los mismos, aparte de las mejoras que estará brindando al usuario.

4.3. Exposición del programa

Se aplicaron algunas herramientas de calidad, como estrategia de diagnóstico en el laboratorio de extractos vegetales del Centro de Investigaciones de Ingeniería, que posee problemas con los resultados de los ensayos de índice de refracción y densidad.

Los resultados demostraron que los mayores problemas de calidad a nivel de fallas con respecto al total producido, estaban en el análisis de los resultados y en el monitoreo de los mismos, debido a que no existe un control de los procesos. Tomando en cuenta esta situación, se elabora el siguiente software que como una herramienta estadística propondrá resultados, que al analizarlos brindará calidad al proceso y prestigio al laboratorio.

En la exposición del programa, se notará como dándole forma el lenguaje utilizado anteriormente tiene resultados sorprendentes y fáciles de utilizar.

4.3.1. Asignación de hojas de control

Las hojas de control ayudarán a la recolección de los datos, mediante la anotación y registro de la frecuencia de los resultados, para identificar la categoría y tener un registro claro en una hoja formal.

El propósito de la utilización de las hojas, es el obtener datos verídicos y confiables, ya que son los que se introducirán en el análisis.

Las partes que contiene la hoja de control, que se utilizará para la recogida de datos es la siguiente:

Figura No. 39 Hoja de control.

The image shows a control sheet form titled "Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)" and "HOJA DE CONTROL". It includes fields for "Ensayo:", "Fecha:", "Analista:", "Muestra:", and "Ensayo:". Below these is a section for "Cálculos:". At the bottom is a table titled "Hoja de control de resultados de ensayo:" with columns for "No. de muestra" (1-10) and rows for "1", "2", "3", and "Total". The form is annotated with four numbered callouts: 1 points to the header area, 2 points to the identification fields, 3 points to the calculations area, and 4 points to the results table.

Fuente: Investigación de campo.

1. Membrete: contiene los logotipos del Centro de Investigaciones y de la Universidad de San Carlos.
2. Encabezado: Contiene el nombre del ensayo, fecha, analista y muestra, estos campos son muy utilizables, ya que ayudan a identificar el ensayo.
3. Cálculos: Se deja un espacio considerable para cualquier cálculo necesario.
4. Tabla de resultados: Es una tabla de ingreso de datos, que almacena los resultados de diferentes muestras para un ensayo.

4.3.2. Demostración del modelo a utilizar

El modelo se basa en una estructura, en donde se tendrá una plantilla de inicio que tendrá diferentes opciones de elección, se seleccionará una opción y seguidamente ingresará a la siguiente plantilla de ingreso de datos, teniendo diferentes resultados que se deberán ingresar para su manipulación y luego desplegar un resultado gráfico que se guardará en una carpeta específica.

A continuación, se presenta el modelo de forma gráfica y describiendo cada paso para su aplicación.

4.3.2.1. Forma de uso

El uso del programa exige diferentes requisitos para su aplicación, a continuación, se presentan varios pasos que ayudarán a ejecutar el programa.

Figura No. 40 Pantalla principal.



Fuente: Investigación de campo.

Para utilizar el programa solo realizar lo siguiente:

- Ingresar a la aplicación
- Seleccionar la opción ocho, nueve ó diez según lo que desee hacer, también se puede seleccionar desde la opción seis, donde le aparecerán las mismas opciones.
- Para salir, seleccionar la opción cinco o ir a la opción seis, donde le aparecerá la opción salir.

Seguidamente, se presentarán ejemplos de la utilización del programa, para su fácil aprendizaje.

4.3.2.2. Ingreso de datos

Para saber como funciona el llenado de las tablas, se proponen ejemplos para su correcta utilización. Se trabajarán con dos ensayos, el de densidad e índice de refracción, los resultados de densidad, son datos de las densidades promedio de las soluciones binarias de glicerol biodiesel a las dos temperaturas analizadas.

Ensayo de Densidad:

Tabla XI. Datos de las densidades promedio de las soluciones binarias de glicerol-biodiesel a las dos temperaturas analizadas

Concentración Nominal (% en peso)	Densidad (g/ml)	
	T = 10 ± 5 °C	T = 25 ± 5 °C
0	0.9095	0.9019
0.25	0.9111	0.9034
0.50	0.9126	0.9051
1	0.9141	0.9063
2	0.9172	0.9097

3	0.9203	0.9132
5	0.9215	0.9178
6	0.9225	0.9217
8	0.9249	0.9231
10	0.9289	0.9230

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

A) Histograma

Para realizar el histograma, se introduce la información requerida en los diferentes campos, interesado, título, número de informa, número de orden, número de datos, en este último campo, se introduce diez, que es el total de datos de una de las muestras. Seguidamente, se ingresan los datos en la tabla, después de ingresar el último dato, se presiona enter de manera que no genere error. Para finalizar en las observaciones, se escriben justificaciones o algún comentario, para generar reporte.

Figura No. 41 Cuadro de ingreso histograma, Ensayo de Densidad.

The screenshot shows a software interface for entering histogram data. At the top, there are input fields for 'Interesado' (Tesista), 'Título' (Ensayo de Densidad), 'No. Informe' (1), 'No. Orden' (1), and 'Numero de datos' (10). An 'Aceptar' button is next to the 'Numero de datos' field. Below this is a table titled 'Ingreso de Datos' with 10 rows and two columns: 'No.' and 'Dato'. The 'Dato' column contains the following values: 9095, 9111, 9126, 9141, 9172, 9203, 9215, 9225, 9249, 9289. To the right of the table is an 'Observaciones' field containing the text 'Datos 10E-4'. At the bottom right of the window is a 'Generar Reporte' button.

Fuente: Investigación de campo.

B) Diagrama de dispersión:

Para introducir los datos, se sigue la misma secuencia inicial anterior, con la diferencia que esta tabla presenta dos campos: una para variable X y otra para la variable Y, en este caso X= temperatura y Y= concentración nominal. Se introduce el total de los datos y se selecciona aceptar, se llenan los campos de la tabla y se especifica la notación científica, por último generar reporte.

Figura No. 42 Cuadro de ingreso diagrama de dispersión, Ensayo de Densidad.

No.	T=10+-5°C	Concentracion ...
1	9095	0
2	9111	0.25
3	9126	0.5
4	9141	1
5	9172	2
6	9203	3
7	9215	5
8	9225	6
9	9249	8

Fuente: Investigación de campo.

C) Gráficos de control:

Para llenar los campos de ingreso de datos de este gráfico, siguiendo las mismas instrucciones de las casillas iniciales, pero de igual manera que la tabla anterior, se tienen dos campos: uno es para el número de muestras y el otro

para los datos por muestra, al conocer este aspecto se decide llenar la tabla con los datos obtenidos.

Figura No. 43 Cuadro de ingreso gráficos de control, Ensayo de Densidad.

The screenshot shows a software interface for control charts. It includes input fields for 'Interesado: Teista', 'Título: Ensayo de densidad', 'No. de muestras: 9', 'No. Informe: 1', 'Datos por muestra: 2', and 'No. Orden: 1'. There is an 'Aceptar' button. Below these fields is a table with the following data:

Muestra	datos	datos	Media	Rango
1	9095	9019	9057.0	76.0
2	9111	9034	9072.5	77.0
3	9126	9051	9088.5	75.0
4	9141	9063	9102.0	78.0
5	9172	9097	9134.5	75.0
6	9203	9132	9167.5	71.0
7	9215	9178	9196.5	37.0
8	9226	9217	9221.5	9.0

Below the table, there are summary statistics: 'Promedio de Medias: 9142.166666666666' and 'Promedio de Rangos: 57.22222222222222'. A 'Generar Reporte' button is also visible.

Fuente: Investigación de campo.

