

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONFIABILIDAD: ANÁLISIS DE
CRITICIDAD EN LOS LABORATORIOS DEL CROM-MASS DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UIS.

JOSE MARIO ROMERO OLMEDO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2013

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONFIABILIDAD: ANÁLISIS DE
CRITICIDAD EN LOS LABORATORIOS DEL CROM-MASS DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UIS.

JOSE MARIO ROMERO OLMEDO

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico

DIRECTOR

JABID EDUARDO QUIROGA MENDEZ

Ingeniero Mecánico, Msc.

CO-DIRECTOR

Ing. Blas Tapias Sierra

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2013

A Dios todo poderoso
por su infinito amor,

A Jose y Delvis mis padres
por su inagotable amor y esfuerzo
para permitirme llegar a este momento en mi vida,

A mis hermanos María Jose y Jose Ángel
por brindarme esas voces de aliento
para salir adelante en esas metas propuestas,

A mi familia y amigos
por los buenos recuerdos,

A todos Gracias.

JOSE MARIO ROMERO OLMEDO

AGRADECIMIENTOS

A Jabid Quiroga, director del proyecto, por su orientación, confianza y respaldo en la realización de este trabajo de grado.

A Blas Tapias, co-director del proyecto, por su apoyo y confianza en la realización de este trabajo de grado.

A la Dra. Elena E. Stashenko, directora de los laboratorios del CROM-MASS, por su apoyo, amistad y colaboración para la culminación exitosa de este proyecto.

A todo el personal de los laboratorios del CROM-MASS por su cordialidad y contribución a este proyecto.

A nuestros compañeros y profesores con los cuales compartimos experiencias, enseñanzas y buenos recuerdos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	18
1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	22
2 DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	24
2.1 División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander (DMT).....	24
2.1.1 Ubicación.....	24
2.1.2 Misión.....	25
2.1.3 Visión.....	26
2.1.4 Objetivos.....	26
2.1.5 Funciones	27
2.1.6 Portafolio de servicios	27
2.1.7 Estructura organizacional.....	29
2.1.8 Recursos.....	30
2.1.9 Diagnóstico del área de mantenimiento.....	31
3 DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LOS LABORATORIOS	34
DEL CROM-MASS.....	34
3.1 Reseña Histórica.....	34
3.1.1 ¿Quiénes somos?	34
3.1.2 ¿Dónde estamos?.....	35
3.2 Misión.....	36

3.3	Visión	36
3.4	Objetivos	37
3.5	Estructura Organizacional.....	38
3.6	Servicios ofrecidos.....	39
4	FUNDAMENTACION TEORICA.....	40
4.1	DEFINICION DEL MANTENIMIENTO	40
4.1.1	Evolución histórica del mantenimiento	41
4.1.2	Objetivos del mantenimiento.....	44
4.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	47
4.2.1	Pasos para elaborar un programa de mantenimiento preventivo.....	49
4.3	INDICADORES DE CONFIABILIDAD.....	51
4.3.1	Confiabilidad.....	51
4.3.2	Disponibilidad.....	52
4.3.3	Mantenibilidad.....	52
4.4	MODELOS DE CONFIABILIDAD.....	53
4.4.1	Conceptos fundamentales de confiabilidad.....	54
4.4.2	Probabilidades más usadas en estudios de confiabilidad.....	57
5	DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS	65
5.1	Diagnóstico de los Equipos.....	65
5.2	Estudio de la Metodología para el Análisis de Criticidad.....	71
6	ESTUDIO DE CONFIABILIDAD	84
6.1	Recolección de Datos Históricos.....	84
6.2	Calculo de los parámetros con la distribución de Weibull	86
6.2.1	Cálculo de los parámetros de confiabilidad.....	88
6.2.2	Cálculo de los parámetros de mantenibilidad.....	99
6.3	Resultados de la aplicación del modelo probabilístico de Weibull para análisis de vida de los equipos del laboratorio clínico.....	104
6.4	Análisis de la información de los parámetros calculados.....	105
7	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)	106
7.1	Descripción del método.....	107

7.1.1	Determinar y definir el sistema.....	107
7.1.2	Identificar y definir las funciones del sistema.	107
7.1.3	Modos de falla.....	108
7.1.4	Efectos de falla.	109
7.1.5	Causas del modo de falla.....	109
7.1.6	Registro de la información.	110
7.2	Análisis de modos y efectos de falla	111
7.2.1	Cromatografos de Gases GC.....	112
7.2.2	Cromatografos Líquido LC.....	114
7.2.3	Aire Acondicionado AA-02.	116
7.2.4	Cabina Extractora de Gases CAG-02.	118
7.2.5	Destilador DES-02.	120
7.2.6	UPS.....	121
7.3	Recolección de la información y registro del AMEF	123
8	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	124
8.1	Cronograma de Actividades de Mantenimiento Preventivo.....	124
9	CONCLUSIONES.....	125
10	RECOMENDACIONES	130
	BIBLIOGRAFIA.....	132
	ANEXOS.....	135

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Talleres División de Mantenimiento Tecnológico.....	24
Figura 2. Ubicación de la DTM.....	25
Figura 3. Estructura organizacional de la DTM.	29
Figura 4. Instalaciones de la DTM.....	30
Figura 5. Instalaciones de los laboratorios del CROM-MASS.	34
Figura 6 .Organigrama del Laboratorio de Cromatografía-UIS.	39
Figura 7. Tiempo para fallar y tiempo para reparar	53
Figura 8. Relación entre la función confiabilidad y la función probabilidad de falla	55
Figura 9. Curva de la bañera.....	56
Figura 10. Distribución exponencial estándar.....	58
Figura 11. Gráfica de la función confiabilidad de la ley normal de falla	61
Figura 12. Tipos de pdf para diferentes valores del parámetro de forma.	63
Figura 13. Tabla de factores ponderados.	73
Figura 14. Formato de encuesta análisis de criticidad.....	75
Figura 15. Modelo de matriz de criticidad.	81
Figura 16. Entorno Matlab R2010a	87
Figura 17. Papel de Weibull.....	90
Figura 18. Tabla de Fiabilidad.....	91
Figura 19. Tabla de Kolmogorov-Smirnov sobre bondad de ajuste.....	94
Figura 20. Aplicación del código	97
Figura 21. Curvas de Weibull para análisis de confiabilidad del cromatógrafo de gases GC-01	99
Figura 22. Aplicación del código.....	102
Figura 23. Curvas de Weibull para mantenibilidad del cromatógrafo de gases GC-01	103
Figura 24. Hoja de trabajo AMEF	111
Figura 25. Cromatógrafo de Gases GC-01.....	114
Figura 26. Cromatógrafo Líquido LC-01.....	116
Figura 27. Aire Acondicionado AA-02.....	118
Figura 28. Cabina extractora de gases CAG-02.....	119
Figura 29. Destilador DES-02.	120
Figura 30. UPS.	122

Figura 31. Cromatografo de Gases GC-04-Confiabilidad	142
Figura 32. Cromatografo de Gases GC-04-Mantenibilidad.....	142
Figura 33. Cromatografo de Gases GC-05 – Confiabilidad	143
Figura 34. Cromatografo de Gases GC-05 – Mantenibilidad.....	143
Figura 35. Cromatografo de Gases GC-06 – Confiabilidad	144
Figura 36. Cromatografo de Gases GC-06 – Mantenibilidad.....	144
Figura 37. Cromatografo de Gases GC-07 – Confiabilidad	145
Figura 38. Cromatografo de Gases GC-07 – Mantenibilidad.....	145
Figura 39. Cromatografo de Gases GC-08 – Confiabilidad	146
Figura 40. Cromatografo de Gases GC-08 – Mantenibilidad.....	146
Figura 41. Cromatografo de Gases GC-09 – Confiabilidad	147
Figura 42. Cromatografo de Gases GC-09 – Mantenibilidad.....	147
Figura 43. Cromatografo de Gases GC-10 – Confiabilidad	148
Figura 44. Cromatografo de Gases GC-10 – Mantenibilidad.....	148
Figura 45. Cromatografo de Gases GC-11 – Confiabilidad	149
Figura 46. Cromatografo de Gases GC-11 – Mantenibilidad.....	149
Figura 47. Cromatografo Liquido LC-01 – Confiabilidad.....	150
Figura 48. Cromatografo Liquido LC-01 – Mantenibilidad.....	150
Figura 49. Cabina Extractora de Gases CAG-02 – Confiabilidad	151
Figura 50. Cabina Extractora de Gases CAG-02 – Mantenibilidad.....	151
Figura 51. Aire Acondicionado AA-02 – Confiabilidad	152
Figura 52. Aire Acondicionado AA-02 - Mantenibilidad.....	152
Figura 53. Destilador DES-02 – Confiabilidad.....	153
Figura 54. Destilador DES-02 – Mantenibilidad	153
Figura 55. Inyector HP 6890 GC-01-1	163
Figura 56. Inyector HP 6890 GC-01-2	164
Figura 57. Autosampler GC-01-3.....	165
Figura 58. Detector de Masas 5972 GC-01-4.....	166
Figura 59. Ion Gauge Coontroller GC-01-5.....	167
Figura 60. Cromatografo de Gases 5890 GC-02.....	168
Figura 61. Inyector HP 6890 GC-02-1	169
Figura 62. Headspace Sampler HP 7694E GC-02-3.....	170
Figura 63. Cromatografo de Gases GC-03.....	171
Figura 64. Inyector Automatico HP 6890 GC-03-1	172
Figura 65. Autosampler GC-03-2.....	173
Figura 66. Controlador del Autosampler GC-03-3	174
Figura 67. Cromatografo de gases GC-04.....	175

Figura 68. Inyector Automatico GC-04-1	176
Figura 69. Autosampler GC-04-2.....	177
Figura 70. Cromatografo de Gases GC-05.....	178
Figura 71. Inyector Automatico. GC-05-1.....	179
Figura 72. Autosampler. GC-05-2.....	180
Figura 73. Detector de Masas. GC-05-3	181
Figura 74. Concentrador Sample. GC-05-4.....	182
Figura 75. Ion Gauge Controller. GC-05-5.....	183
Figura 76. Cromatografo de Gases. GC-06.....	184
Figura 77. Inyector Automatico. GC-06-1.....	185
Figura 78. Cromatografo de Gases. GC-07.....	186
Figura 79. Inyector. GC-07-1.....	187
Figura 80. Inyector. GC-07-2.....	188
Figura 81. Cromatografo de Gases. GC-08.....	189
Figura 82. Inyector. GC-08-1.....	190
Figura 83. Autosampler. GC-08-2.....	191
Figura 84. Detector de Masas. GC-08-3	192
Figura 85. Cromatografo de Gases. GC-09.....	193
Figura 86. Inyector. GC-09-1.....	194
Figura 87. Inyector. GC-09-2.....	195
Figura 88. Autosampler. GC-09-3.....	196
Figura 89. Cromatografo de Gases. GC-10.....	197
Figura 90. Inyector. GC-10-1.....	198
Figura 91. Autosampler. GC-10-2.....	199
Figura 92. Detector de Masas GC-10-3.....	200
Figura 93. Cromatografo de Gases. GC-11.....	201
Figura 94. Head Sampler. GC-11-1	202
Figura 95. Cromatografo de Gases. GC-12.....	203
Figura 96. Inyector. GC-12-1.....	204
Figura 97. Autosampler. GC-12-2.....	205
Figura 98. Detector de Masas. GC-12-3	206
Figura 99. Cromatografo Líquido. LC-02.....	207
Figura 100. Destilador. DES-01.....	208
Figura 101. Aire Acondicionado. AA-09.....	209

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Actividades básicas del mantenimiento	46
Tabla 2. Listado de equipo Laboratorio CROM-MASS	66
Tabla 3. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 1.....	67
Tabla 4. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 2.....	68
Tabla 5. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 3.....	69
Tabla 6. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 4.....	70
Tabla 7. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 5.....	71
Tabla 8. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 1	77
Tabla 9. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 2.....	78
Tabla 10. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 3.....	79
Tabla 11. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 4.....	80
Tabla 12. Clasificación de equipos con base en la ubicación en la matriz de criticidad para los Laboratorios del CROM-MASS.....	82
Tabla 13. Equipos de alta complejidad.....	83
Tabla 14. Datos históricos Cromatógrafo de gases GC-01.....	85
Tabla 15. Datos históricos Cabina extractora de gases CEG-02.....	85
Tabla 16. Datos históricos Aire acondicionado AA-02	85
Tabla 17. Datos históricos Destilador DES-01	86
Tabla 18. Datos históricos UPS	86
Tabla 19. Resultados parámetros de vida.....	104
Tabla 20. Resultados disponibilidad inherente.....	105
Tabla 21. Cromatógrafo de Gases GC-02	135
Tabla 22. Cromatógrafo de Gases GC-03	135
Tabla 23. Cromatógrafo de Gases GC-04	136
Tabla 24. Cromatógrafo de Gases GC-05	136
Tabla 25. Cromatógrafo de Gases GC-06	137
Tabla 26. Cromatógrafo de Gases GC-07	137
Tabla 27. Cromatógrafo de Gases GC-08	137
Tabla 28. Cromatógrafo de Gases GC-09	138
Tabla 29. Cromatógrafo de Gases GC-10	138
Tabla 30. Cromatógrafo de Gases GC-11	138
Tabla 31. Cromatógrafo de Gases GC-12	139

Tabla 32. Cromatógrafo Líquido LC-01	139
Tabla 33. Cromatógrafo Líquido LC-02	139
Tabla 34. Cabina Extractora de Gases CAG-02	139
Tabla 35. Aire Acondicionado AA-02	140
Tabla 36. Aire Acondicionado AA-09	140
Tabla 37. Destilador DES-02.....	140
Tabla 38. UPS.....	141
Tabla 39. Destilador DES-02 – AMEF	154
Tabla 40. Cromatografo de Gases GC – AMEF hoja 1-3.....	154
Tabla 41. Cromatografo de Gases GC – AMEF hoja 2-3.....	155
Tabla 42. Cromatografo de Gases GC – AMEF hoja 3-3.....	156
Tabla 43. Cromatografo Líquido LC – AMEF hoja 1-3.....	156
Tabla 44. Cromatografo Líquido LC – AMEF hoja 2-3.....	157
Tabla 45. Cromatografo Líquido LC – AMEF hoja 3-3.....	158
Tabla 46. UPS – AMEF hoja 1-2.....	159
Tabla 47. UPS – AMEF hoja 2-2.....	160
Tabla 48. AIRE ACONDICIONADO – AMEF hoja 1-2.....	161
Tabla 49. AIRE ACONDICIONADO – AMEF hoja 2-2.....	162
Tabla 50. Programa de mantenimiento preventivo de los Cromatografos.	210
Tabla 51. Programa de Limpieza General.	211
Tabla 52. Programa de mantenimiento preventivo de los Destiladores de Agua.	211
Tabla 53. Programa de mantenimiento preventivo de los Aires Acondicionados.	212
Tabla 54. Programa de mantenimiento preventivo de las Balanzas Analíticas. ...	212
Tabla 55 Programa de mantenimiento preventivo de la Cabina Extractora de Gases.	213
Tabla 56 Programa de mantenimiento preventivo de la Nevera Industrial.....	214
Tabla 57 Programa de mantenimiento preventivo de la UPS.....	215
Tabla 58 Programa de mantenimiento preventivo de la Estufa.....	215

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Datos históricos de los equipos críticos de los laboratorios del CROM- MASS.	135
Anexo B. Gráficas de confiabilidad y mantenibilidad para los equipos de los laboratorios del CROM-MASS.	142
Anexo C. Hojas de trabajo del AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla)	154
Anexo D. Fichas técnicas de equipos.	163
Anexo E. Plan anual de mantenimiento preventivo	210

RESUMEN

TÍTULO:

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONFIABILIDAD: ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LOS LABORATORIOS DEL CROM-MASS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UIS.*

AUTOR:

Jose Mario Romero Olmedo**

PALABRAS CLAVES:

Análisis de Criticidad, Distribución Weibull, Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, mantenimiento preventivo, Plan de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de grado realizado en los laboratorios del CROM-MASS de la Universidad Industrial de Santander tiene como objetivo identificar cuáles son los equipos críticos de estos, y mejorar las prácticas de mantenimiento actuales llevadas a cabo por la división de mantenimiento tecnológico lo que le permitirá estar al tanto de las nuevas tendencias del mantenimiento apoyándose en herramientas de confiabilidad, estas herramientas son importantes para la comprensión de los fenómenos de falla de los equipos no solo en los laboratorios anteriormente nombrados si no en todos los departamentos de la Universidad Industrial de Santander donde actúa la división de mantenimiento tecnológico.

El desarrollo de este proyecto consta en su primera parte de una identificación y descripción de los laboratorios. Posteriormente se hace un reconocimiento, diagnóstico, inventario de los equipos pertenecientes a cada uno de los laboratorios y la realización de entrevistas a cada uno de los encargados del laboratorio, operadores y personal de mantenimiento, esto con el fin de realizar el análisis de criticidad. Lo siguiente consiste en recopilar los datos de tiempos entre fallas y tiempos de reparación de los equipos críticos, entregados por los laboratorios con estos se calculan los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a través del método i-kaésimo, la distribución Weibull y el tipo de disponibilidad deseada. Los indicadores calculados permiten describir cómo se comporta cada equipo crítico teniendo en cuenta su ubicación en la curva de Davies. Más adelante se realizó un análisis de modo y efectos de falla que permite mejorar las estrategias de mantenimiento.

Finalmente, el proyecto presenta la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, a cada uno de los equipos críticos que se determinaron en el análisis de criticidad, que se basó en los resultados del estudio de confiabilidad y el análisis de modos y efectos de fallas.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: JABID EDUARDO QUIROGA MENDEZ

SUMMARY

TITLE:

IMPLEMENTATION OF THE METHODOLOGY FOR REALIBILITY CRITICALITY ANALYSIS IN THECLINICAL ANDIMMUNOLOGYANDMOLECULARBIOLOGY LABORATORIES AT THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER*

AUTHOR:

Jose Mario Romero Olmedo**

KEYWORDS: Criticality Analysis, Weibull Distribution, Reliability, Maintainability, Availability Preventive Maintenance, Maintenance Program.

DESCRIPTION:

The following work done in the laboratories of the CROM-MASS from the Industrial University of Santander aims to identify the critical equipment from these and improve current maintenance practices carried out by the maintenance division technology what will keep abreast of new trends in the maintenance building on reliability tools, these tools are important for the understanding of the phenomena of equipment failure not only in laboratories listed above if not also in all departments of the Industrial University of Santander where it acts technological maintenance division.

The development of this project consists in the first part of an identification and description of the laboratories. Later a recognition, diagnosis, inventor y of equipment belonging to each of the laboratories and interviewing each of the laboratory managers, operators and maintenance personnel, this in order to realize the criticality analysis. The next thing is to collect data on time between failures and repair times for critical equipment, delivered by the technological maintenance division are calculated with these indicators of reliability, maintainability and availability through i-kaésimo method, the Weibull distribution Availability and type desired. The calculated indicators help describe how each team performs critical given its location on the Davies bath curve. Further analysis was conducted and failure effects mode is another tool of reliability with the above tools can improve maintenance strategies.

Finally, the project presents a proposal for a preventive maintenance plan, each critical equipment identified in the criticality analysis, which was based on the results of the reliability study and analysis of failure modes and effects.

*Degree Work.

**Faculty of Physics Mechanical Eengeerings. School of Mechanical Engineering. Director: JABID EDUARDO QUIROGA MENDEZ.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de que los procesos actuales estén inmersos dentro del concepto de la alta calidad, hace más importante que existan buenas políticas de mantenimiento dentro de las entidades que prestan servicios, por esta razón es necesario implementar herramientas y estudios que permitan optimizar los procesos siempre pensando en la satisfacción del usuario y los objetivos misionales de la empresa.

La división de mantenimiento tecnológico debe hacer parte de estas nuevas políticas de mantenimiento y apoyarse en la confiabilidad que es una metodología de análisis que se soporta en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento de los sistemas no solo en el presente si no a futuro basado en la estudio de las fallas de los equipos. Son múltiples las herramientas con las que cuenta la confiabilidad con el fin de proponer planes estratégicos para lograr la excelencia en las actividades de mantenimiento.

El presente trabajo busca mediante la implementación de un análisis de criticidad, un análisis de modos y efectos de falla, y la comprensión de los fenómenos de falla de los equipos con modelos probabilísticos, controlar y mejorar los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos que pertenecen a los laboratorios del CROM-MASS de la facultad de Ciencias Básicas de la universidad industrial de Santander permitiendo a la división de mantenimiento tecnológico una adecuada planificación, programación y ejecución de las actividades de mantenimiento en dichos laboratorios, ya que estos prestan un servicio a la comunidad y en los que detener el servicio es grave porque no solo afecta los procesos internos sino que también afecta la salud de miembros externos a estos.

1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La División de Mantenimiento Tecnológico es una dependencia de la **Universidad Industrial de Santander**, adscrita a la Vicerrectoría Administrativa, fue creada en el año de 1972, con el propósito de dotar a la Institución de una Dependencia encargada de gestionar la reconstrucción, reparación y conservación adecuada de los equipos y maquinaria de los laboratorios y demás dependencias de servicio y apoyo de la Universidad ; igualmente recibir, instalar y controlar el uso de los equipos y conceptuar técnicamente sobre nuevas adquisiciones.

La División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS se enfrenta a la realidad del manejo de activos de alto valor, donde cada fracaso es perturbador y costoso, no solo por las implicaciones económicas sino también porque los laboratorios a su cargo prestan un servicio que de ser suspendido afecta directamente a la comunidad que se beneficia de los mismos. Hoy en día la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER no cuenta con la suficiente información, lo que dificulta el desarrollo del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo en los sistemas de protección y control, así como en equipos estáticos, dinámicos y estructurales en sus instalaciones de investigación. Debido a esto nos vemos en la necesidad de crear herramientas que nos permitan contribuir a la realización de estudios que nos den unas bases sólidas a la hora de tomar decisiones referentes al mantenimiento de los **Laboratorios del CROM-MASS**.

La División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS es cada vez más consciente de la necesidad de desarrollar de manera efectiva las mejores prácticas de la

industria existentes en el área mantenimiento, desmantelamiento y sustitución equipos e instalaciones que tiene a su cargo.

Por ello, es de interés para la División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS disponer de datos estadísticos precisos, que requieren de una jerarquización validada de todos los sistemas o procesos existentes, mediante un análisis de criticidad detallado que permita identificar las áreas en las cuales vale la pena realizar inspecciones continuas que nos permitan iniciar planes de mantenimiento de los Laboratorios del Centro Nacional de Investigación y de Agroindustrialización de Especies Aromáticas y Medicinales de La Facultad de Ciencias Básicas de la UIS para los equipos más críticos de dichos laboratorios. Meta que se propone la presente tesis.

1.2 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del laboratorio del CROM-MASS se presenta la ausencia de una planificación que permita realizar de forma correcta el procedimiento de mantenimiento de equipos y maquinas con las que se cuentan, debido a que el mantenimiento que se implementa actualmente en el laboratorio es correctivo, y no se establece algún registro escrito del mantenimiento al momento de realizar esta acción, basando la información necesaria para el proceso de mantenimiento de forma verbal. Debido a estas razones no se implementa el manejo de hojas de vidas de las máquinas y equipos a **La División de Mantenimiento Tecnológico** quien se ocupa de resolver el problema lo más pronto posible debido a que los experimentos se encuentran detenidos, esta condición se presenta de forma repetitiva debido a las condiciones agresivas de operación.

La División de Mantenimiento Tecnológico necesita de documentos firmes basados en el estudio teórico; como es el caso de este proyecto; que le den

soporte a la hora de tomar decisiones sobre sus nuevas inversiones de programas de operación y mantenimiento.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1 Objetivo general.

Fortalecer la relación entre la Escuela de Ingeniería Mecánica y la División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS a través del desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo que se adecue a las necesidades de los equipos de medición y ensayo de los laboratorios del CROM-MASS de la Facultad de Ciencias Básicas, garantizando la formación de profesionales de alta calidad.

1.3.2 Objetivos específicos

- Hacer un diagnóstico del estado actual de equipos y máquinas para obtener información detallada sobre el mantenimiento que se le están prestando a los equipos de los laboratorios del CROM-MASS de la Facultad de Ciencias Básica de la UIS.
- Realizar el análisis de criticidad según el método de los factores ponderados a todos los equipos de los laboratorios que permita jerarquizar por su importancia los equipos sobre los cuales se van a dirigir recursos humanos, económicos y tecnológicos.
- Identificar de forma gráfica en qué fase del ciclo de vida (juventud, madurez y envejecimiento) se encuentran los equipos analizados, por medio de las distribuciones exponencial, normal y weibull.
- Hacer un análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los equipos con los que cuenta los laboratorios del CROM-MASS de la Facultad de Ciencias Básica de la UIS.

- Proponer un plan de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos críticos que se determinen en el análisis de criticidad basado en los resultados de las anteriores herramientas.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Una forma de obtener los datos estadísticos que la División de Mantenimiento Tecnológico necesita para centralizar sus esfuerzos, es determinar las probabilidades de fallas y las consecuencias que estas acarrearán en cada uno de los laboratorios. Es decir, establecer que proceso, sistema o equipo es más crítico que otro.

¿Y qué criterio se debe usar para dicho fin?

Como principal herramienta tenemos el análisis de criticidad, que entrega un listado de los elementos, en el cual se diferencian tres zonas principalmente:

- Alta criticidad
- Mediana criticidad
- Baja criticidad

Esta jerarquización de equipos permite una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el nivel de criticidad más alto.

Por otro lado cabe señalar que un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, gracias a que pueden diseñar planes de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal para cada proceso o equipo.

2 DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.1 División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander (DMT).

Figura 1. Talleres División de Mantenimiento Tecnológico.



Fuente: Información General Universidad Industrial de Santander.

División adscrita a la Vicerrectoría Administrativa encargada de gestionar la reconstrucción, reparación y conservación adecuada de los equipos y maquinaria de las unidades académico administrativas, laboratorios y demás dependencias de la Universidad. Igualmente es la encargada de recibir, instalar y controlar el uso de los equipos y conceptuar técnicamente sobre nuevas adquisiciones. Ubicación.

La División de Mantenimiento Tecnológico (DTM) está ubicada en el campus principal de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

¹ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. División de Mantenimiento Tecnológico. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en:[<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>]

Bucaramanga, Santander, Colombia.

Carrera 27 Calle 9, Ciudad universitaria.

Tel. 6346139

Fax. 6346139

Correo: divmnt@uis.edu.co

Figura 2. Ubicación de la DTM.



Fuente: Información General Universidad Industrial de Santander.

2.1.1 Misión.

La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander tiene como propósito servir de apoyo a las Unidades Académicas y Administrativas de la Universidad en los procesos de adquisición de equipos, su instalación, operación y mantenimiento preventivo y correctivo, a fin de garantizar la continuidad en la prestación de los servicios, con la mayor calidad y eficiencia a toda la comunidad, y el cumplimiento de sus objetivos.

Para el logro de su Misión, la División de Mantenimiento Tecnológico pone a disposición de la comunidad universitaria todos sus recursos disponibles, humanos, técnicos y equipos, para que en concordancia con las políticas institucionales, y contando con el concurso de todas las dependencias, pueda desarrollar todos sus programas.

En la búsqueda permanente de la excelencia en la prestación de los servicios y por una apertura constante hacia la plena utilización de los recursos con que

cuenta la Universidad, dispone para estudiantes, profesores y empleados, la información técnica relacionada con equipos y proveedores de servicios, manteniéndola cada día debidamente catalogada y clasificada.²

2.1.2 Visión.

Nuestra Visión es ser una Unidad Administrativa participativa y líder en la calidad y excelencia en la gestión de servicios técnicos, con “Talento Humano con Espíritu de Servicio”, comprometido a alcanzar una posición de vanguardia en el logro de los objetivos institucionales. Pero, más que una visión de futuro, queremos convertir nuestro sueño en realidad: La imagen de la División de Mantenimiento Tecnológico, va a resurgir con el concurso de gente con un amplio sentido de pertenencia y con una explicación clara a nuestros clientes de que nuestros propósitos se identifican plenamente con los suyos.³

2.1.3 Objetivos

- Asegurar la disponibilidad y óptimo funcionamiento de los equipos pertenecientes a las UNIDADES ACADÉMICO ADMINISTRATIVAS por medio del mantenimiento correctivo y preventivo de los mismos.
- Apoyar a la universidad en el aseguramiento de la validez de los resultados de los equipos de seguimiento y medición, mediante la prestación de servicios propios o por medio de laboratorios externos de calibración.
- Apoyar el proceso de adquisición de equipos, mediante la emisión de conceptos técnicos de compra y el acompañamiento en la instalación.

²UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER. División de Mantenimiento Tecnológico. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en:[<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>]

³Ibíd. En:[<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>]

- Mantener en condiciones óptimas de funcionamiento la Central Telefónica de la institución.
- Asesorar e intervenir en obras y proyectos que involucren equipos de soporte y apoyo a la docencia y administración de la universidad.

2.1.4 Funciones

- Mantener el mejoramiento continuo en la calidad y confiabilidad de los servicios.
- Gestionar con calidad los procesos y procedimientos técnicos y administrativos.
- Desarrollar y fortalecer competencias específicas en la gestión del talento humano del personal de la división.
- Velar por el cumplimiento de las normas de salud ocupacional, seguridad industrial y manejo ambiental.
- Facilitar el cumplimiento de los objetivos de la División de Mantenimiento.
- Mantener un control sobre las actividades propias del mantenimiento.⁴
- Promover una participación de todo el personal de la División de Mantenimiento en la planeación, la organización y el control de la gestión del mantenimiento.

2.1.5 Portafolio de servicios

➤ Electrónica

Mantenimiento preventivo y correctivo de instrumental electrónico, equipo de cómputo, instrumental analítico, equipo audiovisual, equipo electromédico, e instrumentos para control de procesos.

⁴Ibíd. En: [\[https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp\]](https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp)

➤ **Electricidad**

Mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas centrales de aire acondicionado mini-split, aires acondicionados de ventana, extractores de aire, equipos de calefacción, equipos de refrigeración, motores y ventiladores, centrífugas y ultra-centrífugas, y equipo eléctrico en general.

➤ **Óptica y Mecánica Fina**

Mantenimiento Preventivo y Correctivo de microscopios de Investigación, microscopios de docencia, equipos de artes gráficas, equipos de proyección, balanzas analíticas, electrónicas y de plato y maquinado de piezas pequeñas.

➤ **Mecánica Industrial**

Mantenimiento preventivo y correctivo de compresores de aire. Calderas, equipos de cocina a gas, equipos de cocina a vapor, reconstrucción de mecanismos, maquinado de piezas para equipo electromecánico, autoclaves, elaboración de probetas para ensayos y equipo mecánico en general.

➤ **Telecomunicaciones**

Mantenimiento de la Central Telefónica Digital y subcentrales, mantenimiento de la red telefónica, Programación y asignación de extensiones internas, instalación de líneas directas y extensiones, servicio de correo de voz, programaciones especiales en extensiones internas y líneas externas.

➤ **Montaje e Instalación de Equipos**

Puestas a tierra, montaje de controles eléctricos y electrónicos, adecuación de servicios eléctricos y generales para montaje de equipos, diseño de controles eléctricos, préstamo de herramienta pesada, recibo y entrega de equipos en reparación, almacenaje de equipos para baja.

➤ **Metrología - Temperatura**

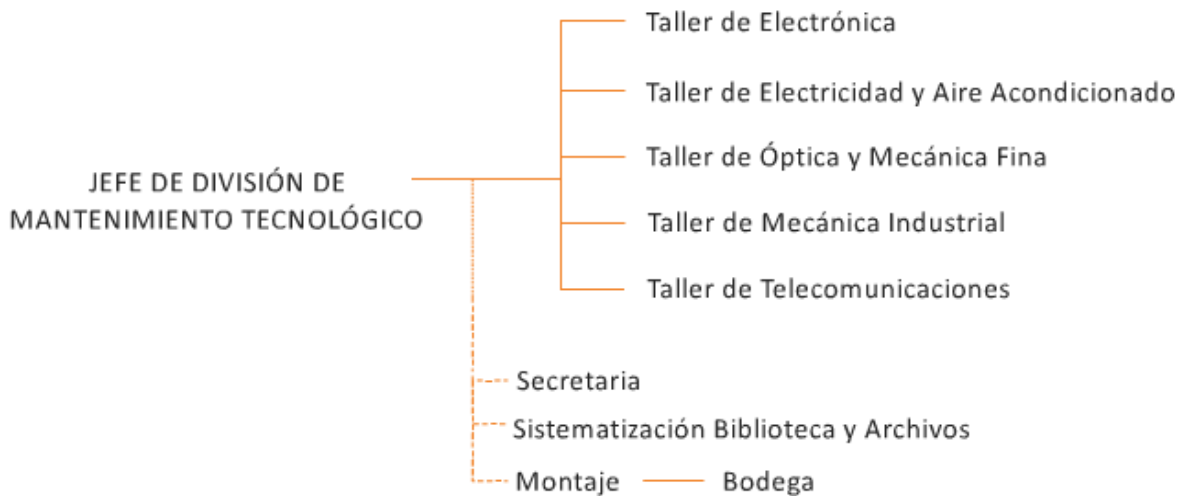
Servicio de verificación y calibración de equipos para medición de Temperatura, se cuenta con Medidores Digitales de Temperatura y Termocuplas con certificado de calibración y personal Técnico Certificado para la realización de actividades en la variable Temperatura.

➤ **Metrología – Medición de Peso y Balanzas**

Servicio de Verificación y Calibración de Balanzas y Medidores de Peso. Se cuenta con juego de Pesas Certificado categoría E2 y Personal Técnico con pasantía certificada en el área de Masas y Balanzas.

2.1.6 Estructura organizacional.

Figura 3. Estructura organizacional de la DTM.



Fuente: Información General Universidad Industrial de Santander.

2.1.7 Recursos

➤ Talento Humano

El personal de la División de Mantenimiento Tecnológico es el recurso más valioso que se tiene, se cuenta con profesionales altamente calificados en las áreas de Mecánica, Óptica, Electricidad, Electrónica, Refrigeración, Telecomunicaciones, y en el área de Metrología para atender los servicios de verificación, y calibración de equipos en los laboratorios Tecnológicos especializados, además se cuenta con el apoyo del personal Administrativo, quien acompaña y asiste el normal funcionamiento de la división. Todo el equipo siempre está dispuesto a ofrecer un servicio con calidad, acorde a las necesidades de los usuarios y con la mejor disposición y trato a cada uno de ellos.

➤ Instalaciones

El área de Mantenimiento Tecnológico cuenta con instalaciones para el área técnica correspondiente a los talleres de cada una de las especialidades, atendidas y un área administrativa confortable para el personal y los visitantes de nuestra división.

Figura 4. Instalaciones de la DTM.



Fuente: Información General Universidad Industrial de Santander.

2.1.8 Diagnóstico del área de mantenimiento.

Nuestra universidad, siempre se ha caracterizado por su incesante espíritu de progreso, y debido a esto sus instalaciones son y seguirán siendo un orgullo ante la sociedad educativa nacional.