Índice de Refracción:

Se inicia con una serie de pasos que conforman la muestra. Para esto se tomaron dos muestras de 6 datos cada una que corresponden al índice de refracción de **40 ml de biodiesel con 10% de glicerol, con agitación constante a 300 rpm y durante un tiempo de 25 minutos a la temperatura de $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$** , en el cual se utilizó un refractómetro marca Abbe.

Tabla XII. Índices de refracción obtenidos para las distintas relaciones biodiesel/agua.

Volumen agua (ml)	Relación Biodiesel: Agua	Índice de refracción Fase agua	Índice de refracción Fase biodiesel
2	20:1	1.4595	1.4595
4	10:1	1.3785	1.4595
8	5:1	1.3447	1.4595
10	2.5:1	1.3362	1.4595
13	1.25:1	1.3361	1.4595
15	1:1	1.3360	1.4595

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

A) Histograma:

Para el llenado del cuadro, se sigue el mismo procedimiento que el histograma del Ensayo de Densidad.

Figura No. 44 Cuadro de ingreso de histograma, Ensayo de Índice de Refracción.

Interesado:

Título:

No. Informe: No. Orden:

Numero de datos:

No.	Dato
1	14595
2	13785
3	13447
4	13362
5	13361
6	13360

Observaciones:

Fuente: Investigación de campo.

B) Diagrama de dispersión:

Para el llenado del cuadro, se sigue el mismo procedimiento que el diagrama de dispersión del Ensayo de Densidad.

Figura No. 45 Cuadro de ingreso diagrama de dispersión, Ensayo de Índice de Refracción.

The screenshot shows a software window titled "Diagrama de dispersión" with the following fields and data:

Interesado: Tesista
Título: Ensayo de Índice de Refracción
Campos: fracción de agua, No. Informe: 1, Volumen de Agua, No. Orden: 1
Numero de datos: 6
Aceptar

Ingreso de Datos

No.	Índice de refracci...	Volumen de Agua
1	14595	2
2	13785	4
3	13447	8
4	13362	10
5	13361	13
6	13360	15

Observaciones

Generar Reporte

Valores * 10 E -4

Fuente: Investigación de campo.

C) Gráfico de control:

Para el llenado del cuadro siguiente, se sigue el mismo procedimiento que los gráficos de control del Ensayo de Densidad.

Figura No. 46 Cuadro de ingreso gráficos de control, Ensayo de Índice de Refracción.

The screenshot shows a software window titled "Gráficos de control". It contains several input fields for data entry:

- Interesado:** Teista
- Título:** Ensayo de Índice de Refracción
- No. de muestras:** 6
- No. Informe:** 1
- Datos por muestra:** 2
- No. Orden:** 1

There is an "Aceptar" button next to the "No. Orden" field. A logo is visible in the top right corner of the window. Below the input fields is a table with the following data:

Muestra	datos	datos	Media	Rango
1	14595	14595	14595.0	0.0
2	13795	14595	14190.0	810.0
3	13447	14595	14021.0	1148.0
4	13362	14595	13978.5	1233.0
5	13361	14595	13978.0	1234.0
6	13360	14595	13977.5	1235.0

Below the table, there are two summary statistics:

- Promedio de Medias:** 14123.333333333334
- Promedio de Rangos:** 943.3333333333334

A "Generar Reporte" button is located to the right of the table.

Fuente: Investigación de campo.

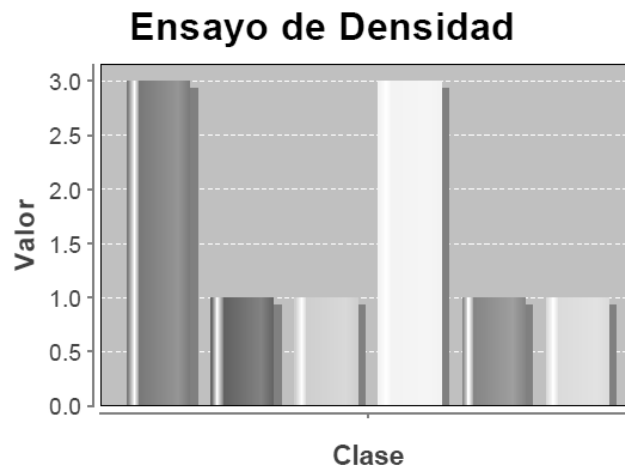
4.1.2.3. Lectura de gráficos

La lectura e interpretación de los gráficos, demuestran el estudio de la relación entre las variables, las secuencias de los resultados de los ensayos y los puntos clave que demuestran si el ensayo esta controlado, de esta manera se obtiene un diagnóstico que redacta las conclusiones e informes de control.

Ensayo de Densidad

Histograma:

Figura No. 47 Histograma, Ensayo de Densidad.



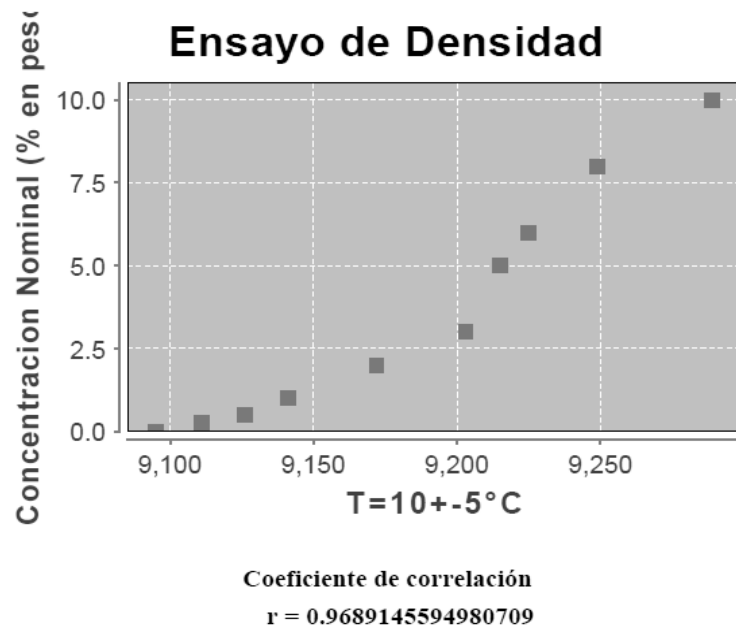
Clase	Intervalo	Frecuencia	Frec. relativa
1	9095.0 - 9128.0	3	0.3
2	9129.0 - 9162.0	1	0.1
3	9163.0 - 9196.0	1	0.1
4	9197.0 - 9230.0	3	0.3
5	9231.0 - 9264.0	1	0.1
6	9265.0 - 9298.0	1	0.1

Fuente: Investigación de campo.

Según los resultados, se presenta una variación doble pico o distribución bimodal, porque presenta una abertura en el centro y dos picos en ambos lados, en esta variación por lo general se asume la existencia de datos de dos procesos diferentes, por lo tanto dos distribuciones normales.

Diagrama de dispersión:

Figura No. 48 Diagrama de dispersión, Ensayo de Densidad.



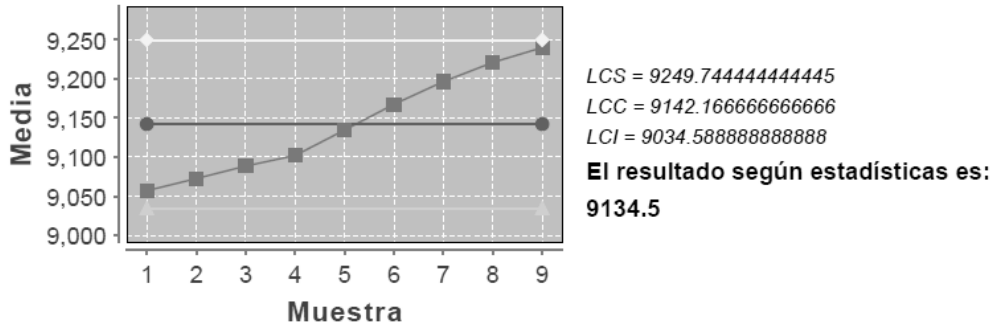
Fuente: Investigación de campo.

Como se observa, la variación de los punto posee una correlación positiva; por lo tanto, el proceso permanece constante, también presenta una correlación cercano a uno, lo que indica que los puntos cada ves se acercan a formar una línea, para tener un proceso uniforme.

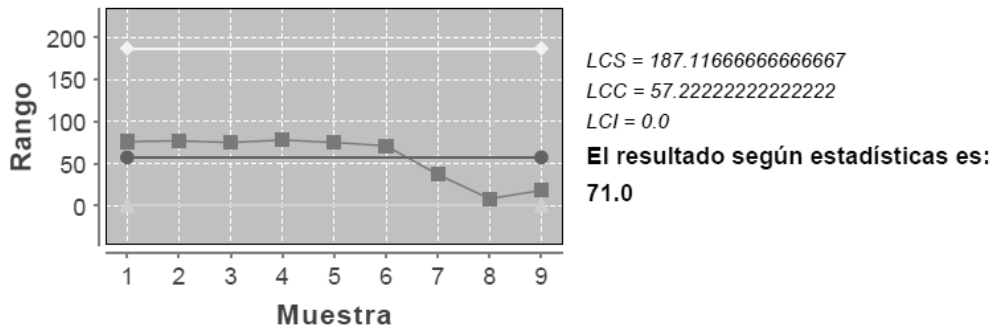
Gráficos de control:

Figura No. 49 Gráficos de control, Ensayo de Densidad.

Carta de Control de Medias



Carta de Control de Rangos



Fuente: Investigación de campo.

Se presentan un comportamiento, en el cual se puede analizar lo siguiente:

- Es un proceso en estado controlado, debido a que ningún punto está fuera de los límites de control.
- Presenta puntos pegados a los límites laterales; por lo tanto, se supone que hubo un cambio significativo en el proceso, pero sigue siendo controlado.

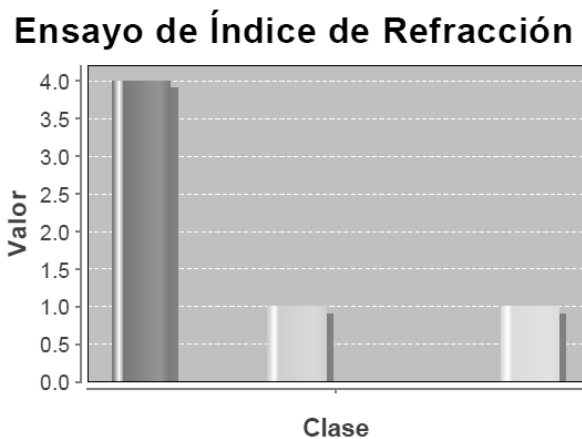
Existe un punto que se acerca mas al límite de control central y por ende se supone que es el mejor parámetro para redactar el resultado del análisis.

Resultados del Ensayo de Índice de Refracción:

Índice de Refracción

Histograma

Figura No. 50 Histograma, Ensayo de Índice de Refracción.



Observaciones:
Datos 10E-4

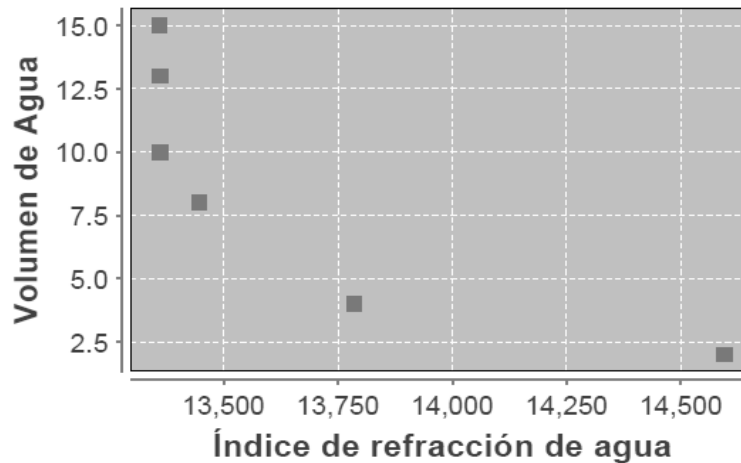
Fuente: Investigación de campo.

Este resultado presenta un comportamiento cortado en uno de los extremos, se refiere a resultados con distribución normal, pero se deduce que parte de los resultados se han eliminado o han sufrido una variación marcada.

Diagrama de dispersión:

Figura No. 51 Diagrama de dispersión, Ensayo de Índice de Refracción.

Ensayo de Índice de Refracción



Coefficiente de correlación

$$r = -0.8295958477300526$$

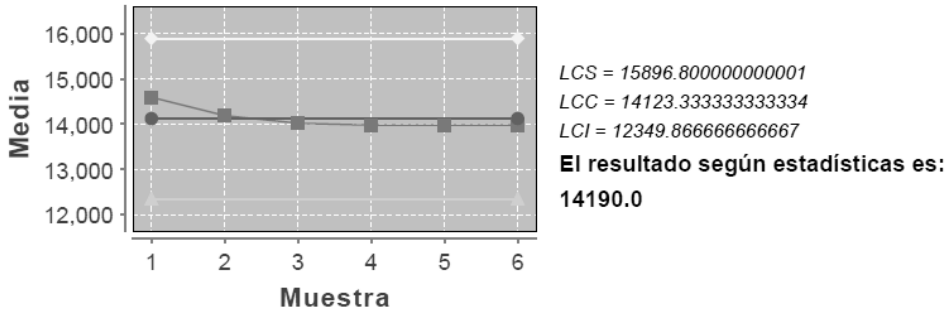
Fuente: Investigación de campo.

En base a los resultados, se presenta una correlación negativa, por lo que manifiesta cierto descontrol en el proceso y una r negativa que se va alejando de uno que no marca una relación lineal, sino se va descomponiendo en una curva que afirma que el proceso sufre una variación.

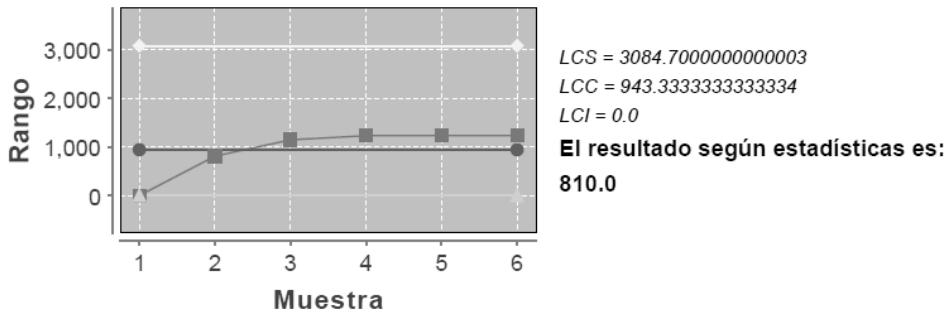
Gráficos de control:

Figura No. 52 Gráficos de control, Ensayo de Índice de Refracción.

Carta de Control de Medias



Carta de Control de Rangos



Fuente: Investigación de campo.

Se presenta un proceso bastante estable, pero al observar la serie de puntos en la carta de medias, todas están por debajo del límite de control central, lo que demuestra varios resultados con procesos defectuosos, pero al enfocar el primer punto en la carta de control de rangos, se afirma que hay una variación fuerte que posee necesidad de análisis más profundo para ratificar la falla.