Sin embargo para continuar con esta línea, tenemos que construir una cultura de conservación al interior nuestro centro educativo, eliminando esa costumbre de reemplazo que ha intentado infiltrarse en los últimos años, y precisamente para ello surge la idea de diseñar planes de mantenimiento preventivo dirigido a cada una de las dependencias.

Y el primer paso es claro, planear un acompañamiento a las actividades desarrolladas por el personal de cada una de las unidades adscritas a la DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO.

No obstante, cabe señalar que este tipo de prácticas es casi nulo en cada una de las dependencias, debido a que no existen quienes lideren o por lo menos planteen políticas básicas de revisión en su interior.

Por lo tanto se espera que de aquí en adelante, surja ese interés, en quienes resulten involucrados en la reestructuración del mantenimiento tecnológico en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Para tener una idea global de la situación actual del mantenimiento y del diagnóstico de su gestión dentro de la DTM se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- **Posición y objetivos de la DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO.**

La División se encuentra comprometida con un sistema de mejora continua que le permite la optimización de sus procesos administrativos y productivos. Hoy son conscientes de la necesidad de estructurar de manera óptima los procesos de

mantenimiento y desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para cada dependencia, que será la herramienta que garantizará el incremento del rendimiento y disponibilidad de sus equipos, haciendo que su actividad sea más productiva.

➤ **Planeación de mantenimiento.**

No existe un plan de mantenimiento definido, la mayor parte de las acciones son correctivas. Algunas máquinas se encuentran dentro de un plan de mantenimiento periódico, donde son ejecutadas las tareas de mantenimiento con visión reparadora de acuerdo el funcionamiento y no por condición del equipo.

➤ **Apoyo informático.**

Se maneja SIMAT, Sistema de Información proporcionado por la Universidad, para llevar a cabo la programación del mantenimiento preventivo de los equipos de infraestructura de la Universidad Industrial de Santander, y la distribución de los mantenimientos correctivos para los equipos que cuentan con un número de inventario, pero en este sistema de información no es posible abarcar toda la información que se debe tener en cuenta en una gestión de mantenimiento, cabe mencionar como ejemplo las fichas técnicas y los catálogos de equipos.

➤ **Documentación técnica.**

La información técnica tanto de los equipos como del mantenimiento se encuentra dispersa y muchas veces se carece de ella, Se evidencia la poca información técnica de los equipos así como también de los manuales de mantenimiento, historia e inventario de equipos y catálogos de fabricantes. Trayendo como consecuencia escasez de información para la resolución de problemas y poco control de las labores de mantenimiento.

➤ **Servicios de mantenimiento por terceros.**

El mantenimiento especializado como la calibración de equipos de medición (termómetros), mantenimiento de aires acondicionados, espectrofotómetros, citómetros y otros es dejado a disposición de algunas empresas en la modalidad de outsourcing.

➤ **Personal de mantenimiento.**

El área cuenta con personal de mantenimiento preparado técnicamente para el ejercicio de sus labores, en la especialidad definida, ya sea mecánica, eléctrica o electrónica, el Jefe de Mantenimiento es Ingeniero Mecánico. Cada una de estas personas siente una fuerte pertenencia y compromiso con la división.

3 DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LOS LABORATORIOS DEL CROM-MASS

Figura 5. Instalaciones de los laboratorios del CROM-MASS.



Fuente: Información general Universidad Industrial de Santander

3.1 Reseña Histórica

3.1.1 ¿Quiénes somos?

El Laboratorio de Cromatografía fue fundado en el año de 1989 por la doctora Elena E. Stashenko, está conformado por un grupo de investigación, dedicado al

estudio y desarrollo de diversas aplicaciones de los métodos cromatográficos, también, a la prestación de servicios de análisis químico basado en la cromatografía.

3.1.2 ¿Dónde estamos?

El Laboratorio de Cromatografía actualmente desarrolla sus actividades en las instalaciones ubicadas en la Carrera 27 – Calle 9, Ciudad Universitaria, Edificio 45, Bloque A Entrada 2A, Piso 2 de la Universidad Industrial de Santander, en la ciudad de Bucaramanga, cuenta con una superficie total de 340 m², distribuida así:

i) 170 m², donde se encuentran ubicados las siguientes secciones, así:

- Recepción de Muestras,
- Zona de Almacenamiento,
- Laboratorio de Preparación de Muestras,
- Cuarto de Reactivos y Solventes,
- Zona de Lavado de Material,
- Sala de Reflexión
- Baños

ii) 170 m² donde se encuentran ubicados las siguientes secciones, así:

- Sala de Conferencias,
- Instrumentación Analítica
- Análisis de Datos
- Biblioteca

Con la distribución anterior, el Laboratorio de Cromatografía garantiza la separación de áreas incompatibles, evitando así la contaminación cruzada.⁵

⁵ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER. Centro de investigación en Biomoléculas CIBIMOL. Bucaramanga. [Consultado Feb. 2013] Disponible en: [https://http://tux.uis.edu.co/quimica/investigacion/centros/cibimol]

3.2 Misión

El Centro de Investigación en Biomoléculas – CIBIMOL, desarrolla estudios científicos sobre las relaciones entre la estructura química de sustancias naturales o sintéticas y sus propiedades y/o actividad biológica, con el fin de explorar aplicaciones potenciales de las sustancias en la medicina, la biotecnología y en las industrias química, farmacéutica y de alimentos, entre otras. Para esto aprovecha la cooperación entre profesionales de varias disciplinas en la investigación y el desarrollo de métodos de aislamiento, síntesis, análisis químico y bioquímico, caracterización estructural, simulación de estructura y propiedades y evaluación de actividad de biomoléculas.

La realización de estas investigaciones busca contribuir al desarrollo científico y socio-económico del país por medio de aportes al conocimiento, creación de nuevos productos y metodologías, la formación de nuevos profesionales especializados, el fortalecimiento del programa de Doctorado en Química y el apoyo científico-tecnológico a empresas de diversa naturaleza y tamaño, a través de asesorías y cursos de capacitación especializados.⁶

3.3 Visión

El Centro de Investigación en Biomoléculas persigue alcanzar la capacidad para realizar en su totalidad las etapas de síntesis o búsqueda, aislamiento, caracterización, ensayo y producción de sustancias bioactivas, naturales o sintéticas, de potencial aplicación en medicina, biotecnología, o en diferentes ramas de la industria.

⁶ Ibíd. En:[<https://http://tux.uis.edu.co/quimica/investigacion/centros/cibimol>]

El Centro se proyecta como un agente generador de vínculos con el sector productivo y creador de soluciones tecnológicas que puedan dar lugar a nuevas empresas y/o oportunidades de empleo para profesionales.⁷

3.4 Objetivos

- Fortalecer los programas de pregrado y postgrado, en particular el de Doctorado en Química, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Industrial de Santander, a través de la realización de investigaciones científicas de vanguardia y la preparación de especialistas competitivos a nivel internacional.
- Permitir la actualización y el ejercicio profesional en sus áreas de especialización a los docentes integrantes del Centro de Investigación, para enriquecer su actividad docente en los cursos avanzados y materias electivas profesionales que están a su cargo en los programas académicos en Química y Biología.
- Aprovechar la experiencia y el alto grado de formación científica de los docentes integrantes del Centro para formar nuevos profesionales a través de la utilización eficiente de los recursos existentes, en el desarrollo de investigaciones científicas y servicios dirigidos a la solución de problemas del sector productivo.
- Hacer aportes al conocimiento a través de la realización de estudios científicos de vanguardia en las diferentes líneas de investigación del Centro.

⁷ Ibíd. En:[<https://http://tux.uis.edu.co/quimica/investigacion/centros/cibimol>]

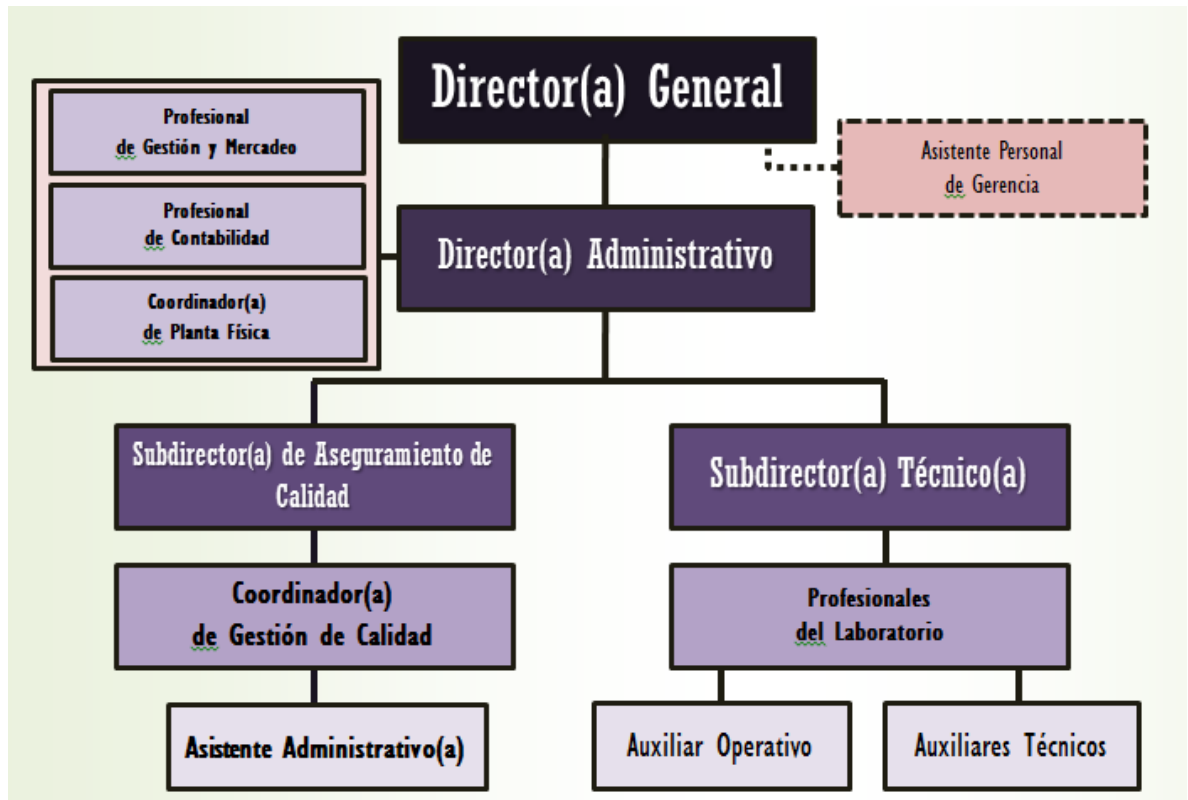
- Divulgar los resultados de las investigaciones efectuadas en el Centro, a través de publicaciones en revistas especializadas y la participación en congresos científicos y en eventos de divulgación para el público general.
- Fortalecer y enriquecer los vínculos entre la Universidad y la industria a través del ofrecimiento de servicios, asesorías y cursos especializados a empresas de diversa naturaleza.
- Desarrollar nuevos productos químicos o tecnológicos y metodologías que por su aplicación a la solución de necesidades de la sociedad y del sector productivo, puedan ser comercializados, generando ingresos para el Centro de Investigación y la Universidad Industrial de Santander.

3.5 Estructura Organizacional

El Laboratorio de Cromatografía es un organismo adscrito a CIBIMOL, de la Escuela de Química, de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Industrial de Santander, de acuerdo la resolución N° 941 del 24 julio de 2006.

El Laboratorio de Cromatografía fue creado mediante el acuerdo 010 del 10 de febrero de 2003, por el cual se autorizó la creación del CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOMOLÉCULAS – CIBIMOL, y dentro de su estructura conformada por múltiples centros entre los cuales se encuentra el Laboratorio de Cromatografía.

Figura 6 .Organigrama del Laboratorio de Cromatografía-UIS.



Fuente: Manual de calidad – Laboratorio de Cromatografía de la UIS

3.6 Servicios ofrecidos

- Análisis de productos industriales
- Análisis de alimentos y productos naturales
- Análisis ambiental en aguas, sólidos y sedimentos

4 FUNDAMENTACION TEORICA

En este capítulo se presentan los principales conceptos y aspectos teóricos acerca del mantenimiento con la finalidad de concretar las bases científicas en el desarrollo de este proyecto.

El mantenimiento se relaciona fuertemente con las actividades que se realizan en la empresa, y tiene el objetivo de velar por las instalaciones y equipos de ésta, conservando y garantizando las acciones de servicio para los cuales fueron realizados.

4.1 DEFINICION DEL MANTENIMIENTO

La European Federation of National Maintenance Societies⁸ define mantenimiento como: todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida, cualquier actividad como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarios para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Entonces el mantenimiento se puede definir como la combinación de las actividades mediante las cuales las instalaciones y equipos se mantienen en un estado que puedan realizar las funciones designadas. Las actividades de mantenimiento son un factor importante en la calidad del producto final y la forma en que se realicen pueden llevar al éxito a la empresa, pero si se presentan

⁸ European Federation of National Maintenance Societies. Definición de mantenimiento [Consultado Feb. 2013] Disponible en: [<http://www.efnms.org/What-EFNMS-stands-for/m13l2/What-EFNMS-stands-for.htm>].

inconsistencias en las operaciones de los equipos podría afectar el resultado en la calidad del producto final y como consecuencia pérdidas económicas y de tiempo para la empresa. Para poder cumplir con los estándares de calidad, la planta de producción de la empresa debe operar dentro de los márgenes de operaciones y especificaciones, las cuales se logran por medio de unas buenas acciones oportunas de mantenimiento.

4.1.1 Evolución histórica del mantenimiento⁹

Históricamente el mantenimiento ha pasado por diversas concepciones y técnicas entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- **Mantenimiento Accidental:** Los encargados del mantenimiento y propietarios consideraban que lo correcto era operar un equipo hasta que su funcionamiento fuera completamente defectuoso y perdiera toda posibilidad de prestar algún servicio.
- **Mantenimiento Progresivo:** En este tipo de mantenimiento el equipo se subdivide racionalmente para mantenerlo en forma progresiva, con este tipo de mantenimiento se lograba la máxima disponibilidad de la máquina o equipo, pero no se obtenía la máxima vida de sus elementos, ni se lograba la máxima eficiencia, ni existía protección contra fallas prematuras, pues cada elemento se revisaba solo en el momento en que cumplía su período establecido.
- **Mantenimiento Periódico:** En este tipo de mantenimiento todo el equipo en su conjunto se desarmaba, inspeccionaba y reparaba en forma periódica, cada vez que había cumplido un tiempo calendario, o un tiempo de servicio o producido una cierta cantidad. Esta clase de programas tiene muy poca

⁹ GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. 2.Generalidades. Bucaramanga: UIS, 2001. P 3.

elasticidad, dificulta la determinación de la vida útil del equipo y generalmente presenta reemplazos prematuros de piezas del equipo, incrementando los costos de mantenimiento.

- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los equipos.

El mantenimiento preventivo más que una técnica específica de mantenimiento es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad de mantenimiento y montaje, en la confiabilidad, duración y cuidados de cada una de sus partes.

- **Mantenimiento Predictivo:** El mantenimiento predictivo es aquel que se realiza mediante la utilización de indicadores y/o registradores, con alarma o sin ella, para medir los parámetros fundamentales de funcionamiento óptimo de las máquinas. Estos aparatos de control pueden ser: vibrómetros, manómetros, termómetros, termógrafos, niveles de ruido, analizadores de gases, aceites, medidores de espesores, aislamientos eléctricos, etc.

El mantenimiento predictivo es el futuro del mantenimiento ya que muchos equipos se están construyendo hoy en día con sensores de diversas clases, que puedan enviar señales a indicadores y registradores cada vez más sofisticados, conectados a microprocesadores.

- **Mantenimiento Productivo:** Cuando en la década de los 80 comienza a hablarse de la excelencia en el proceso productivo, el cambio de mentalidad sobre el control de la calidad, el acaparamiento a través de inventarios y las discrepancias entre el operador y el mantenedor, se hace imperiosa la necesidad de modificar la estructura, el ambiente y la política

de la empresa. En la década de los 80, los japoneses a través de su filosofía del control total de la calidad y la excelencia en la manufactura irradian este influjo sobre el mantenimiento; creando las bases del mantenimiento productivo total, el cual puede definirse por los 5 elementos que lo componen:

- ✓ Lograr la máxima efectividad del equipo por medio del mantenimiento. Preventivo económico.
- ✓ Un programa de mantenimiento preventivo para toda la vida del equipo.
- ✓ El mantenimiento es realizado por todas las dependencias de la empresa. Los operarios se encargan de prestar los primeros auxilios. Se acaba el "Yo opero, tu reparas".
- ✓ Todos los miembros de la organización tienen participación y responsabilidad. Se realiza un programa autónomo por parte de operarios.
- ✓ Se crean pequeños responsables de las actividades del mantenimiento, la existencia de estos grupos hace la diferencia entre mantenimiento productivo y mantenimiento productivo total.

Cada uno de estas concepciones y técnicas de mantenimiento se han ubicado en generaciones específicas de la evolución histórica del mantenimiento, entre las cuales podemos resaltar: ¹⁰

- Primera generación: La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la 2ª Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias, se tiene el pensamiento de que cuando se presente la avería se ejecutan las acciones de mantenimiento, utilizando entonces un mantenimiento correctivo.

¹⁰ DURAN, José Bernardo. Mantenimiento de 4ta generación, Evolución o Revolución? [Diapositivas]. Bogotá: 2005. 80 diapositivas.