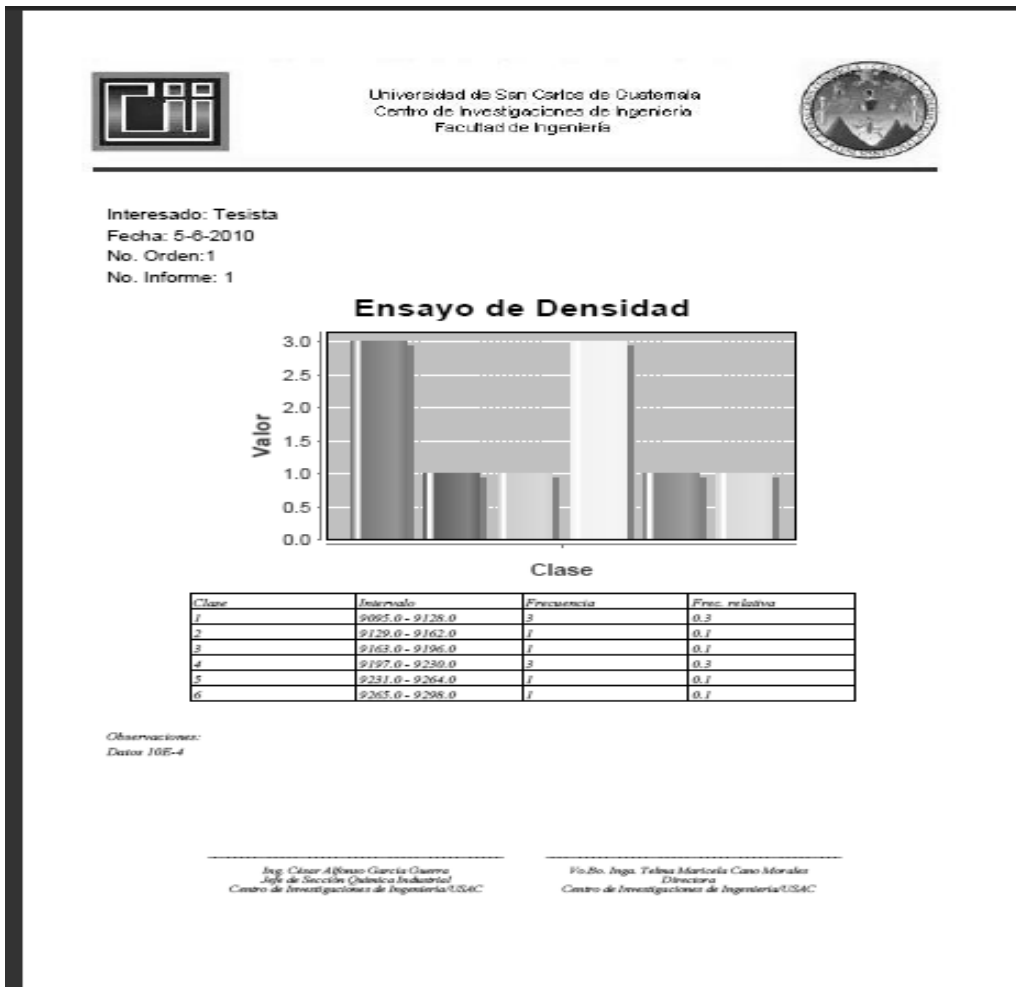
4.1.2.4. Impresión de informes

Los informes como resultado del monitoreo de calidad se presentan a continuación:

Informes del Ensayo de Densidad:

Histograma

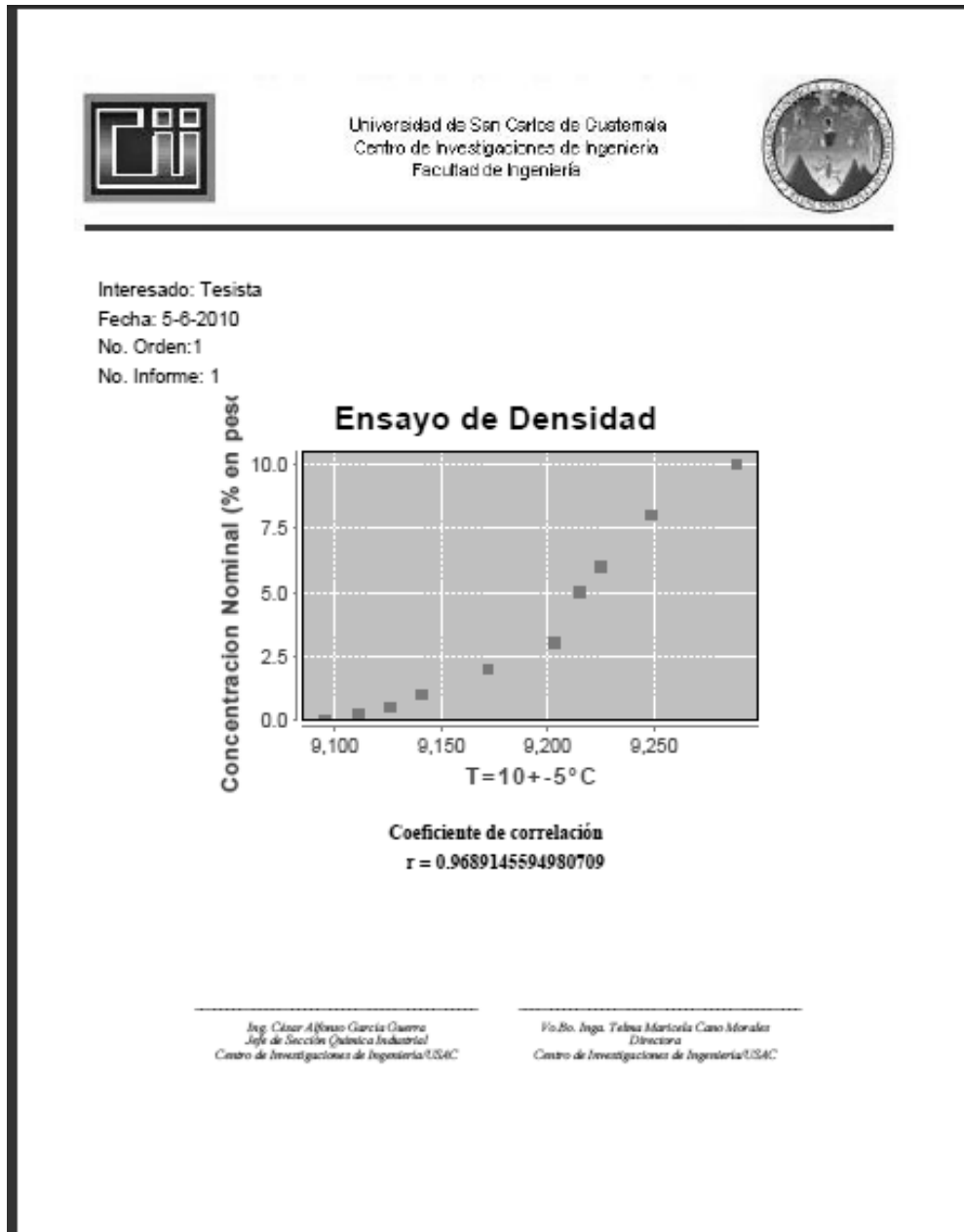
Figura No. 53 Informe de resultados histograma, Ensayo de Densidad.



Fuente: Investigación de campo.

Diagrama de dispersión:

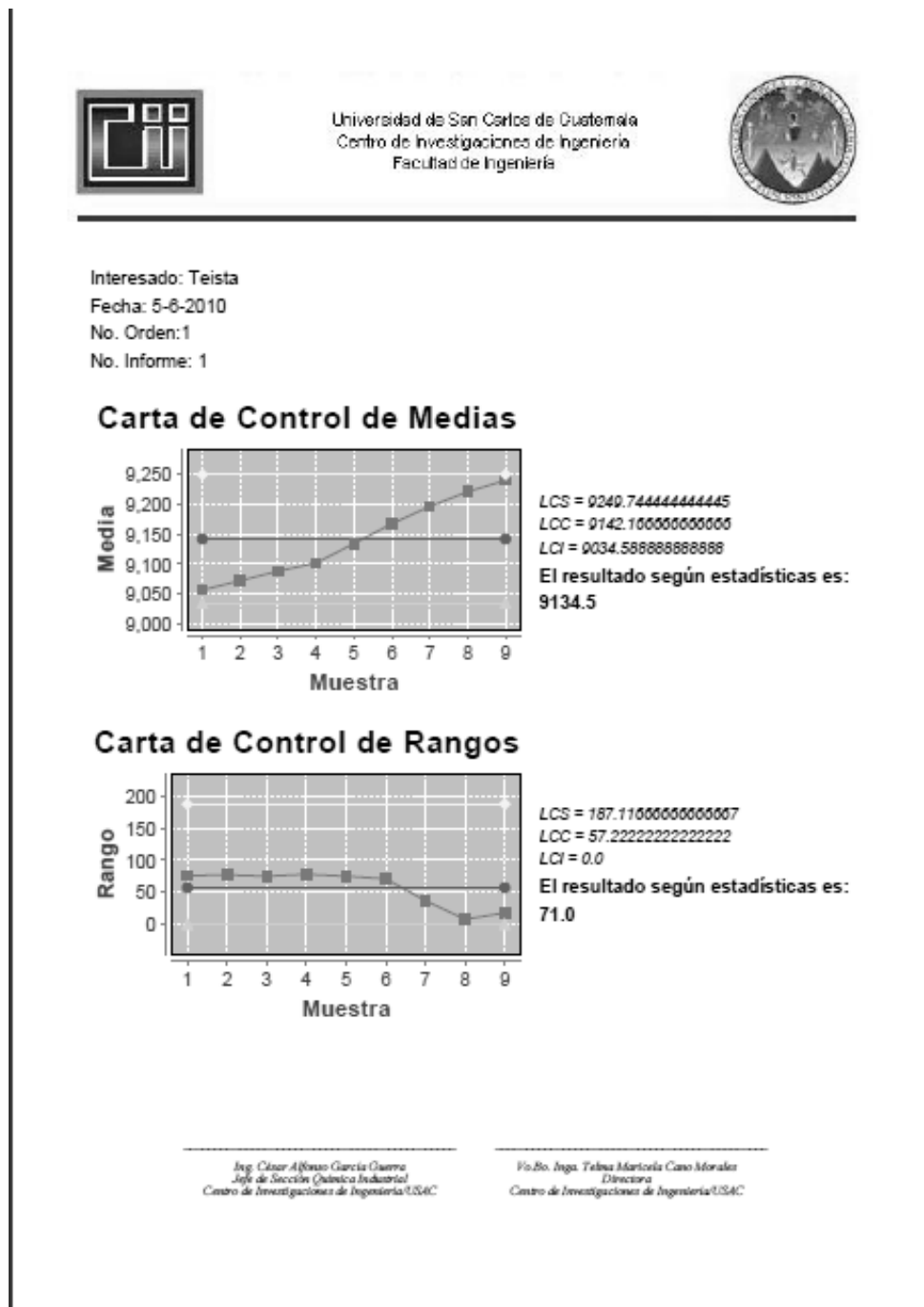
Figura No. 54 Informe de resultados diagrama de dispersión, Ensayo de Densidad.



Fuente: Investigación de campo.

Gráficos de control:

Figura No. 55 Informe de resultados gráficos de control, Ensayo de Densidad.

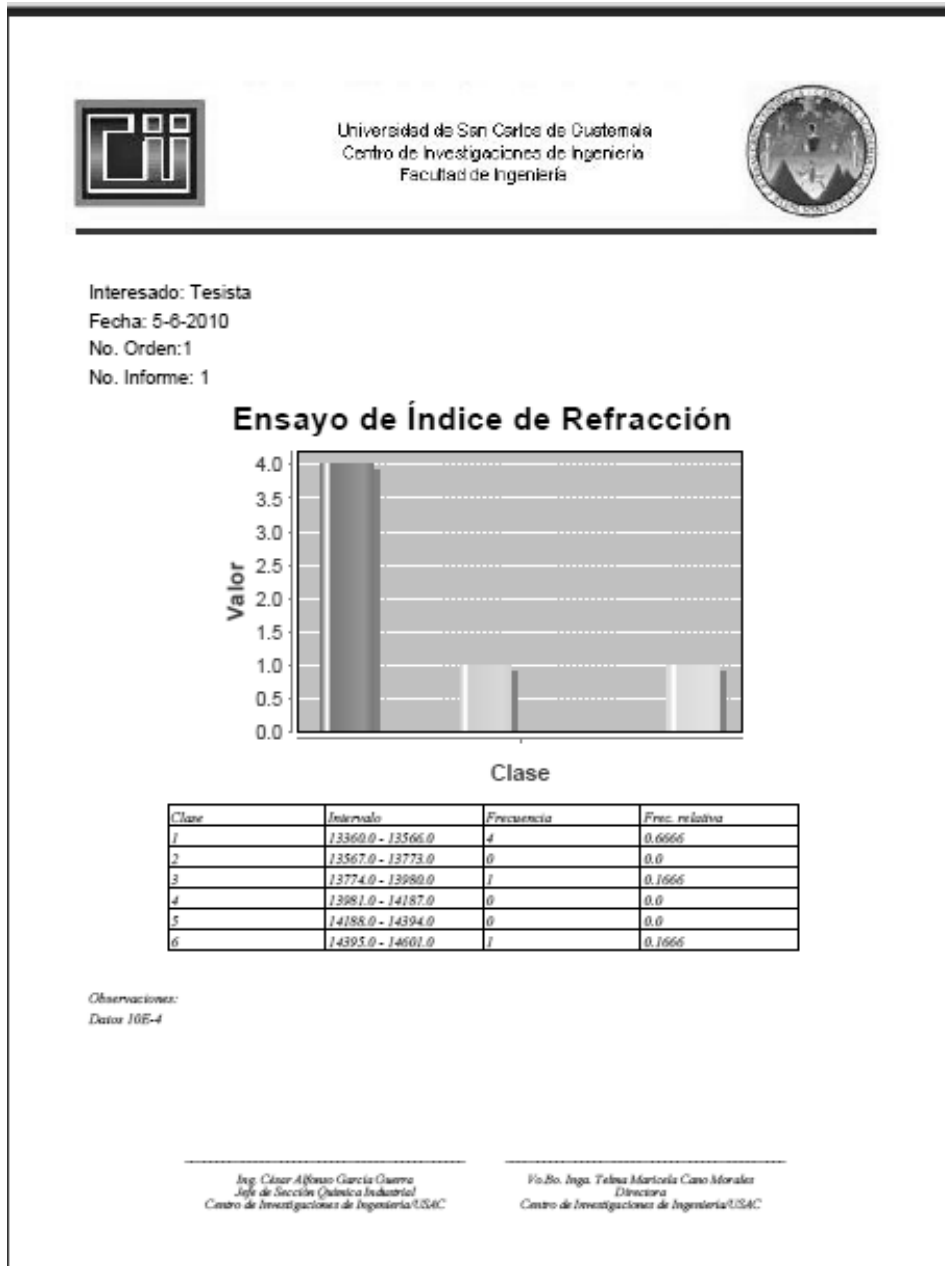


Fuente: Investigación de campo.