- Segunda generación: correspondida entre los años 1970 y 1990, se empiezan a realizar tareas de mantenimiento para prevenir averías, trabajos cíclicos y repetitivos con una frecuencia determinada. Se presenta una mayor disponibilidad de los activos físicos, mayor vida útil de los estos activos, se reducen los costos de horas hombre y materiales, se aprovechan más las computadoras.
- Tercera generación: comprendida entre los años 1990 y 2002, se presenta una mayor confiabilidad, seguridad y calidad, ambiente, se adoptan medidas como el RCM para los sistemas más mejorables, se adopta inspecciones basadas en riesgo y análisis causa raíz plus deductivo, y finalmente el mantenimiento es visto como un departamento.
- Cuarta generación: la toma de decisiones se realizan con pocos o muchos datos por la relación costos-riesgos y se optimizan las paradas por costos riesgo incertidumbre, se optimiza los inventarios preventivos y predictivos por costos riesgo, se continua con las inspecciones basadas en riesgo en todas las industrias además del análisis causa raíz inductiva, se analiza el ciclo de vida útil de los componentes, entre muchos otros aspectos más que están en constante evolución para esta última generación del mantenimiento.

4.1.2 Objetivos del mantenimiento

La principal responsabilidad del mantenimiento es la de contribuir en el cumplimiento de los objetivos principales de la empresa o entidad de la que forma parte, para que esto suceda, los objetivos del departamento de mantenimiento deben de ser congruentes dentro de la estructura de objetivos generales de la empresa o entidad.

Los objetivos del mantenimiento son:

- Maximizar la disponibilidad de las máquinas y equipos necesarios para que la empresa continúe normalmente su actividad productiva.
- Preservar y conservar el valor de la planta y de su equipo, minimizando el desgaste y deterioro.

Cumplir con todas las metas propuestas, de la forma más económica posible. En el cumplimiento de las metas propuestas por el departamento de mantenimiento, estas son llevadas a cabo por las oportunas acciones y actividades de sostenimiento de la empresa, las cuales se podrían clasificar en dos grandes grupos, como los son:

Funciones Primarias

- Mantenimiento del equipo, incluyendo las reparaciones, revisiones de mantenimiento preventivo y reconstrucciones.
- El mantenimiento de las instalaciones de producción y administración
- Acciones como la lubricación.
- Funciones como la generación y distribución de servicios, como: energía eléctrica, vapor de proceso, aire, agua potable, entre otros.
- Establecer un medio efectivo de planeación y programación de las actividades y acciones de mantenimiento en la empresa.
- Seleccionar y capacitar al personal calificado para que lleve a cabo la responsabilidad de las acciones y deberes del departamento de mantenimiento de la empresa.

Funciones Secundarias

- El departamento de mantenimiento debe asesorar en la compra de nuevos equipos y procesos, con el propósito de asegurar que estos cumplan con los requerimientos de mantenimiento.

- Analizar e implementar medidas de adquisición de repuestos para la maquinaria y equipos de producción, con el fin de evitar contratiempos al momento de realizar las acciones de mantenimiento en los equipos.
- El departamento de mantenimiento debe supervisar y/o ejecutar las acciones de limpieza y recolección de residuos sólidos y desperdicios, ubicándolos en su respectiva clasificación.
- Contribuir en la implementación de la seguridad industrial en toda la planta de producción.
- Contribuir en la contabilidad e inventarios de los activos que dispone la empresa.

Tabla 1. Actividades básicas del mantenimiento

ACTIVIDAD	CONCEPTO	TIPO DE EVALUACION
Inspeccion	Evalua la desviacion entre el funcionamiento real y el teorico	Sensorial Instrumental
Conservacion	Minimiza la discrepancia entre el funcionamiento real y el teórico.	Limpieza Lubricación Pintura Revestimiento Ajustes
Reparacion	Restaura al estado teórico	Planificada (inspección) No Planificada (correctiva)

Cambio	Sustitución del elemento que cumplió su vida útil.	Planificado No planificado
Modificación	Mejora estado teórico	Mejorar seguridad Aumentar capacidad Eliminar fallas

Fuente: GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. III. Bucaramanga: UIS, 2001.

A continuación se presenta algunas de las definiciones y conceptos relacionados con el mantenimiento preventivo, el cual sirve de aporte en la fundamentación teórica de la que se basa el proyecto de grado.

4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO¹¹

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo.

¹¹ SIERRA A. Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrial AVM S.A. Trabajo de grado en modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2004. 196p.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo obtiene los siguientes beneficios:

- Seguridad. Las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento u operación.
- Vida útil. Una instalación sujeta a mantenimiento preventivo tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.
- Costo de reparaciones. Es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo en lugar del correctivo.
- Inventarios. Es posible reducir el costo de inventarios empleando el sistema de mantenimiento preventivo, puesto que se determina en forma más precisa los materiales de mayor consumo y se puede prever su uso en el tiempo.
- Carga de trabajo. La carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo, por lo que se puede reducir al minimizar las emergencias.

En resumen y considerando los costos directos e indirectos a mediano y largo plazo, se estima que una sana combinación de mantenimientos correctivo y preventivo puede reducir los costos en 40 a 50%. Hay que recordar que entre los costos indirectos están: pérdida de prestigio por incumplimiento de programas de producción y entregas, primas por accidentes, litigios y desmandas, desmotivación a la calidad y productividad.

4.2.1 Pasos para elaborar un programa de mantenimiento preventivo.¹²

Aceptando las políticas de implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa, estas se deben consolidar firmemente de forma ordenada y paulatina, no hay que apresurarse en la ejecución, ni tampoco empezar muy lento. Esto se debe con el fin de conservar la planta de producción con sus equipos e instalaciones a un costo mínimo.

El programa de mantenimiento preventivo debe ser hecho sobre medidas: medido y cortado para satisfacer los requerimientos individuales. La razón es clara: no hay dos plantas idénticas en tamaño, edad, localización, equipo y servicios; difieren en organización, políticas de operación; personal. Los problemas de mantenimiento preventivo son diferentes así como los problemas del mantenimiento y no responden al mismo tratamiento.

Existe semejanza en los programas de Mantenimiento Preventivo en cuanto a sus objetivos y principios básicos, más no en trabajo a desarrollar.

En general, para establecer un programa de mantenimiento preventivo en una empresa se deberían tener en cuenta los siguientes pasos:

Administración del plan. El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento preventivo consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

¹² GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. 4. Bucaramanga: UIS, 2001. P 15.

- **Inventario de las instalaciones.** El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo que muestre la identificación de éste, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia).
- **Identificación del equipo.** Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo de la planta. Se deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación.
- **Registro de las instalaciones.** El registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben alimentarse al sistema de información de mantenimiento. El registro del equipo debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexiones, detalles de cimiento, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.
- **Programa específico de mantenimiento.** Debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo. El programa incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos), frecuencia de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, herramientas especiales que se necesitan, materiales necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato.

- **Especificaciones del trabajo.** La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento.
- **Programa de mantenimiento.** El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa en donde el programa de mantenimiento preventivo entra en ejecución.
- **Control del programa.** El programa de mantenimiento preventivo debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

En general, en las circunstancias modernas actuales, la continua introducción de equipos mecánicos de servicios, de maquinaria perfeccionada y de nuevos métodos de fabricación se agrega continuamente a las tareas del mantenimiento. Para que los costos de mantenimiento sean mínimos, es preciso que se aplique un criterio de ingeniería competente tanto en la elección de la maquinaria como en la disposición de la misma y en el desarrollo de herramientas eficientes y buenas prácticas de mantenimiento.

Con un campo tan amplio de atender, es necesario que el mantenimiento preventivo este bajo la responsabilidad de un Ingeniero, que a la vez tenga buenos conocimientos técnicos y sea un buen ejecutivo.

4.3 INDICADORES DE CONFIABILIDAD

4.3.1 Confiabilidad.

Es la probabilidad de que un equipo o un sistema funcionen correctamente durante un periodo de tiempo establecido bajo unas condiciones específicas de

operación. Es necesario conocer en términos de confiabilidad: qué equipos fallan, cómo fallan, Porqué fallan, cuando fallan y cómo se compara su perfil de falla respecto del resto de equipos del laboratorio correspondiente que se esté analizando. Esta probabilidad se determina normalmente como porcentaje del tiempo.

4.3.2 Disponibilidad.

Es la probabilidad de que el sistema este funcionando satisfactoriamente en una fracción de tiempo durante la cual el sistema está en capacidad de desempeñar una determinada función. Es necesario conocer en términos de disponibilidad:

- Como las fallas de los Equipos afectan la capacidad de servicio de los laboratorios.
- Cuantos usuarios se dejan de atender por falla de los equipos.
- Cuál es el uso actual de la capacidad de servicio instalada.
- Como se compara la capacidad real disponible del sistema con las necesidades de servicio.
- Como es el uso estadístico de capacidad con las demandas futuras de capacidad de servicio.

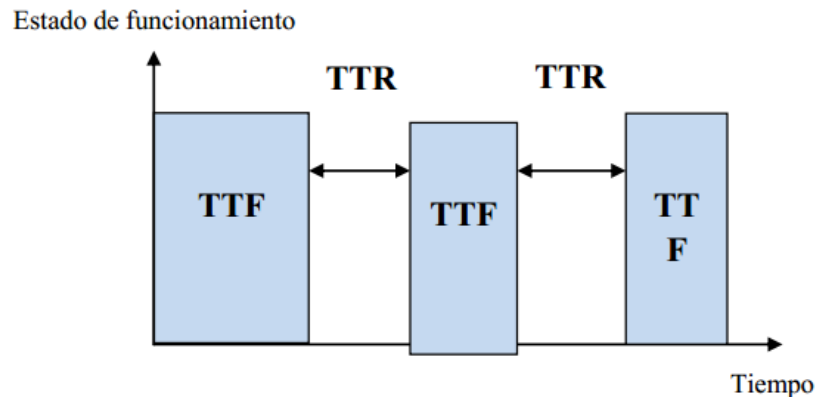
4.3.3 Mantenibilidad.

La mantenibilidad es la probabilidad de que un equipo pueda ser puesto en condiciones operacionales en un período de tiempo dado, cuando el mantenimiento es efectuado de acuerdo con unos procedimientos preestablecidos. Significa también la probabilidad de que un equipo que ha fallado, pueda ser reparado en un período de tiempo dado, este tiempo no es otro que el TPPR. En términos de mantenibilidad es necesario conocer:

- Donde se concentran los esfuerzos de mantenimiento.

- Donde el mantenimiento está teniendo problemas para conservar la capacidad del sistema.
- Cuál es el impacto de la logística actual de mantenimiento en el desempeño del sistema.

Figura 7. Tiempo para fallar y tiempo para reparar



Fuente: Implementación de la metodología de confiabilidad análisis de criticidad en los laboratorios clínico y de inmunología y biología molecular de la uis.

4.4 MODELOS DE CONFIABILIDAD

La teoría de la confiabilidad¹³ tiene sus cimientos en análisis meramente estadísticos y en leyes probabilísticas de fallas pues no existe un modelo determinista que prediga el tiempo en el cual un sistema falla. Es posible, sin embargo, aplicar un tratamiento estadístico que modele en forma realista el estudio de la confiabilidad de componentes o dispositivos que en condiciones de montaje y uso adecuado se encuentran en funcionamiento un tiempo determinado, $t = 0$. El tiempo para que ocurra la falla o duración, T , puede considerarse

¹³ LUNA, Ana Eugenia. Teoría de la confiabilidad. [En línea]. Buenos Aires.: Universidad de Buenos Aires. Departamento de física, 2005. 24p.[Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/50927500/Weibull>>

estadísticamente como la variable aleatoria continua con una función de distribución probabilística (fdp) f .

4.4.1 Conceptos fundamentales de confiabilidad.

*Función confiabilidad*¹⁴

Se define la confiabilidad de un componente o sistema, $R(T)$, a la probabilidad de que dicho componente no falle durante el intervalo $[0,t]$ o lo que es lo mismo a la probabilidad de que falle en un tiempo mayor que t . Siendo $R(t) = P(T > t)$ y T la duración del componente. Si $f(t)$ es la función de densidad de probabilidad (pdf), la confiabilidad puede expresarse como:

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(s) ds \quad (1)$$

La confiabilidad también se podría definir en términos de la función de distribución acumulativa (cdf), que es la probabilidad de que un ítem falle en el intervalo $(0, t)$, resultando de esta relación la siguiente expresión:

$$R(t) = 1 - P(T < t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

La relación entre la función confiabilidad y la función probabilidad de falla se muestra en la figura 8.

Función de riesgo

La tasa de falla o función de riesgo $h(t)$ es también un concepto muy usado en la teoría de la confiabilidad y representa la proporción de artículos que funcionan entre t y $t + \Delta t$ de aquellos que aún funcionaban en el instante t . Su valor se puede calcular a partir de la siguiente expresión¹⁵:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3)$$

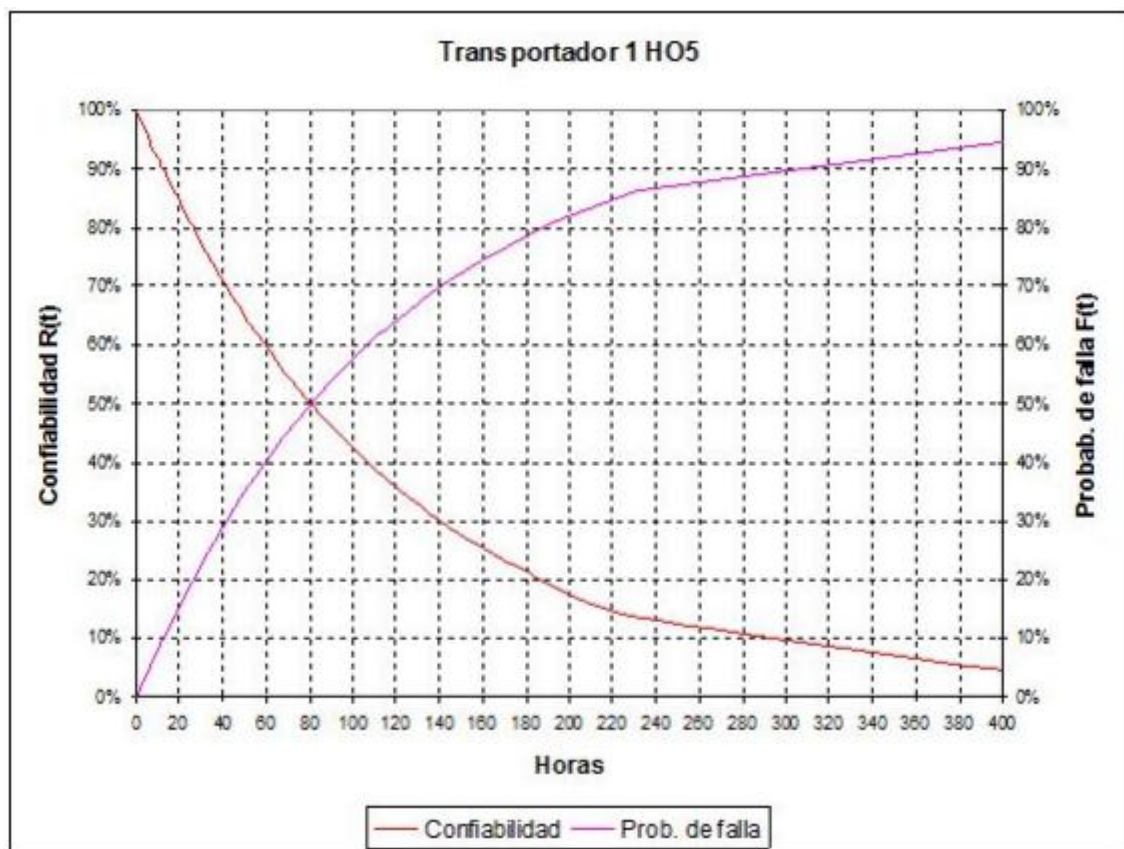
¹⁴ *Ibíd.*, 24 p.

¹⁵ *Ibíd.*, 24 p.

Hay que tener en cuenta que esta función no es una probabilidad, por lo tanto pueden existir valores mayores a 1.

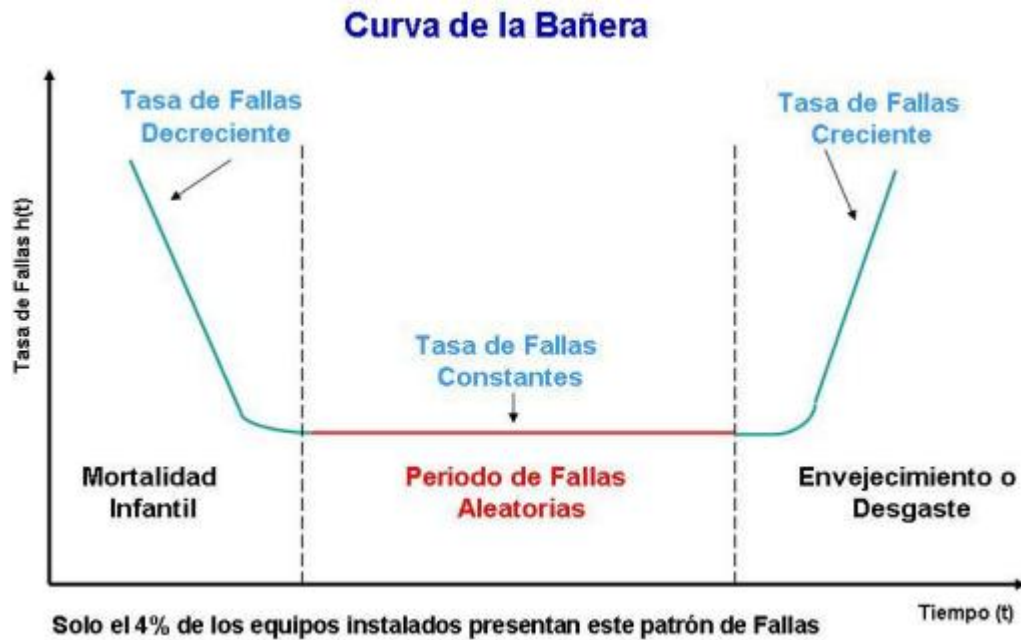
La función de riesgo $h(t)$ para un equipo o unidad varia en el tiempo como se muestra en la figura 9. Lo que para efectos prácticos en confiabilidad se le llama la curva de la bañera, esta es una curva que permite analizar las fallas durante el período de vida útil de un equipo. Tiene forma de bañera debido a que la vida útil de los dispositivos tiene un comportamiento que viene reflejado por tres etapas, la mortalidad infantil, las fallas aleatorias y el envejecimiento.