Informes del Ensayo de Índice de Refracción:

Histograma:

Figura No. 56 Informe de resultados histograma, Ensayo de Índice de Refracción.



Fuente: Investigación de campo.

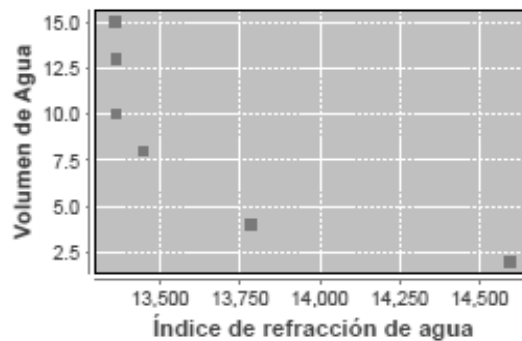
Diagrama de dispersión:

Figura No. 57 Informe de resultados diagrama de dispersión, Ensayo de Índice de Refracción.



Interesado: Tesista
Fecha: 5-6-2010
No. Orden: 1
No. Informe: 1

Ensayo de Índice de Refracción



Coefficiente de correlación
 $r = -0.8295958477300526$

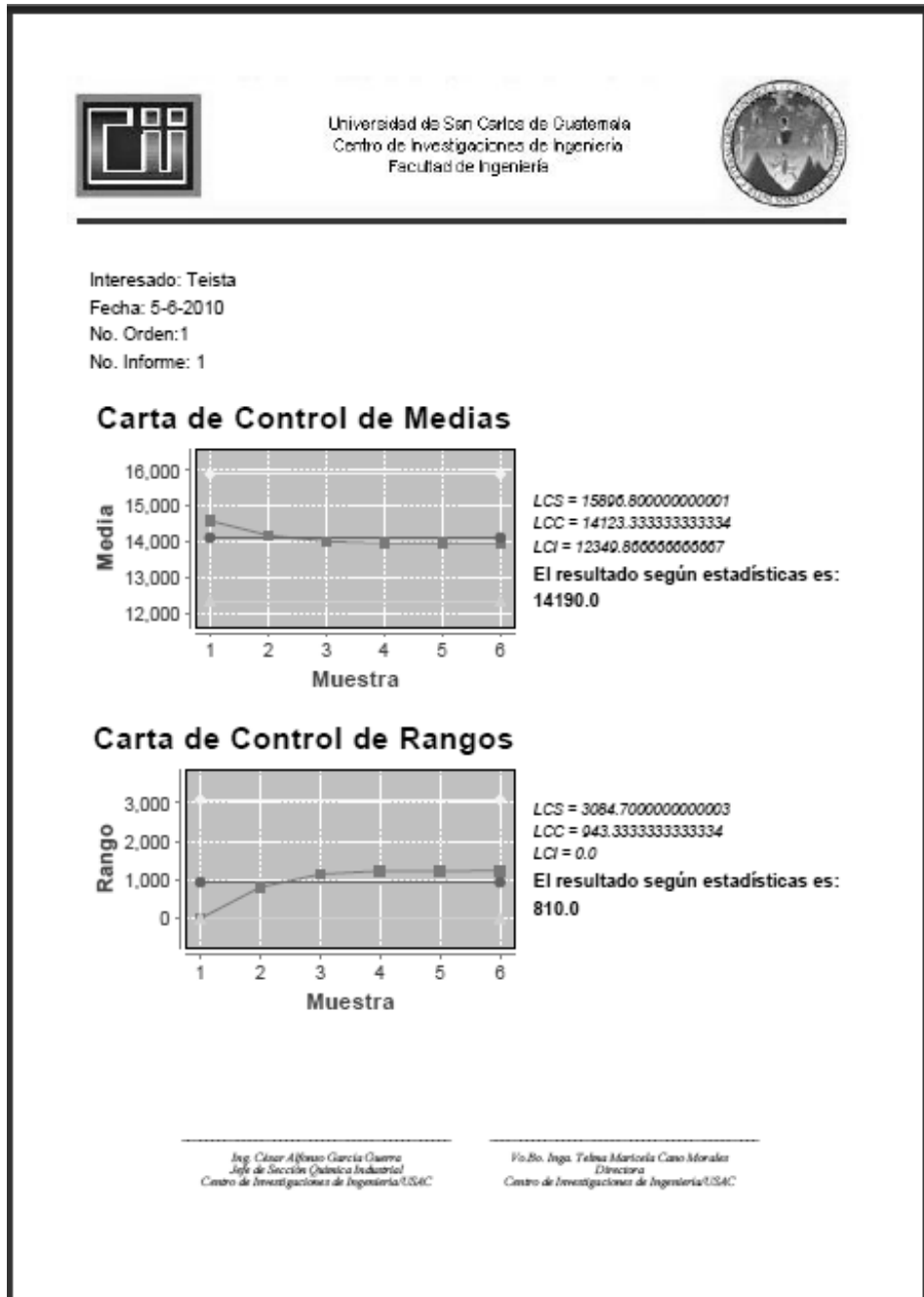
Ing. César Alfonso García Guerra
Jefe de Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

Vs.Bs. Inga. Yelina Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

Fuente: Investigación de campo.

Gráficos de control:

Figura No. 58 Informe de resultados gráficos de control, Ensayo de Índice de Refracción.



Fuente: Investigación de campo.

4.4. Análisis preliminar de resultados

Para conocer el diagnóstico de los resultados, se sigue el mismo proceso de lectura de datos, tomando en cuenta que el análisis se recomienda antes de salir del laboratorio para ver si de alguna manera se deben repetir los ensayos, en el peor de los casos de que los procesos se marcarán defectuosos, también es necesario sacar una conclusión después de leer correctamente los resultados, para tener un respaldo de obtener resultados bajo control estadístico de procesos.

4.5. Ventajas y beneficios

La implementación de este monitoreo de calidad, tiene muchas ventajas y beneficios, ya que es un material no aplicado en esta institución y que al hacerlo propondrá un parámetro diferente, tanto para utilización interna, como para conocimiento de el cliente; quien se sentirá satisfecho de recibir un informe de resultados profesional, que llene las perspectivas de calidad y brinde un respaldo al laboratorio quien es el responsable de buscar un apoyo de su trabajo.

Es un beneficio, ya que la herramienta se realizó en apoyo al Centro de Investigaciones de Ingeniería, el cual servirá como requisito para la acreditación de dichos ensayos.

Será un apoyo para todas las áreas donde se necesite, debido a que se puede aplicar a una variedad de ensayos para poseer informes profesionales de calidad.

5. MONITOREO Y SEGUIMIENTO

5.1. Análisis del proceso mediante auxilio de gráficos de control

Es necesario darle seguimiento al control de los datos recolectados a lo largo del proceso, con el objetivo que se constituyan en la base para la toma de decisiones.

Así mismo, para que la implementación del sistema tenga éxito, se deberá contar con un plan para monitorear el proceso, ya que una parte fundamental de la mejora continua del sistema, es la retroalimentación de los resultados obtenidos por el mismo.

Los gráficos de control nos permitirán obtener los resultados de una manera más fácil de visualizar y será más sencillo interpretar las necesidades y cambios que se pueden dar, para obtener los mejores resultados.

5.1.1. Determinación de la muestra

Para dar certeza sobre la objetividad de un análisis selectivo y sobre su representatividad, la persona que evalúe o audite el ensayo, tiene el recurso del muestreo estadístico, para lo cual debe tener en cuenta lo siguiente:

- La muestra seleccionada o grupo de elementos o documentos debe ser representativa frente al total del conjunto.
- El tamaño de la muestra varía de manera proporcional, respecto a la cantidad de elementos que actuarán en el sistema de control.