Figura 8. Relación entre la función confiabilidad y la función probabilidad de falla



Fuente: <http://confiabilidad.net/articulos/calculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull/>

Figura 9. Curva de la bañera



Fuente: <http://mantenancela.blogspot.com/2010/05/desde-la-implementacion-del-primer.html>

La curva de la bañera se puede interpretar para cada una de sus etapas de la siguiente manera:

Tasa de fallas decreciente: El sistema presenta menor número de fallas a medida de que envejece y esto es conocido también como mortalidad infantil o en inglés como burn in, y las fallas se presentan por lo regular a defectos de materiales, malos diseños, montajes inadecuados, mantenimientos incorrectos, etc.

Tasa de fallas constantes: La probabilidad de falla del sistema es independiente de la edad de su edad, esto significa que el sistema podría falla en cualquier instante de tiempo, estas fallas en general se deben a causas inmediatas o básicas causadas por condiciones técnicas de equipos o del recurso humano.

Tasa de fallas creciente: El sistema presenta más fallas a medida que aumenta de edad, esto se conoce también como envejecimiento o wearout. Las fallas en esta etapa se presentan desgaste de los elementos, envejecimiento o la pérdida de funcionalidad. En esta etapa hay que decidir si las reparaciones del equipo pueden llegar a ser más costosas que adquirir un equipo nuevo.

Para los componentes y equipos electrónicos la zona de velocidad de falla creciente no es muy pronunciada ya que en la mayoría de ellos el fenómeno de wearout o envejecimiento no es tan frecuente.

Tiempo medio entre fallas(MTBF)

El tiempo medio entre fallas (MTBF, es un término muy utilizado en confiabilidad para equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos para saber cuál es el tiempo promedio en que el equipo no falla. En términos matemáticos es la esperanza de t (t siendo el tiempo entre 2 fallas), dada la función de distribución $f(t)$:

$$MTBF = E(t) = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (4)$$

Y al integrar por partes se obtiene:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (5)$$

4.4.2 Probabilidades más usadas en estudios de confiabilidad.

Las distribuciones que más se utilizan en el cálculo de los índices de confiabilidad y la mantenibilidad, son la exponencial, la normal y la de Weibull. cada una de ellas se va a explicar teniendo en cuenta en qué casos es más factibles utilizarlas y en cuáles no, se va a tener un tratamiento especial con la distribución de Weibull, ya que según muchos autores es la más adecuada para realizar los cálculos porque tiene son casos especiales de la distribución de Weibull.

Distribución exponencial

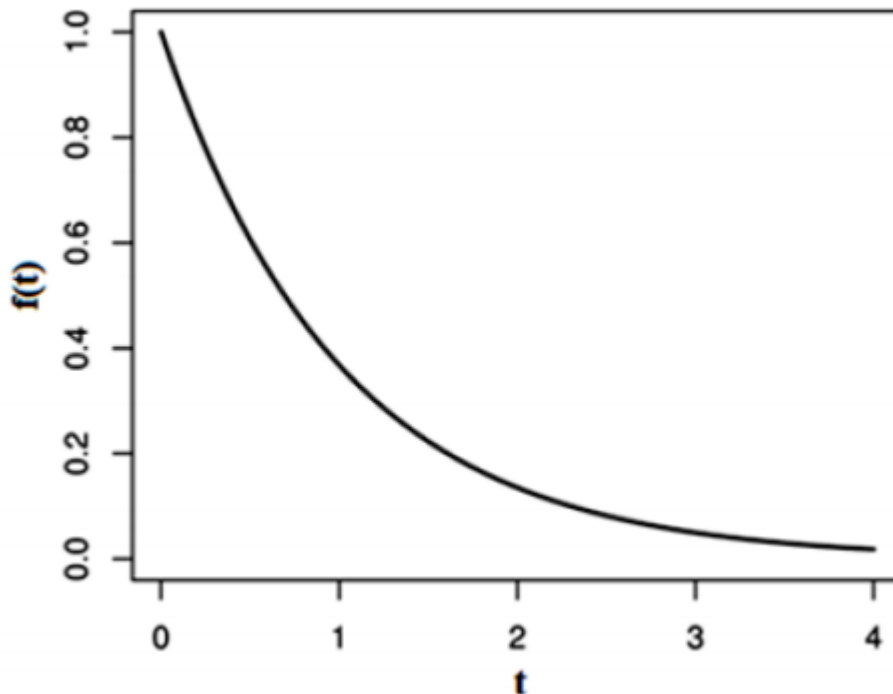
Esta distribución se utiliza para componentes eléctricos y electrónicos principalmente y no para elementos mecánicos en los que el desgaste se va acumulando desde su puesta en marcha (Navarro, 1997,18). El índice de fallo resulta constante, por lo que se adapta bien a la zona de vida útil del equipo.

Las funciones asociadas a esta distribución son las mostradas a continuación: La densidad de probabilidad de falla (pdf) de la función exponencial ver figura 10, está dada por la expresión general:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \text{ para } t > 0 \quad (6)$$

Donde λ , es la tasa de fallas

Figura 10. Distribución exponencial estándar



Fuente:<[www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/.../bautista_espinosa_rosa_maria_2011.p
df](http://www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/.../bautista_espinosa_rosa_maria_2011.pdf)>

Función de distribución acumulativa de falla:

$$F(t) = P(T < t) = \int_0^t f dt = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt (t)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (7)$$

Función de confiabilidad o supervivencia:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda t}]$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (8)$$

Función de riesgo:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}$$

$$h(t) = \lambda, \text{ constante} \quad (9)$$

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t}$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} (10)$$

Función de mantenibilidad: Indica la probabilidad de que la funcionalidad del sistema sea recuperada en el momento especificado de mantenimiento, o antes (tiempo empleado t):

$$M(t) = P(TTR \leq t) = \int_0^t m(t) dt$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (11)$$

Donde μ es la tasa de reparaciones

Tiempo medio para reparar (MTTR):

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (12)$$

Distribución normal

Es una distribución discreta que se presenta con frecuencia cuando la vida útil de los componentes se ve afectada desde un comienzo por el desgaste, sirve para describir muy bien los fenómenos de envejecimiento de equipos, modelos de fatiga y fenómenos naturales. En esta distribución las fallas tienden a distribuirse de una forma simétrica alrededor de la vida media. (Díaz, 1992,20)

Las funciones asociadas a esta distribución son las mostradas a continuación:

La densidad de probabilidad de falla (pdf) para la distribución normal o de Gauss, está dada por la expresión general:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (13)$$

Donde, σ = desviación estándar y es el parámetro de escala de la pdf normal, y μ

= es la media y el parámetro de localización

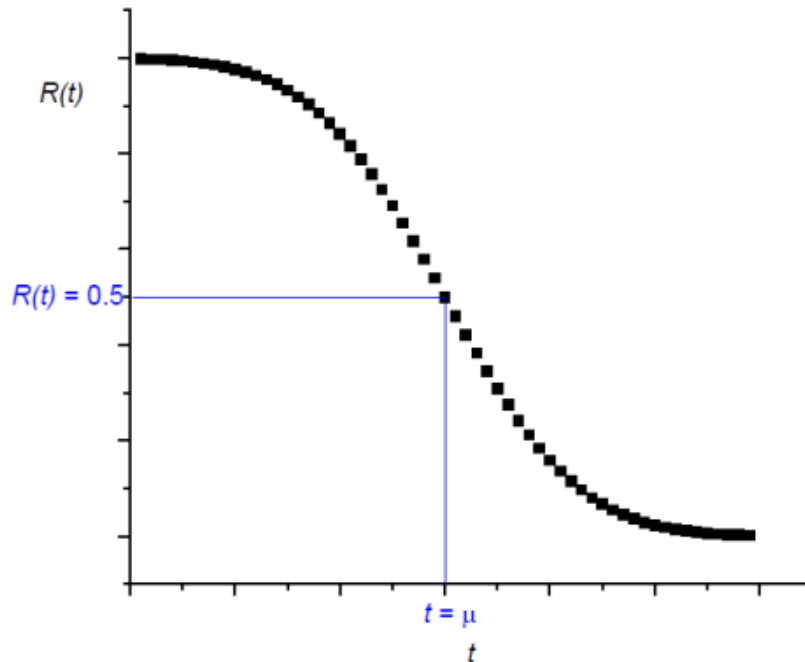
Función de confiabilidad o supervivencia ver figura 11:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \quad (14)$$

Usando la función de distribución normal acumulativa tabulada Φ se obtiene¹⁶:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (15)$$

Figura 11. Grafica de la función confiabilidad de la ley normal de falla



Fuente: Gráfica de una distribución Normal [en línea] Disponible <http://focuslab.lfp.uba.ar/public/CursoTErrores2k4/Monografias2005/Ana_E_Luna.pdf>

Función de riesgo:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}} \quad (16)$$

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

$$MTBF = \mu \quad (17)$$

Distribución Weibull

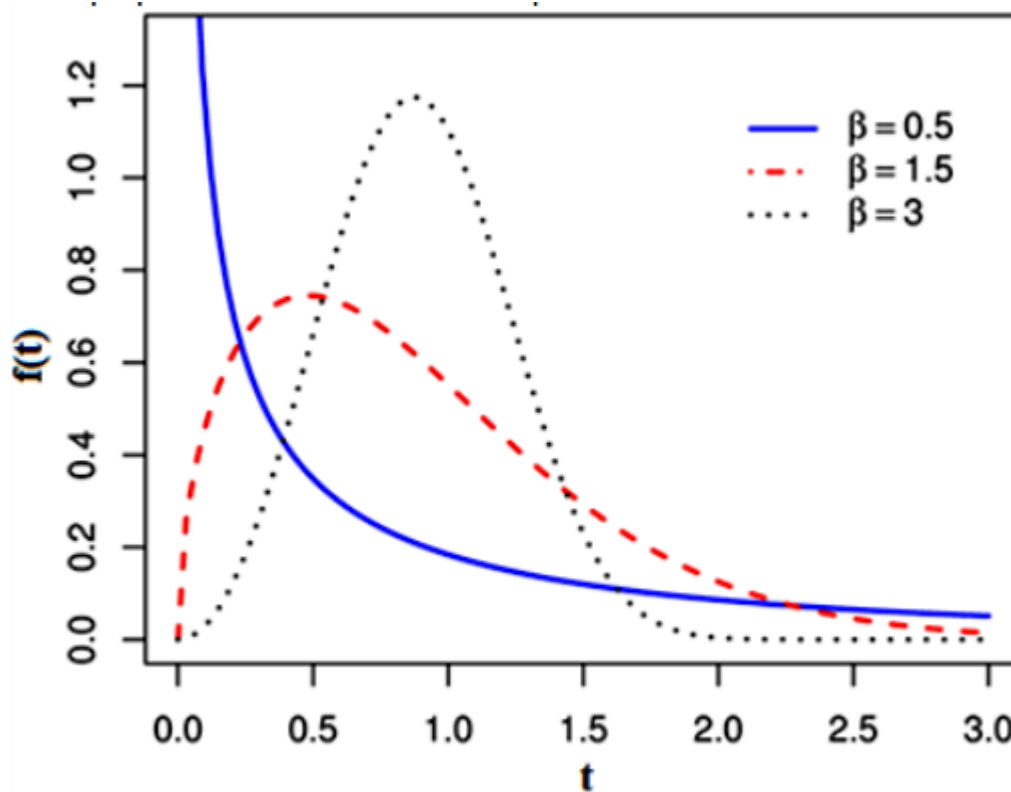
Esta distribución está siendo utilizada con frecuencia para representar la vida de los componentes, ya que posee una serie de ventajas sobre los demás, Ventajas como técnicas graficas sencillas para su aplicación práctica y que es la única

función de probabilidad que puede utilizarse para representar cualquier tipo de tasa de falla (Ebellig, 1977,58)(Kelly y otro,1998,24). También se ha usado para representar la vida de servicio de tubos y otros equipo electrónicos (céspedes y Toro, 2001, 54).

Una de las ventajas significativas que posee la distribución Weibull es que es muy manejable y se acomoda a las tres zonas (infancia o rodaje, madurez o vida útil y envejecimiento) de la curva de la bañera o de Davies. La distribución de Weibull posee, en su forma general, tres parámetros, lo que le da una gran flexibilidad; ellos son:

- Parámetro de posición (γ): El más difícil de estimar y por este motivo se supone con frecuencia que vale cero. Indica el lapso en el cual la probabilidad de falla es nula. (Forcadas,1983,42)
- Parámetro de escala o característica de vida (η): Su valor es determinante para fijar la vida útil del producto o del sistema refleja el tamaño de las unidades en las cuales se mide la variable aleatoria t (tiempo para la falla), meses, años etc.
- Parámetro de forma (β): Refleja la dispersión de los datos y determina la forma que toma la distribución. Y es la causa de la variación de forma en la función de densidad de probabilidad de falla ver figura 12. Si se cambia el valor de β se pueden generar muchos grupos de curvas con el fin de modelar distribuciones reales de tiempos de falla.

Figura 12. Tipos de pdf para diferentes valores del parámetro de forma.



Fuente: <www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/.../bautista_espinosa_rosa_maria_2011.pdf>

La densidad de probabilidad de falla (pdf) para la distribución de Weibull, está dada por la expresión general:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (18)$$

Función de distribución acumulativa de falla:

$$f(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (19)$$

Función de confiabilidad o supervivencia:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (20)$$

Función de riesgo:

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (21)$$

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

$$MTBF = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (22)$$

Tiempo medio para reparar (MTTR):

$$MTTR = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (23)$$

Función de mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (24)$$

La función de riesgo que viene dada por la ecuación (21), Esta relación da varias formas de curvas de riesgo, dependiendo del parámetro β , como se muestra a continuación:

- $\beta < 1$ Implica Mortalidad Infantil
- $\beta = 1$ Implica Falla Aleatoria: Es igual a una distribución exponencial
- $1 < \beta < 4$ Implica falla por deterioro temprano
- $\beta > 4.0$ Implica deterioro rápido por edad de uso

5 DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS.

Debido a los procesos que se realizan en los laboratorios del CROM-MASS de la Facultad de Ciencias Básicas de la UIS, es necesario establecer hacia que equipos se deben dirigir todos los esfuerzos y metodologías de mantenimiento para atender las áreas o subsistemas más críticos. En el presente capítulo se realiza un Análisis de criticidad el cual es la base estructural de nuestro Plan de mantenimiento preventivo, el objetivo principal de este proyecto, es conocer los equipos que serán objeto de estudio.

5.1 Diagnóstico de los Equipos

En la selección de los equipos se determinara de un análisis de criticidad llevado a cabo a través de los estándares del uso del modelo de factores ponderados que se basa en el concepto de riesgo. Para un fácil desarrollo de este estudio se decide hacer un diagnóstico general de equipos en donde valoramos la actualidad de las condiciones previas de estos que nos sirvan como principio para la jerarquización que se realiza. En esta fase se hizo la parte previa de investigación, teniendo como objetivo desarrollar el reconocimiento y familiarización de los procesos realizados por el laboratorio de cromatografía. Siguiendo la misma línea, se prosiguió a hacer un recorrido de todas las instalaciones del laboratorio y sus respectivos equipos y personal de trabajo. Para comenzar, se llevó a cabo una serie de inspección y evaluación para el funcionamiento de todos los equipos, que nos sirve para conocer el verdadero estado en que se encuentran, para evitar que la investigación se desviara a sectores donde el mantenimiento preventivo no tuviese ninguna posibilidad de aplicación.

En la tabla 2. Se presenta el inventario de equipos de los laboratorio del CROM-MASS los cuales se les van hacer el estudio de estudio de criticidad.

Tabla 2. Listado de equipo Laboratorio CROM-MASS



No.	NOMBRE	CODIGO	CANTIDAD
1	CROMATOGRAFO DE GASES	GC	12
2	CROMATOGRAFO LIQUIDO	LC	2
3	BALANZA ANALITICA	BA	5
4	DISPENSETTE	DIS	13
5	TRANSFERPETTE	PEM	10
6	SONOMETRO	SM	1
7	TERMOMETRO DE VIDRIO CON LIQUIDO	TM	6
8	TERMOMETRO DIGITAL	TMD	5
9	TERMOMETRO INFRARROJO	TMI	1
10	PESA PATRON	PP	6
11	TERMOHIGROMETRO AMBIENTAL DIGITAL	TAD	5
12	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	PC	21
13	HORNO ELECTRICO	HE	5
14	ESTUFA	ES	3
15	SHAKER	SH	5
16	NEVERA	NV	8
17	CONGELADOR	CON	1
18	DESTILADOR DE AGUA	DES	2
19	BAÑO DE AGUA RECIRCULATORIO	BAR	8
20	AIRE ACONDICIONADO	AA	9
21	CABINE EXTRACTORA DE GASES	CEG	3
22	BAÑO ULTRASONICO	BU	2
23	CENTRIFUGADORA	CE	2
24	ROTOEVAPORADOR	ROE	3
25	EVAPORADOR	EE	1
26	SISTEMA PURIFICADOR DE AGUA	SPA	1
27	PLANTA ELECTRICA	PE	1
28	UNIDAD DE ALIMENTACION ELECTRICA INTERRUMPIDA	UPS	1
29	SOX TEC	SOXT	2

Fuente: Autor del proyecto

La evaluación del estado de los equipos se realizó mediante una inspección visual del comportamiento de los instrumentos, así como el análisis de los procesos y las frecuencias de operación. El criterio utilizado en la calificación de los equipos se muestra en forma cualitativa con Bueno (B), Regular (R), Malo (M) y No sirve (NS).



El diagnóstico general que se realizó para los laboratorios del CROM-MASS se presenta en las tablas 3, 4, 5, 6 y 7.

Tabla 3. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 1.

		LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 Universidad Industrial de Santander
Formulario Diagnostico de Equipo		Pag. 1-1		DIVISION DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO
DESCRIPCION DEL EQUIPO	CALIFICACION	ANALISIS		
GC-1	M	ESTA EN REPARACION DESDE HACE MESES		
GC-2	M	ESTA EN REPARACION DESDE HACE MESES		
GC-3	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-4	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-5	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-6	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-7	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-8	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-9	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-10	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-11	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
GC-12	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
LC-1	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
LC-2	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
BA-01	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO		
BA-02	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO		
CD-01	B	NO HAY OBSERVACIONES		
CD-02	B	NO HAY OBSERVACIONES		
DIS-01	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA EN CALIBRACION		
DIS-02	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN		
DIS-03	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA EN CALIBRACION		
DIS-04	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN		
DIS-05	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA EN CALIBRACION		
DIS-06	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN		
DIS-07	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN		
DIS-08	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN		
DIS-09	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN		
DIS-10	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN		
PEM-01	R	NO ESTA EN USO		



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 4. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 2.

 LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 Universidad Industrial de Santander
Formulario Diagnostico de Equipo		Pag. 1-2
		DIVISION DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO
DESCRIPCION DEL EQUIPO	CALIFICACION	ANALISIS
TM-01	B	SIN OBSERVACIONES
TM-02	B	SIN OBSERVACIONES
TM-04	B	SIN OBSERVACIONES
TM-05	B	EL TERMOMETRO SE ECUENTRA FUNCIONANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA UNA VERIFICACION
TM-06	B	EL TERMOMETRO SE ECUENTRA FUNCIONANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA UNA VERIFICACION
TM-07	B	EL TERMOMETRO SE ECUENTRA FUNCIONANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA UNA VERIFICACION
TM-08	B	EL TERMOMETRO SE ECUENTRA FUNCIONANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA UNA VERIFICACION
TM-09	B	SIN OBSERVACIONES
TM-10	B	SIN OBSERVACIONES
TM-11	B	EL EQUIPO ACABA DE SER ADQUIRIDO
TMI-01	B	SIN OBSERVACIONES
TAD-01	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO
TAD-02	NS	NO SE ENCUENTRA EN FUNCIONAMIENTO, SE RECOMIENDA DARLO DE BAJA
TAD-03	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO
TAD-04	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO
TAD-05	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO
PP-01	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO
PEM-02	R	NO ESTA EN USO
PEM-03	R	NO ESTA EN USO
PEM-04	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN
PEM-05	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN
PEM-06	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA EN CALIBRACION
PEM-07	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA EN CALIBRACION
PEM-08	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA EN CALIBRACION
PEM-09	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN
PEM-10	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN
SM-01	R	FUNCIONA BIEN BAJO LOS PARAMETROS DE USO, PERO FALTA CALIBRARLO
PP-02	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO
PP-03	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 5. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 3.

		LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 Universidad Industrial de Santander
Formulario Diagnostico de Equipo		Pag. 1-3		DIVISION DE MANTENIMIENTO TECNOLOGICO
DESCRIPCION DEL EQUIPO	CALIFICACION	ANALISIS		
PC-17	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-18	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
EQ-15	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
E UV/VIS -02	B	NO SE ENCUENTRAN EN USO		
E UV/VIS -03	B	NO SE ENCUENTRAN EN USO		
E UV/VIS -04	B	NO SE ENCUENTRAN EN USO		
HE-01	B	SE RECOMIENDA REVISION DE COMPONENTES ELECTRICOS		
ES-01	B	SE RECOMIENDA REVISION DE COMPONENTES ELECTRICOS		
HE-02	B	SE RECOMIENDA REVISION DE COMPONENTES ELECTRICOS		
SH-01	B	SIN OBSERVACIONES		
SH-02	B	SIN OBSERVACIONES		
SH-03	B	SIN OBSERVACIONES		
SH-04	B	SIN OBSERVACIONES		
SH-05	B	SIN OBSERVACIONES		
NV-01	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA VERIFICAR LOS RANGOS DE TEMPERATURA		
NV-02	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA VERIFICAR LOS RANGOS DE TEMPERATURA		
NV-03	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA VERIFICAR LOS RANGOS DE TEMPERATURA		
NV-04	B	EL EQUIPO SE ENCUENTRA TRABAJANDO BIEN, SE LE RECOMIENDA VERIFICAR LOS RANGOS DE TEMPERATURA		
PP-04	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO		
PP-05	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO		
PP-06	B	EL EQUIPO ACABA DE SER CALIBRADO		
PC-01	B	NO SE ENCUENTRA EN FUNCIONAMIENTO		
PC-02	B	SIN OBSERVACIONES		
PC-03	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-04	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-05	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-06	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-07	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-08	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-09	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-10	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 6. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 4.

		LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 Universidad Industrial de Santander
Formulario Diagnostico de Equipo		Pag. 1-4		DIVISION DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO
DESCRIPCION DEL EQUIPO	CALIFICACION	ANALISIS		
PC-11	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-12	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-13	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-14	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-15	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
PC-16	B	EL EQUIPO PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO		
CON-01	B	SIN OBSERVACIONES		
DES-01	B	BUEN ESTADO, SE RECOMIENDA UNA LIMPIEZA INTERNA		
DES-02	R	EL QUIPO PRESENTA UNA FUGA		
BAR-01	B	SIN OBSERVACIONES		
BAR-02	B	SIN OBSERVACIONES		
BAR-03	B	SIN OBSERVACIONES		
AA-01	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-02	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-03	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-04	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-05	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-06	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-07	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-08	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		
AA-09	B	EL QUIPO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, SE LE RECOMIENDA UN LIMPIEZA		

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 7. Diagnóstico de equipos en el laboratorio del CROM-MASS parte 5.

		LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 Universidad Industrial de Santander
Formulario Diagnostico de Equipo		Pag. 1-5		DIVISION DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO
DESCRIPCION DEL EQUIPO	CALIFICACION	ANALISIS		
CEG-01	B	NO SE ENCUENTRA EN USO		
CEG-02	B	SU FUNCIONAMIENTO ES NORMAL, PERO SE RECOMIENDA UN LIMPIEZA Y UNA REVISION DEL VENTILADOR EXTRACTOR		
BU-01	B	SIN OBSERVACIONES		
CE-01	NS	SE RECOMIENDA CAMBIARLA		
ROE-01	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
ROE-02	B	OPTIMO FUNCIONAMIENTO		
EE-01	B	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, PERO SE LE RECOMIENDA REVISION DE COMPONENTES ELECTRICOS		
SPA	B	SIN OBSERVACIONES		
UPS	B	SIN OBSERVACIONES		

Fuente: Autor del proyecto

Realizado este estudio previo, los resultados obtenidos son muy alentadores por que se evidencia que los equipos de los laboratorios del CROM-MASS se encuentran en su mayoría en muy buen estado, con algunas excepciones, que en realidad no afectan los procesos porque tienen bastante flexibilidad operacional, era lo esperado por que estos laboratorios especializados los cuales no pueden permitir tener equipos en un estado desfavorable porque colocarían en riesgo los procesos que aquí se realizan.

5.2 Estudio de la Metodología para el Análisis de Criticidad

Un análisis de criticidad es método que sirve de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de los procesos, de los sistemas y de los equipos, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Este método fue seleccionado por que este

método de evaluación involucra criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Este análisis está desarrollado con un enfoque hacia la frecuencia de falla y las consecuencias de dicha falla. Para tener en cuenta estos factores se consideran los siguientes aspectos:

- **Frecuencia de falla:** Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.
- **Impacto Operacional:** Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- **Flexibilidad Operacional:** Es la facilidad que tiene la producción de adaptarse a los cambios inesperados, sin recaer en el aumento de costos o pérdidas.
- **Costos de Mantenimiento:** Son los gastos que implica la tarea de mantenimiento, sin incluir los costos producidos por la falla en la producción.
- **Impacto de seguridad y medio ambiente:** Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda lesionada o produciendo la violación de cualquier regulación ambiental.

La lista anterior permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo que garantice el correcto funcionamiento de los equipos. Estos factores serán evaluados bajo las condiciones que se encuentran en (ver la figura 13)¹⁶.

¹⁶ Gonzalez B, Carlos Ramon., Conferencias de ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, 2001.

Figura 13. Tabla de factores ponderados.

$$\text{Críticidad Total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtto.} + \text{Impacto SAH})$$

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mtto.:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 falla/año	1		
Impacto Operacional:		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Afecta el ambiente /instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
Flexibilidad Operacional:			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Conferencias de ingeniería de mantenimiento

Una aplicación de este método fue desarrollada por un grupo de consultoría inglesa denominado: TheWoodhousePartnershipLimited [WoodhouseJhon. —CriticalityAnalysisRevisitedII, TheWoodhousePartnershipLimited, Newbury, England 1994].

Este es un método bastante práctico y a continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para calcular la criticidad:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia o tasa de falla} \times \text{consecuencia de falla} \quad (25)$$

$$\text{Frecuencia} = \text{Rango de fallas en un tiempo determinado} \left(\frac{\text{fallas}}{\text{año}} \right) \quad (26)$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Imp. Oper.} \times \text{Flexibilidad}) + \text{costos mtto} + \text{impacto SAH} \quad (27)$$

El máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados es de 200.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad – valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X.

La matriz de criticidad permite jerarquizar los niveles en tres áreas como se muestran a continuación:

- **Área de sistemas no críticos (NC):** Son los equipos que en el caso de fallar no repercuten de manera importante en el proceso productivo.
- **Área de sistemas de media criticidad (MC):** Son los equipos que en el caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permite lapsos relativamente largos para reparar la avería.
- **Área de sistemas críticos (C):** Son aquellos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente.

Los valores que aparecen en el formato para encuesta de análisis de criticidad pertenecen a los criterios evaluados en la ecuación de riesgo, cabe resaltar que el valor que se utiliza en la ecuación corresponde a un promedio de las respuestas dadas por la totalidad del personal que labora en el laboratorio.

En la figura 14, se ejemplifica el formato de la encuesta que se utilizó para encuestar al personal que opera los equipos que se encuentran en los Laboratorios del CROM-MASS. Esta encuesta está compuesta por 5 preguntas. Cada pregunta tiene una serie de respuestas con una ponderación diferente, esta ponderación se presenta en la tabla 4 y le asigna un valor específico a cada valor o parámetro dependiendo de las características del equipo a evaluar.

Figura 14. Formato de encuesta análisis de criticidad.

FORMATO PARA ENCUESTA DE ANALISIS DE CRITICIDAD	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Objetivo: Esta encuesta busca conocer la importancia que tienen los equipos en el proceso, para un análisis global.	
FECHA:	N° INVENTARIO:
EQUIPO:	NOMBRE DE LA PERSONA:
UBICACIÓN:	
FRECUENCIA DE FALLAS	
	Pobre mayor a 2 fallas/año
	Promedio 1-2 fallas/año
	Buena 0.5-1 fallas/año
	Excelente menos de 0.5 falla/año
IMPACTO OPERACIONAL	
	Perdida de todo el despacho
	Para del sistema o subsistema y tiene repercusion en otros sistemas
	Impacta en niveles de inventario o calidad
	No genera ningun efecto significativo sobre operaciones y produccion
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
	Noexiste opcion de produccion y no hay funcion de repuesto
	Hay opcion de repuesto compartido/almacen
	Funcion de repuesto disponible
COSTO DE MANTENIMIENTO	
	Mayor o igual 20.000 \$ (incluye repuestos)
	Inferior a 20.000 \$ (incluye repuestos)
IMPACTO DE SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
	Afecta la seguridad humana tano como interna y requiere la notificacion a entes
	Afecta el ambiente/instalaciones
	Afecta las intalaciones causando daños severos
	Provoca daños menores (ambiente-seguridad)
	No provaca ningun tipo de daños a personas, instalaciones

Fuente: Autor del proyecto.

A continuación se presentan los resultados obtenidos al aplicar las ecuaciones de Criticidad, Frecuencia y Consecuencia, para los Laboratorios del CROM-MASS, con estos podemos obtener la relación de prioridades en lo referente a las atenciones necesarias para lograr unos altos índices de confiabilidad para los equipos. El cálculo de la criticidad se realizó según la tabla (ver tabla 2) en el cual los equipos que están señalados con el color rojo son los equipos que corresponden a los más críticos en los Laboratorios del CROM-MASS y son equipos que necesitan plan de mantenimiento preventivo, los que están con azul corresponden a los medianamente críticos, y aquellos que están en color amarillo

son los que no afectan de manera importante el desarrollo de los procesos realizados.

Tabla 8. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 1

N°	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad opracional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
1	GC-01	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
2	GC-02	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
3	GC-03	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
4	GC-04	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
5	GC-05	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
6	GC-06	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
7	GC-07	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
8	GC-08	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
9	GC-09	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
10	GC-10	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
11	GC-11	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
12	GC-12	CROMATOGRAFO DE GASES	1	10	4	2	3	45	45
13	LC-01	CROMATOGRAFO LIQUIDO	1	10	4	2	3	45	45
14	LC-02	CROMATOGRAFO LIQUIDO	1	10	4	2	3	45	45
15	BA-01	BALANZA ANALITICA	2	7	2	1	1	16	32
16	BA-02	BALANZA ANALITICA	2	7	2	1	1	16	32
17	DIS-01	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
18	DIS-02	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
19	DIS-03	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
20	DIS-04	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
21	DIS-05	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
22	DIS-06	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
23	DIS-07	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
24	DIS-08	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
25	DIS-09	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
26	DIS-10	DISPENSETTE	1	7	2	1	3	18	18
27	PEM-01	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
28	PEM-02	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
29	PEM-03	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
30	PEM-04	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 9. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 2

N°	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad opracional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
31	PEM-05	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
32	PEM-06	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
33	PEM-07	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
34	PEM-08	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
35	PEM-09	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
36	PEM-10	TRANSFERPETTE	1	7	2	1	3	18	18
37	SM	SONOMETRO	1	1	2	1	3	6	6
38	TM-01	TERMOMETRO DE VIDRIO CON LIQUIDO	1	4	4	1	3	20	20
39	TM-02	TERMOMETRO DE VIDRIO CON LIQUIDO	1	4	4	1	3	20	20
40	TM-04	TERMOMETRO DE VIDRIO CON LIQUIDO	1	4	4	1	3	20	20
41	TM-05	TERMOMETRO DIGITAL	1	4	4	1	3	20	20
42	TM-06	TERMOMETRO DIGITAL	1	4	4	1	3	20	20
43	TM-07	TERMOMETRO DIGITAL	1	4	4	1	3	20	20
44	TM-08	TERMOMETRO DIGITAL	1	4	4	1	3	20	20
45	TM-09	TERMOMETRO DE VIDRIO CON LIQUIDO	1	4	4	1	3	20	20
46	TM-10	TERMOMETRO DE VIDRIO CON LIQUIDO	1	4	4	1	3	20	20
47	TM-11	TERMOMETRO DIGITAL	1	4	4	1	3	20	20
48	TMI-01	TERMOMETRO INFRARROJO	1	4	4	1	3	20	20
49	TAD-01	TERMOHIGROMETRO AMBIENTAL DIGITAL	1	1	2	1	1	4	4
50	TAD-03	TERMOHIGROMETRO AMBIENTAL DIGITAL	1	1	2	1	1	4	4
51	TAD-04	TERMOHIGROMETRO AMBIENTAL DIGITAL	1	1	2	1	1	4	4
52	TAD-05	TERMOHIGROMETRO AMBIENTAL DIGITAL	1	1	2	1	1	4	4
53	PP-01	PESA PATRON	1	7	4	1	3	32	32
54	PP-02	PESA PATRON	1	7	4	1	3	32	32
55	PP-03	PESA PATRON	1	7	4	1	3	32	32
56	PP-04	PESA PATRON	1	7	4	1	3	32	32
57	PP-05	PESA PATRON	1	7	4	1	3	32	32
58	PP-06	PESA PATRON	1	7	4	1	3	32	32
59	PC-01	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
60	PC-02	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 10. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 3