- El examen de los documentos incluidos debe ser exhaustivo, detallado y profundo para hacer que las conclusiones sean adecuadas y confiables.

Siempre habrá un riesgo latente y más cuando la muestra no sea representativa y por lo tanto, dependerá del buen criterio profesional del evaluador.

5.1.2. Diseño de formatos para control por variables

El principal objetivo de la generación de Formatos para control de calidad, es brindar la información necesaria que permita en el laboratorio, mantener un nivel interno de calidad y tomarlo como referencia para producir los diferentes reportes que se exijan si así fuese necesario.

Los formatos de control, deben resumir los datos de las pruebas de calidad efectuadas a lo largo del proceso. Pretende constituirse en la herramienta para generar los datos del formato de calidad, que algunos clientes puedan necesitar.

Todo el personal que participara en la implementación del sistema de control de calidad, deberá elaborar informes del desempeño del sistema en su área de trabajo, en los cuales como mínimo deben detallar lo siguiente:

- Área a la cual pertenecen.
- Equipo de trabajo
- Ensayos trabajados

- Maquinaria, equipo y herramientas utilizadas
- Desempeño general del sistema
- Observaciones del sistema
- Mejoras observadas
- Opciones a mejorar
- Conclusiones

Al tener estos informes, se deben analizar las causas más recurrentes de fallas, realizar reuniones para llegar a un consenso y tomar en cuenta todos los factores que afectan al buen desarrollo del sistema de control de calidad, aunando esfuerzos del personal involucrado, para aprovechar al máximo el sistema implementado.

5.1.2. Observaciones hechas en el ensayo

Todas las observaciones realizadas en el ensayo deben anotarse en el formato de control para ser analizadas y con ello se puedan sugerir diversos cambios en las mismas. Con las observaciones realizadas y revisadas, cada uno de los puntos sugeridos, se contribuirá a identificar las fallas, a evaluar y corregir los problemas.

Además, ésta servirá como base para conocer el estado del equipo y las inversiones que hay que realizar para la reparación de las insuficiencias mecánicas y eléctricas de la maquinaria.

5.1.3. Interpretación de la variabilidad encontrada

La variabilidad en los resultados puede depender de muchas variables, las cuales son muy importantes para tomar en cuenta y estandarizar para que la herramienta estadística propuesta tenga la función y eficiencia, para la cual fue diseñada.

Esta variabilidad, se debe básicamente a la diversidad de factores que afectan la forma de realizar los análisis tales como:

- Distintas personas manipulan el equipo, por lo que existe variabilidad por el factor humano.
- Los factores exteriores no son los mismos en todo el tiempo.
- No existe un método para que se realicen los ensayos de igual forma.
- Precisión del equipo y calibración adecuada.
- Cada una de estas pruebas, se realiza de manera individual en estas máquinas, se deben programar para efectuarlas.

Entre otras causas, éstas son las más significativas y que afectan la variabilidad en los ensayos; por lo tanto, son las que se deben tomar en cuenta al momento de realizar los ensayos y aplicar la nueva herramienta estadística propuesta.

5.1.5. Recomendaciones para disminuir la variabilidad

Debido a que la herramienta propuesta se basa en un programa, se espera tener el mínimo de variabilidad en los resultados, tomando en cuenta las posibles fuentes de varianza en la realización de los ensayos, se pretende minimizar la misma.

La tendencia a exigir certificados de calidad, por los ensayos realizados para cada uno de los clientes, se ha visto incrementada en los últimos tiempos. Por lo que se hace necesaria la implementación de diferentes tipos de reportes, para cada uno de los clientes y diferentes ensayos que se realizan.

Las variables analizadas y descritas en el reporte de calidad, van desde las pruebas de calidad efectuadas al material, hasta de las consiguientes pruebas a lo largo del recorrido en el proceso del ensayo. Aquí además de los valores de calidad en el proceso, lo más importante es demostrar la capacidad de consistencia en las pruebas. Estos valores son la base para la confiabilidad de nuestros ensayos.

Al momento de interpretar los resultados de las pruebas, se deben tomar en cuenta todos los factores que intervienen en ellas, y analizarlas como un todo, no de manera independiente, pues éstas están relacionadas entre sí.

CONCLUSIONES

1. A través del trabajo de campo, se determinó la importancia de la utilización del control de la calidad, para que en el Centro de Investigaciones pueda optar a la acreditación de los ensayos, midiendo la calidad con base en los procedimientos de la realización de actividades.
2. Al realizar el diagnóstico de los procedimientos de documentación, se determinaron diversos factores que influyen en el mal desempeño de los procesos, como son: mala administración de los análisis, un proceso obsoleto de recolección de datos, falta de fundamentos en la presentación de informes, entre otros.
3. Un elemento fundamental en el control de calidad moderno, es la utilización generalizada de procedimientos y métodos estadísticos, en la planificación, recolección de datos y análisis de los mismos, de tal forma que las decisiones no se apoyen en simples supuestos.
4. Es obligación de cada jefe de laboratorio la utilización de la herramienta, desde el llenado de hojas de control, así como la elaboración de los gráficos que determinarán la variabilidad de los procedimientos y efectuar gestiones de eliminación de las diferentes fallas.
5. El grado de capacitación y entrenamiento de los operadores de los equipos se considera inadecuada, ya que se refleja en la mala aplicación

de los procedimientos y en la falta de manuales de calidad que ayuden al usuario a realizar los ensayos de la forma más adecuada.

6. La implementación de soluciones viables para realizar un proceso efectivo de control de calidad comprendió: aplicación de formatos de control, mantenimiento de equipo y utilización de la herramienta estadística, se efectuaron procedimientos para la reducción de fallas, de esa manera se obtuvieron resultados e informes confiables mediante el manejo estadístico de los datos.
7. La realización de ensayos en el programa de monitoreo permitirá determinar valores con una representación grafica que satisface los requerimientos del cliente y de las instituciones de control interno, demostrando la capacidad de consistencia en las pruebas. Estos valores son la base para establecer la confiabilidad de los ensayos.

RECOMENDACIONES

1. Dar el seguimiento adecuado a cada una de las actividades planteadas, involucrando a todo el personal, desde el Jefe de Laboratorio hasta los analistas, para que se sientan comprometidos e identificados con los resultados del presente trabajo de graduación.
2. Establecer un archivo en una base de datos, donde se documenten los avances del proceso, con el fin de formar un historial, que permita realizar los cambios pertinentes, manteniendo las actualizaciones necesarias, que sirva de evidencia para un control de acuerdo con la norma ISO 17025.
3. Realizar reuniones con los equipos de trabajo y el Jefe de Laboratorio, con el propósito de intercambiar ideas y resolver problemas o dificultades que se presenten en sus actividades.
4. Capacitar a los operadores de equipo, sobre la forma correcta del manejo de los mismos, para disminuir las fallas e implementar manuales sobre procedimientos de calidad que ayuden a los usuarios a minimizar la variabilidad de los resultados.
5. Presentar, a la Dirección, un plan de mantenimiento de equipo para que éste funcione en óptimas condiciones
6. Realizar evaluaciones trimestrales al personal, por parte del Jefe de Laboratorio, del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación española de normalización y certificación. **Sistemas de Gestión de Calidad, Requisitos (ISO 9001 2000)**, AENOR, 2000.
2. Acuña Acuña, Jorge. **Control de calidad, un enfoque integral y estadístico**. Costa Rica. Tecnológica de Costa Rica, 2002.
3. Barrientos Villatoro, Mayra Dilia. **Aporte al control de calidad de aceites esenciales que se exportan en Guatemala, estimando la concordancia en el análisis vía húmeda y el de cromatografía de gases**. Guatemala. USAC, 1991.
4. Chávez Cháves, Nancy Johanna. **Análisis de los resultados del control de calidad externo en los laboratorios clínicos de los hospitales nacionales de junio de 1998 a enero de 2002**. Guatemala. USAC, 2003.
5. Duffuaa, Salih O. **Sistemas de Mantenimiento, Plantación y Control**. México: Limusa, 2002.
6. Evans, James R., Lindsay, William M. **Administración y Control de la Calidad**. Thomson, sexta edición. 2005.
7. Gutiérrez, Mario. **Administrar para la calidad, Conceptos Administrativos del Control Total de Calidad**. México: Limusa, 1992.