N°	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad opracional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
61	PC-03	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
62	PC-04	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
63	PC-05	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
64	PC-06	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
65	PC-07	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
66	PC-08	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
67	PC-09	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
68	PC-10	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
69	PC-11	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
70	PC-12	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
71	PC-13	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
72	PC-14	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
73	PC-15	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
74	PC-16	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
75	PC-17	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
76	PC-18	PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	7	4	1	3	32	32
77	EQ-15	ESPECTROFOMETRO	1	4	2	2	3	13	13
78	E UV/VIS -02	ESPECTROFOMETRO	1	4	2	2	3	13	13
79	E UV/VIS -03	ESPECTROFOMETRO	1	4	2	2	3	13	13
80	E UV/VIS -04	ESPECTROFOMETRO	1	4	2	2	3	13	13
81	HE-01	HORNO ELECTRICO	1	7	4	2	4	34	34
82	HE-02	HORNO ELECTRICO	1	7	4	2	4	34	34
83	ES-01	ESTUFA	1	7	4	1	3	32	32
84	SH-01	SHAKER	1	7	4	2	3	33	33
85	SH-02	SHAKER	1	7	4	2	3	33	33
86	SH-03	SHAKER	1	7	4	2	3	33	33
87	SH-04	SHAKER	1	7	4	2	3	33	33
88	SH-05	SHAKER	1	7	4	2	3	33	33
89	NV-01	NEVERA	1	7	4	2	3	33	33
90	NV-02	NEVERA	1	7	4	2	3	33	33

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 11. Cálculo de criticidad laboratorios del CROM-MASS. Parte 4

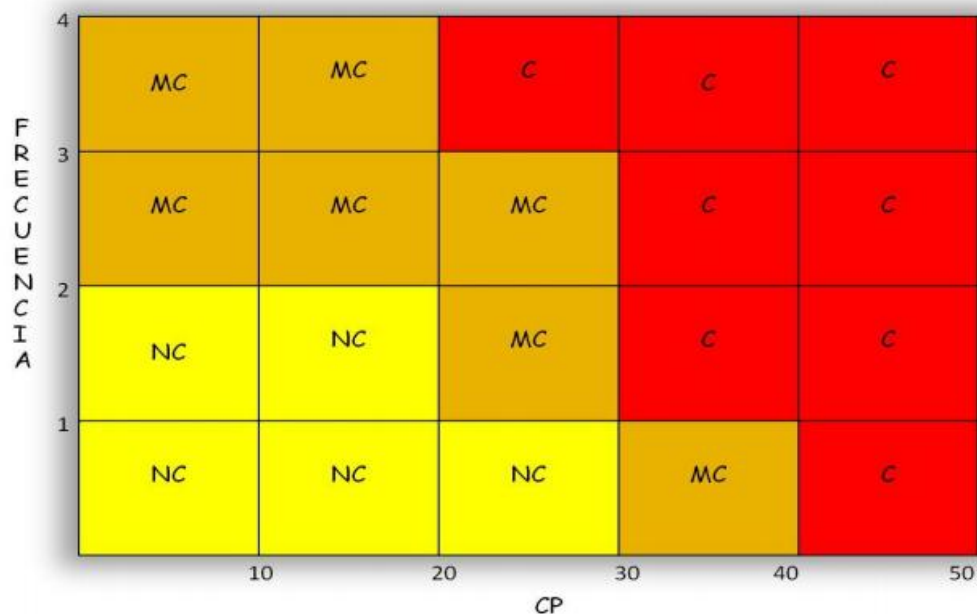
N°	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad opracional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
91	NV-03	NEVERA	1	7	4	2	3	33	33
92	NV-04	NEVERA	1	7	4	2	3	33	33
93	CON-01	CONGELADOR	1	7	4	2	3	33	33
94	DES-01	DESTILADOR DE AGUA	1	10	4	1	3	44	44
95	DES-02	DESTILADOR DE AGUA	2	7	4	1	3	32	64
96	BAR-01	BAÑO DE AGUA RECIRCULATORIO	1	7	4	1	5	34	34
97	BAR-02	BAÑO DE AGUA RECIRCULATORIO	1	7	4	1	5	34	34
98	BAR-03	BAÑO DE AGUA RECIRCULATORIO	1	7	4	1	5	34	34
99	AA-01	AIRE ACONDICIONADO	1	7	4	2	3	33	33
100	AA-02	AIRE ACONDICIONADO	3	7	2	2	3	19	57
101	AA-03	AIRE ACONDICIONADO	1	7	4	2	3	33	33
102	AA-04	AIRE ACONDICIONADO	1	7	4	2	3	33	33
103	AA-05	AIRE ACONDICIONADO	1	7	4	2	3	33	33
104	AA-06	AIRE ACONDICIONADO	1	7	4	2	3	33	33
105	AA-07	AIRE ACONDICIONADO	1	7	4	2	3	33	33
106	AA-08	AIRE ACONDICIONADO	1	7	4	2	3	33	33
107	AA-09	AIRE ACONDICIONADO	1	10	4	2	3	45	45
108	CEG-01	CABINE EXTRACTORA DE GASES	1	7	4	2	8	38	38
109	CEG-02	CABINE EXTRACTORA DE GASES	1	7	4	2	8	38	38
110	BU-01	BAÑO ULTRASONICO	1	7	2	1	3	18	18
111	CE-01	CENTRIFUGADORA	1	7	4	2	3	33	33
112	ROE-01	ROTOEVAPORADOR	1	7	4	1	3	32	32
113	ROE-02	ROTOEVAPORADOR	1	7	4	1	3	32	32
114	EE-01	EVAPORADOR	1	7	4	1	3	32	32
115	SPA	SISTEMA PURIFICADOR DE AGUA	1	7	4	2	1	31	31
116	UPS	UNIDAD DE ALIMENTACION ELECTRICA INTERRUPTIDA	1	10	4	2	2	44	44
117	SOXT-01	SOX TEC	1	7	4	2	3	33	33
118	SOXT-02	SOX TEC	1	7	4	2	3	33	33

Fuente: Autor del proyecto

Con base en las cantidades resultantes, para las casillas de FRECENCIA y CRITICIDAD se realiza la clasificación de los equipos teniendo como parámetro su ubicación en la matriz de criticidad, la cual presenta tres diferentes zonas, descritas anteriormente, a las que se llamaron critica (C), Medianamente (MC) y no critica (NC)

En la figura 15 se presenta el modelo de la matriz de criticidad y seguidamente en la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en la clasificación, se resalta nuevamente que los equipos en la zona critica(C), son los que serán tenidos en cuenta en el diseño del plan de mantenimiento.

Figura 15. Modelo de matriz de criticidad.



Fuente: Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas¹⁷

¹⁷ MONCADA, Duvan. RODRIGUEZ, Edder. QUIÑONEZ, Jelder. Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Bucaramanga, 2009. 113p. Tesis de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Para realizar el estudio de confiabilidad y la propuesta del plan de mantenimiento para los Laboratorios del CROM-MASS, serán tenidos en cuenta los equipos que resultaron críticos (ver tabla 8)

Tabla 12. Clasificación de equipos con base en la ubicación en la matriz de criticidad para los Laboratorios del CROM-MASS.

N°	CODIGO	EQUIPO	CLASIFICACION
1	GC-01	CROMATOGRAFO DE GASES	CRITICOS
2	GC-02	CROMATOGRAFO DE GASES	
3	GC-03	CROMATOGRAFO DE GASES	
4	GC-04	CROMATOGRAFO DE GASES	
5	GC-05	CROMATOGRAFO DE GASES	
6	GC-06	CROMATOGRAFO DE GASES	
7	GC-07	CROMATOGRAFO DE GASES	
8	GC-08	CROMATOGRAFO DE GASES	
9	GC-09	CROMATOGRAFO DE GASES	
10	GC-10	CROMATOGRAFO DE GASES	
11	GC-11	CROMATOGRAFO DE GASES	
12	GC-12	CROMATOGRAFO DE GASES	
13	LC-01	CROMATOGRAFO LIQUIDO	
14	LC-02	CROMATOGRAFO LIQUIDO	
94	DES-01	DESTILADOR DE AGUA	
95	DES-02	DESTILADOR DE AGUA	
100	AA-02	AIRE ACONDICIONADO	
107	AA-09	AIRE ACONDICIONADO	
116	UPS	UNIDAD DE ALIMENTACION ELECTRICA INTERRUMPIDA	

Fuente: Autor del proyecto

En la clasificación de los resultados obtenidos se puede concluir que el 16,1% de los equipos de los laboratorios del CROM-MASS son críticos, estos se encuentran en buen estado y están funcionando correctamente, exceptuando el cromatógrafo de gases GC-01 y GC-02 que está fuera de servicio por fallas técnicas.

Para completar en análisis correspondiente a este capítulo, se aclara que dentro de los equipos presentes en la zona crítica, existen algunos casos que son

elementos de alta complejidad y su mantenimiento debe realizarse por contrataciones externas, se enlistaran una serie de recomendaciones que el operario deberá tener en cuenta siempre que haga uso de este, los equipos que presentan estas condiciones se presentan en la tabla 4.

Tabla 13. Equipos de alta complejidad.

CODIGO	EQUIPOS DE ALTA COMPLEJIDAD
GC-01	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-02	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-03	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-04	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-05	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-06	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-07	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-08	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-09	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-10	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-11	CROMATOGRAFO DE GASES
GC-12	CROMATOGRAFO DE GASES
LC-01	CROMATOGRAFO LIQUIDO
LC-02	CROMATOGRAFO LIQUIDO

Fuente: Autor del proyecto.

6 ESTUDIO DE CONFIABILIDAD

Siguiendo con el avance de este plan, se procederá hacer el estudio de confiabilidad a los equipos críticos de los Laboratorios del CROM-MASS para esto se analizarán los datos históricos de fallas y mantenimiento preventivos, suministrados por los laboratorios, mediante el uso de la distribución Weibull mencionado en el capítulo 4 de este libro, porque es un método muy flexible que contrariamente al modelo exponencial o a la distribución normal, cubre los casos en que la tasa de fallo (λ) es variable y permite por tanto ajustarse a los periodos de infancia y a las diferentes formas de envejecimiento.

6.1 Recolección de Datos Históricos.

Los datos históricos de mantenimiento de los equipos seleccionados como críticos y medianamente críticos de los laboratorios se encuentran registrados en formatos de control de reparación de equipos o en los formatos de informes técnicos. Los datos que se presentan a continuación pertenecen al comportamiento de los equipos como lo son los tiempos entre fallas (TBF) y los tiempos de reparación (TTR), estos datos se obtienen a partir de la información suministrada por los formatos de control que han venido llevando los técnicos a lo largo de su trabajo, que son indispensables para calcular los tiempos medios entre fallas (MTBF) y los tiempos medios de reparación (MTTR), como también los otros parámetros de la distribución de Weibull. Hay que recordar la confiabilidad de los parámetros calculados depende de la veracidad y la calidad de la información disponible en los formatos. Los datos que se presentan a continuación son algunos de los clasificados como críticos, el resto de los equipos van a ser consignados en anexo A de este libro. Los datos para estos laboratorios se tomaron desde cuando

apareció la primera falla registrada en los formatos de control hasta el 21 de diciembre del 2012.

Tabla 14. Datos históricos Cromatografo de gases GC-01

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	20/01/2007	20/01/2007	244	2
2	24/09/2007	24/09/2007	195	1
3	09/04/2008	15/04/2008	140	7
4	29/08/2008	30/08/2008	408	2
5	13/10/2009	15/10/2009	441	3
6	29/12/2010	04/02/2011	Ahora	36

Tabla 15. Datos históricos Cabina extractora de gases CEG-02

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	30/03/2010	30/03/2010	14	1
2	12/04/2011	05/05/2011	277	35
3	19/01/2012	22/02/2012	105	33
4	03/05/2012	28/05/2012	Ahora	26

Tabla 16. Datos históricos Aire acondicionado AA-02

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	20/01/2011	29/01/2011	220	10
2	30/08/2011	31/08/2011	83	2
3	22/11/2011	22/11/2011	72	1
4	03/02/2012	03/02/2012	201	1
5	24/08/2012	27/08/2012	21	4
6	14/09/2012	19/09/2012	6	6
7	20/09/2012	20/09/2012	55	1
8	14/11/2012	16/11/2012	Ahora	5

Tabla 17. Datos históricos Destilador DES-01

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	21/06/2007	21/06/2007	279	1
2	30/03/2008	30/03/2008	83	1
3	22/06/2009	23/06/2009	96	2
4	28/09/2009	29/09/2009	169	2
5	16/03/2010	16/03/2010	102	1
6	28/06/2010	28/06/2010	64	1
7	01/09/2010	01/09/2010	188	1
8	08/03/2011	08/03/2011	153	1
9	11/08/2011	11/08/2011	207	1
10	07/03/2012	08/03/2012	Ahora	2

Tabla 18. Datos históricos UPS

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	01/10/2010	01/10/2010	41	1
2	12/11/2010	12/11/2010	208	1
3	09/06/2011	09/06/2011	Ahora	1

Fuente: Autor del proyecto.

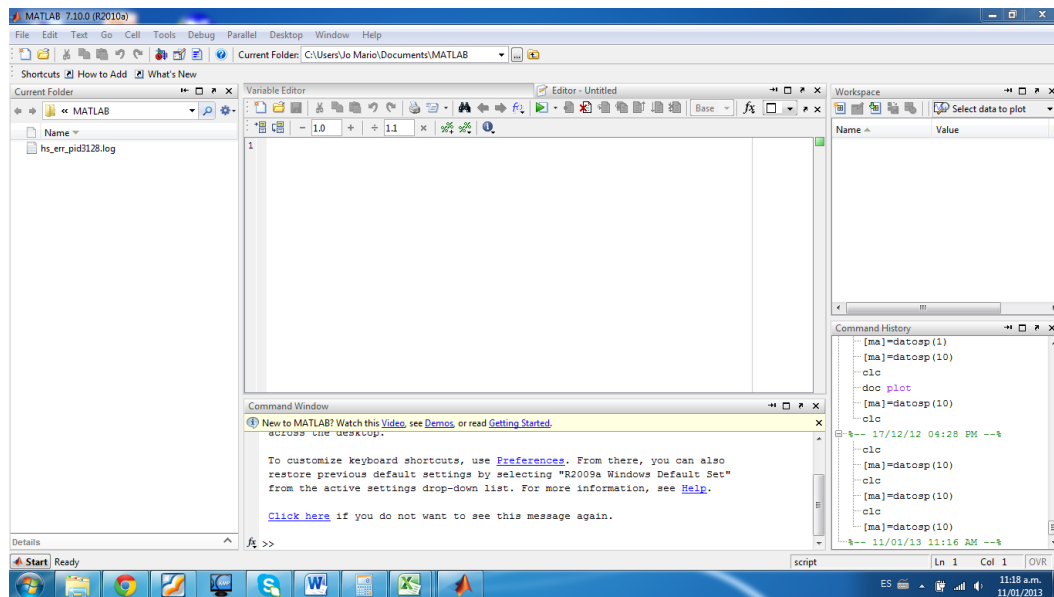
6.2 Cálculo de los parámetros con la distribución de Weibull

Teniendo los tiempos entre fallos y los tiempos de reparar, se procedió con el cálculo de los parámetros de Weibull. Para el cálculo se usaron las herramienta del software **MATLAB** (abreviatura de *MATrixLABoratory*, "laboratorio de matrices") es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado(IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows y Mac OS X.

Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las *cajas de herramientas(toolboxes)*; y las de Simulink con los *paquetes de bloques (blocksets)*.

Es un software muy usado en universidades y centros de investigación y desarrollo. En los últimos años ha aumentado el número de prestaciones.

Figura 16. Entorno Matlab R2010a



Fuente: Autor del proyecto

Continuando con la elaboración de este libro, después de tener los datos históricos seguimos con la obtención de los parámetros de Weibull y la creación

de la gráfica de Weibull para eso hay que introducir las observaciones correspondientes a los tiempos entre fallas (días), e igualmente se hace la misma operación para los tiempos para reparar (días). Para el cálculo de los parámetros de la función Weibull se necesitan mínimo tres solicitudes de servicio ya que con estos se tienen dos tiempos entre reparaciones. El procedimiento que se va a mostrar a continuación fue hecho para las observaciones de tiempo entre fallas (TBF) y los tiempos para reparar (TTR) del cromatógrafo de gases GC-01 de los Laboratorios del CROM-MASS

6.2.1 Cálculo de los parámetros de confiabilidad.

Con los tiempos entre fallas (TBF) que se pueden ver en la tabla 14, el código realizado en MATLAB primero organiza estos datos de menor a mayor para luego calcular los porcentajes acumulados para cada tiempo de falla mediante el método de los rangos medianos:

Que viene dada por la ecuación¹⁸:

$$F(t_i) = \frac{i}{n + 1} = 1 - R(t) \quad (28)$$

Donde n es el número total de datos y i el consecutivo del dato que se evalúa. Este método es ideal para muestras pequeñas o que vayan de 2 a 100.

El objetivo de la gráfica de Weibull es proporcionar una representación en 2D de las observaciones. Ahora para aplicar la ley se deben estimar los 3 parámetros. Para ello se utiliza el método gráfico Allen Plait y para este se utiliza una hoja especial llamada papel Weibull (ver figura 20) que usa las siguientes escalas¹⁹.