8. Kennedy, John B. Neville, Adam M. (coaut.). ***Estadística para ciencias e ingeniería*** México. Harla, 1982.
9. Niebel, Freivalds. ***Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo***. Alfaomega.
10. Organización Internacional para la Estandarización. ***Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Prueba y Calibración (ISO/IEC 17025)***.

ANEXOS

1. Orden de Trabajo



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 Ciudad Universitaria, zona 12
 Guatemala, C.A.



Nº 25656

ORDEN DE TRABAJO

LABORATORIO DE: Planta Piloto
LIEXVB.

INTERESADO: Miriana Amecelis Alvarado Carré No. 200512229 FECHA: 23-7-2009

PROYECTO: ADSORBENTES PARA LA RECUPERACION DE Teléfono: 504-4319237

DIRECCIÓN: _____

MUESTRA/EQUIPO: 100 libras de Solventes con tinta de Biografía. a Q. 123.00.00. Según

Proveedor/Marca y Modelo: _____

NO COBRABLE
 CENTRO DE INVESTIGACIONES
 DE INGENIERIA

TRABAJO A EFECTUAR: 2 x convenio (Determinación Índice de refracción Número 4.3)

COSTO DEL TRABAJO: Observaciones: _____

Materiales Q. _____

Mano de Obra Q. _____

Total Q. 12.500.00

 INTERESADO JEFE DE SECCIÓN

INFORME No. _____ COBRABLE SI NO

TRABAJO O INFORME RECIBIDOS POR: COSTO: Q. _____

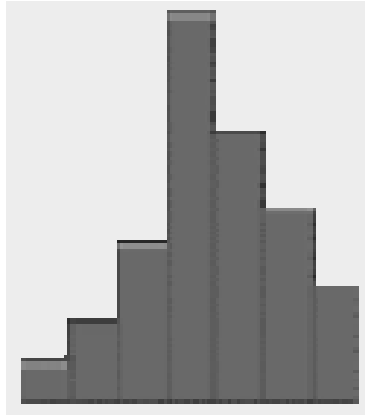
(f) _____ RAZÓN: _____

Nombre: _____ Guatemala, de _____ de 200_____

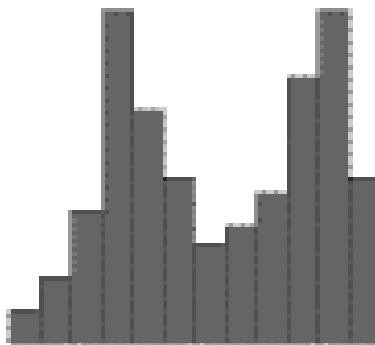
Original: Control Secretaría CI (Trabajo terminado)
 Duplicado: Laboratorio que efectuó el trabajo.
 Triplicado: Control inmediato Sec.

RECIBO: _____ Fecha: _____

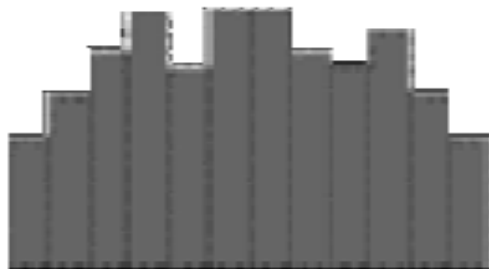
2. Distribución normal o de campana



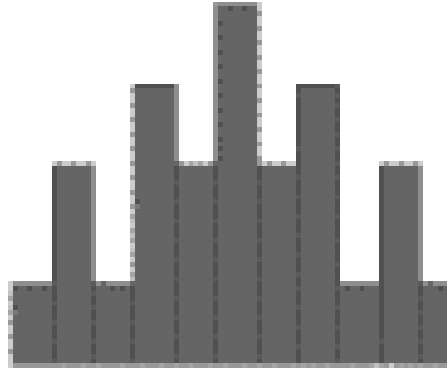
3. Variación doble pico o distribución bimodal



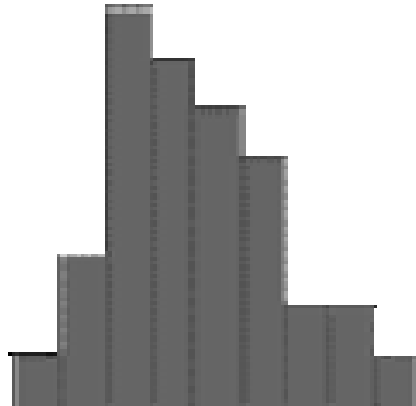
4. Variación de meseta o distribución rectangular



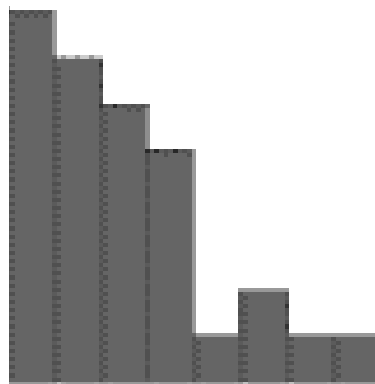
5. Variación en peine



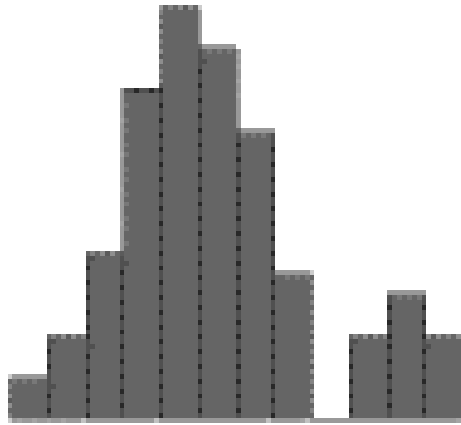
6. Variación Sesgada



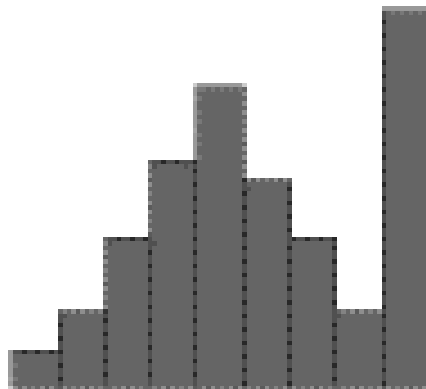
7. Variación truncada



8. Variación de pico aislado

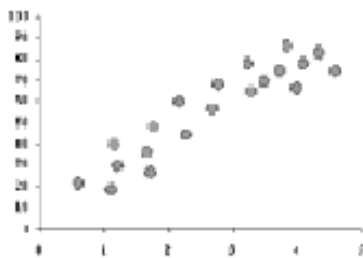


9. Variación de pico extremo.

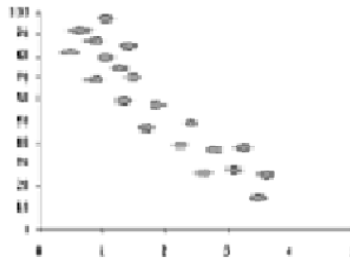


10. Tipos de correlación

Correlación positiva.



Correlación negativa.



No existe correlación