¹⁸ PASCUAL, Rodrigo. Gestión moderna del mantenimiento. Universidad de Chile. Departamento de ingeniería mecánica.[En línea]. Santiago, 2002.281p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://mettcon.com/manual%20del%20ingeniero%20de%20mantenimiento.pdf>>

¹⁹ Ibíd., p. 281

$$X = \ln(t)$$

$$Y = \ln \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] \quad (29)$$

Sabiendo que para el modelo de Weibull la confiabilidad viene dada por:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (30)$$

Tenemos la $\gamma=0$ que es equivalente a que el origen del tiempo para la ley es el mismo que el de las observaciones, y así de esa manera obtenemos la relación entre la confiabilidad y la no confiabilidad esta relación viene dada por la siguiente ecuación²⁰:

$$1 - f(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (31)$$

Y aplicando logaritmos neperianos a ambos lados de la ecuación se tiene que:

$$\ln \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] = \beta \ln t - \beta \ln \eta \quad (32)$$

Comparando esta ecuación con la de una línea recta $Y=AX+B$ donde A es la pendiente y B es la intersección con el eje Y . Al comprar esta ecuación con la anterior de doble logaritmo se tiene que:

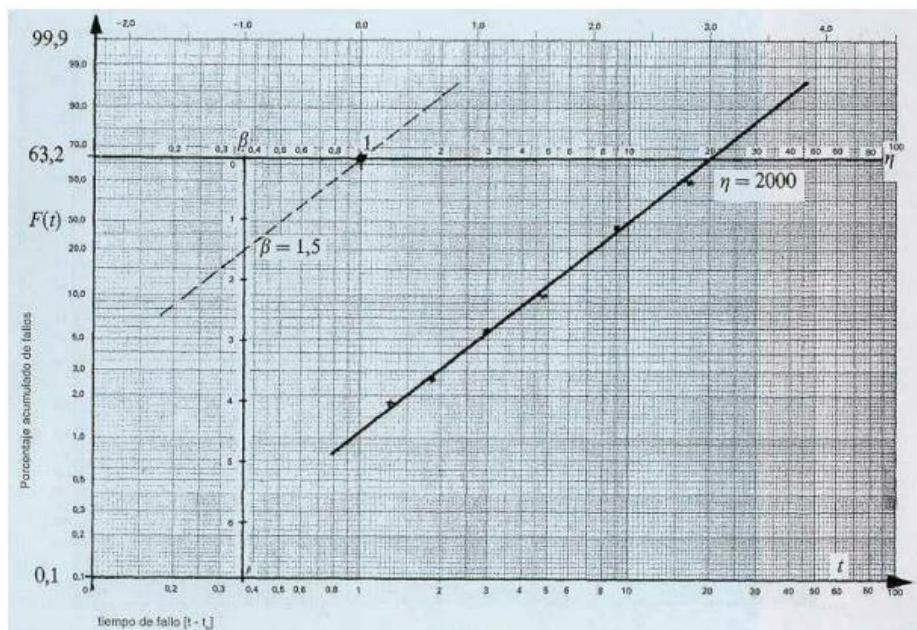
$$A = \beta$$

$$B = \beta \ln \eta \quad (33)$$

²⁰ Ibíd., p. 281

Una distribución de Weibull con $\gamma=0$ traza una recta en un gráfico de Weibull. Al trazar tal recta se estiman los parámetros faltantes.

Figura 17. Papel de Weibull



Fuente: http://www.jmcprl.net/ntp/@datos/ntp_331.htm

Por medio del procedimiento anterior y utilizando el código que se realizaron en MATLAB, el calcula los parámetros de Weibull que son el factor de forma o pendiente β (beta) y la escala η (eta), entre estos hay otro factor que es importante y es el MTBF (tiempo medio entre fallos), el cual es necesario para calcular la disponibilidad del equipo. El cálculo de este parámetro se realizó con la ecuación del MTBF para la distribución de Weibull que viene dada por²¹:

²¹ *Ibíd.*, p. 281

$$MTTR = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (34)$$

Donde, Γ =gamma

Al introducir la ecuación anterior en MATLAB, el mismo programa genera los valores de la función gamma para la distribución de Weibull y de esta manera se puede hallar el MTBF. Si este proceso se hiciera de forma manual, es decir sin la ayuda de ningún software se tendría que utilizar una tabla de fiabilidad (ver figura 18), en la que aparecen los valores de gamma, con relación al factor de forma que nos haya generado la gráfica de no confiabilidad de Weibull.

Figura 18. Tabla de Fiabilidad

LEY DE WEIBULL:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \right]$$

$$MTBF = m = E(t) = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad \sigma^2 = \eta^2 \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]$$

β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η	β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η
0	∞	∞	2,0	0,8862	0,463
0,1	10!	$\sqrt{20! - (10!)^2}$	2,1	0,8857	0,44
0,2	120	1901	2,2	0,8856	0,42
0,3	9,2605	47	2,3	0,8850	0,41
0,4	3,3234	10,43	2,4	0,8865	0,39
0,5	2,0000	4,472	2,5	0,8873	0,38
0,6	1,5046	2,645	2,6	0,8882	0,37
0,7	1,2638	1,851	2,7	0,8893	0,36
0,8	1,1330	1,428	2,8	0,8905	0,34
0,9	1,0522	1,171	2,9	0,8917	0,33
1,0	1,0000	1,000	3,0	0,8938	0,32
1,1	0,9649	0,878	3,1	0,8943	0,315
1,2	0,9407	0,785	3,2	0,8957	0,31
1,3	0,9235	0,716	3,3	0,8970	0,30
1,4	0,9114	0,659	3,4	0,8984	0,29
1,5	0,9028	0,613	3,5	0,8998	0,28
1,6	0,8966	0,594	3,6	0,9011	0,27
1,7	0,8922	0,530	3,8	0,9038	0,26
1,8	0,8893	0,512	4,0	0,9064	0,25
1,9	0,8874	0,486			

Fuente:http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_331.pdf

La calidad del procedimiento anterior se debe verificar. Para ello primero aceptamos que al imponer una ley dada se incurre en algún error, pero queremos que el riesgo de que ello ocurra sea menor: definimos como medida el nivel de confianza α , ósea la probabilidad de que el modelo sea erróneo. Para demostrar este nivel de confianza existen diversos métodos, entre estos está el test que es utilizado para cuando se dispone al menos de 50 datos u observaciones, el otro test X^2 muy utilizado para la verificación de modelos de probabilidad es el de Kolmogorov-Smirnov (KS) que es el que se utilizó en este proyecto, debido a que se puede aplicar para cualquier número de observaciones n . sin embargo, si n es grande es mejor agrupar las observaciones y usar el test X^2 pero para este proyecto ninguno de los equipos del laboratorio tiene reportado solicitudes de servicio o más.

El test Kolmogorov-Smirnov (KS) se basa en comparar la verdadera función de distribución con la dada por la ley propuesta; acá se usa los valores absolutos de las diferencias entre punto y punto²².

Sea $F'(t)$ la verdadera distribución y $F(t)$ la distribución propuesta. La discrepancia para t_i es:

$$Dn_i = F'(t) - F(t) \quad (35)$$

$F'(t)$ Puede ser estimado por el método de los rangos medios:

$$F(t_i) = \frac{i}{n + 1} \quad (36)$$

²² Ibíd., p. 281

Puede demostrarse que la distribución de $D_n = \max (D_{n_i})$ depende solo de n ; y se puede escribir:

$$P(\max_i |F'(t) - F(t)| < D_{n,\alpha} \leq 1 - \alpha) \quad (37)$$

Esto quiere decir que si el máximo valor de la discrepancia para cada uno de los tiempos evaluados es menor que el de la tabla de la bondad de ajuste de la distribución de Kolmogorov-Smirnov (ver figura 19), la hipótesis se acepta para el nivel de confiabilidad que nosotros necesitemos por ejemplo una confiabilidad del 95% en nuestro ajuste de Weibull debemos verificar con los valores de la tabla de la distribución para un $\alpha=0.05$ y el número de datos que tengamos.

Este procedimiento también se estableció en el código de MATLAB, calculando la discrepancia máxima para los TBF que se tengan el mismo hace la comparación y nos encuentra el valor que hay que comparar con la tabla de Kolmogorov-Smirnovy de esa manera verificar el nivel de confianza que tiene la distribución de Weibull.

Figura 19. Tabla de Kolmogorov-Smirnov sobre bondad de ajuste.

n	α					n	α				
	0'2	0'1	0'05	0'02	0'01		0'2	0'1	0'05	0'02	0'01
1	0'900	0'950	0'975	0'990	0'995	21	0'226	0'259	0'287	0'321	0'344
2	0'684	0'776	0'842	0'900	0'929	22	0'221	0'253	0'281	0'314	0'337
3	0'565	0'636	0'780	0'785	0'829	23	0'216	0'247	0'275	0'307	0'330
4	0'493	0'565	0'624	0'689	0'734	24	0'212	0'242	0'269	0'301	0'323
5	0'447	0'509	0'563	0'627	0'669	25	0'208	0'238	0'264	0'295	0'317
6	0'410	0'468	0'519	0'577	0'617	26	0'204	0'233	0'259	0'290	0'311
7	0'381	0'436	0'483	0'538	0'576	27	0'200	0'229	0'254	0'284	0'305
8	0'358	0'410	0'454	0'507	0'542	28	0'197	0'225	0'250	0'279	0'300
9	0'339	0'387	0'430	0'480	0'513	29	0'193	0'221	0'246	0'275	0'295
10	0'323	0'369	0'409	0'457	0'489	30	0'190	0'218	0'242	0'270	0'290
11	0'308	0'352	0'391	0'437	0'468	31	0'187	0'214	0'238	0'266	0'285
12	0'296	0'338	0'375	0'419	0'449	32	0'184	0'211	0'234	0'262	0'281
13	0'285	0'325	0'361	0'404	0'432	33	0'182	0'208	0'231	0'258	0'277
14	0'275	0'314	0'349	0'390	0'418	34	0'179	0'205	0'227	0'254	0'273
15	0'266	0'304	0'338	0'377	0'404	35	0'177	0'202	0'224	0'251	0'269
16	0'258	0'295	0'327	0'366	0'392	36	0'174	0'199	0'221	0'247	0'265
17	0'250	0'286	0'318	0'355	0'381	37	0'172	0'196	0'218	0'244	0'262
18	0'244	0'279	0'309	0'346	0'371	38	0'170	0'194	0'215	0'241	0'258
19	0'237	0'271	0'301	0'337	0'361	39	0'168	0'191	0'213	0'238	0'255
20	0'232	0'265	0'294	0'329	0'352	40	0'165	0'189	0'21	0'235	0'252
> 40							$\frac{1'07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'52}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'63}{\sqrt{n}}$

Fuente: http://dm.udc.es/profesores/ricardo/Archivos/tablas_estadisticas.pdf

Para poder realizar los cálculos de todos los parámetros de Weibull según los procedimientos vistos anteriormente se implementó un código en MATLAB que facilitara estos, también permitiendo obtener gráficos con las funciones de Confiabilidad, probabilidad de falla y Tasa de Fallas. El código que se implementó para los cálculos de confiabilidad se muestra a continuación:

```

N=input('ingrese el numero TBF para el equipo =');
for l=1:N
T(l)=input('ingrese los TBF para el equipo =');
t=sort(T);
F=[1:length(t)]/(length(t)+1);
X=log(t);
Y=log(log(1./(1-F)));
P=polyfit(X,Y,1);

```

```

beta=P(1);
eta=exp(P(2)/(-P(1)));
Y_2=polyval(P,X);
[r,c]=size(t);
for k=1:c
Z(k)=exp(-(t(k)/eta^beta));
W(k)=1-exp(-(t(k)/eta^beta));
end
subplot(2,2,1)
plot(X,Y,'!',X,Y_2)
title('Grafica de Weibull para TBF')
xlabel('log (t)')
ylabel('log(log(1/(1-F)))')
grid on
MTBF=eta*gamma(1+1/beta);
A=abs(F-W);
delta_max=max(A);
J=[0:2*MTBF/10:2*MTBF];
for k=1:11
Z_2(k)=exp(-(J(k)/eta)^beta);
W_2(k)=1-exp(-(J(k)/eta)^beta);
H_2(k)=(beta*(J(k)^(beta-1)))/(eta^beta);
end
subplot(2,2,2)
plot(J,Z_2,'b')
title('Grafica de donfiabilidad')
xlabel('Tiempo t(dias)')
ylabel('R(t)')
grid on
subplot(2,2,3)
plot(J,W_2,'r')
title('Grafica de Probabilidad de falla')
xlabel('Tiempo t(dias)')

```

```
ylabel('F(t)')
gridon
subplot(2,2,4)
plot(J,H_2,'m')
title('Grafica de tasas de fallas')
xlabel('Tiempo t(dias)')
ylabel('H(t)')
gridon
end
```

Fuente: Autor del proyecto

A continuación se muestra la aplicación de este código ver figura 20 para el cromatógrafo de gases GC-01 de los Laboratorios del CROM-MASS clasificado como un equipo crítico dentro del análisis de criticidad, para el cálculo primero se tomaron los valores de los TBF de los datos históricos de este equipo y se introdujeron en el programa obteniendo los siguientes resultados para cada uno de los parámetros de la distribución de Weibull:

Figura 20. Aplicación del código

The screenshot shows the MATLAB workspace with the following variables and values:

Name	Value	Min	Max
A	[0.1621,0.3270,0.4921,0.6535,0.8192]	0.1621	0.8192
F	[0.1667,0.3333,0.5000,0.6667,0.8333]	0.1667	0.8333
H_2	<1x11 double>	0	0.0082
I	5	5	5
J	<1x11 double>	0	600.1891
MTBF	300.0946	300.0946	300.0946
N	5	5	5
P	[1.7760,-10.3377]	-10.3377	1.7760
T	[244,195,140,408,441]	140	441
W	[0.0045,0.0063,0.0079,0.0131,0.0142]	0.0045	0.0142
W_2	<1x11 double>	0	0.9382
X	[4.9416,5.2730,5.4972,6.0113,6.0890]	4.9416	6.0890
Y	[-1.7020,-0.9027,-0.3665,0.0940,0.5832]	-1.7020	0.5832
Y_2	[-1.5613,-0.9728,-0.5747,0.3384,0.4765]	-1.5613	0.4765
Z	[0.9955,0.9937,0.9921,0.9869,0.9858]	0.9858	0.9955
Z_2	<1x11 double>	0.0618	1
beta	1.7760	1.7760	1.7760
c	5	5	5
delta_max	0.8192	0.8192	0.8192
eta	337.2261	337.2261	337.2261
k	11	11	11
r	1	1	1
t	[140,195,244,408,441]	140	441

Fuente: Autor del proyecto

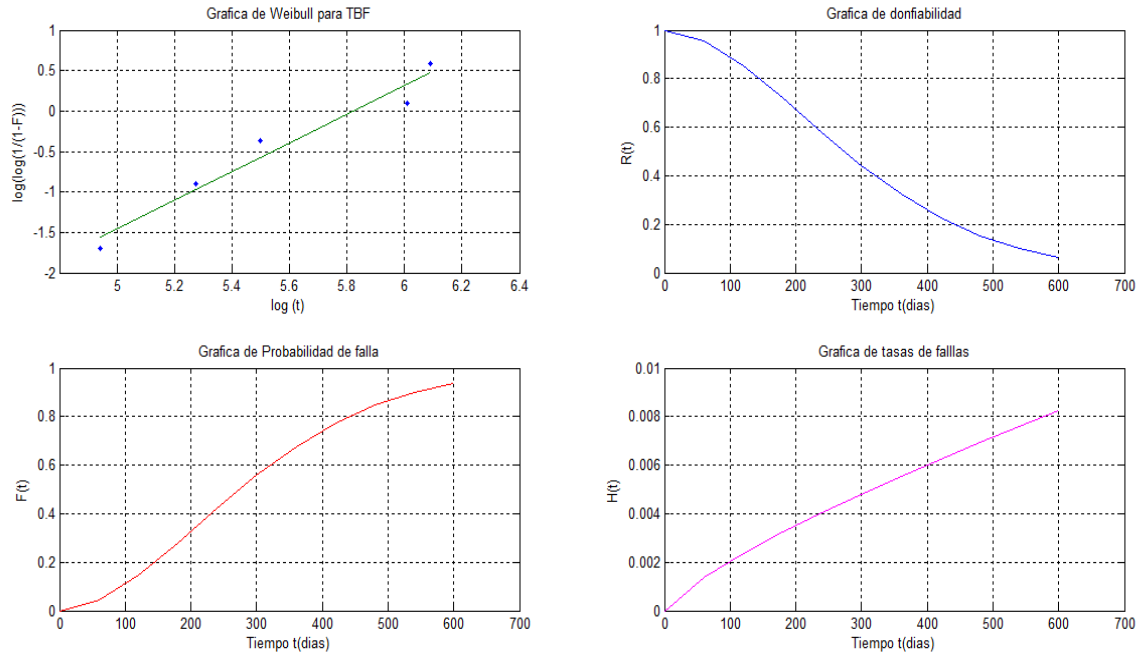
El resultado Delta_max nos sirve para verificar el nivel de confiabilidad de los cálculos comparando este con la tabla de ajuste de bondad de KolmogorovSmirnov, encontrando que la hipótesis es válida ya que para un $\alpha=0.05$, y $n=5$ datos el valor es de 0.563 que es mayor al Delta_max o discrepancia máxima de 0.8192; con esto sabemos que el cálculo con la distribución de Weibull que se realizó cuenta con un 95% de confiabilidad.

Habiendo realizado los cálculos en el programa y con los resultados obtenidos se puede observar que con el beta obtenido en confiabilidad se determina en qué

lugar de la curva de la bañera se encuentra el cromatógrafo de gases GC-01, al ser el parámetro $1 < \beta < 4$ implica falla por deterioro temprano, lo que en la curva de la bañera corresponde a tasas de fallas en la etapa de envejecimiento debido al desgaste de sus piezas. Las acciones de mantenimiento que se deben implementar para disminuir las fallas que se ocasionan en esta etapa de envejecimiento es desarrollar el programa de mantenimiento preventivo con chequeos e inspecciones rutinarias, garantizando que la información referente a las fallas de los equipos almacenada en la base de datos sea confiable y organizada, que ayuden a detectar fallas inoportunas y permitan solucionarlas sin que se vea afectada la disponibilidad de los equipos, teniendo en cuenta que estos laboratorios deben estar al servicio de la comunidad en cualquier momento.

Al final del análisis se graficaron las funciones de Confiabilidad, probabilidad de falla y Tasa de Fallas de Weibull usando los parámetros calculados de esta distribución para el caso de este equipo, el resto de equipos se consignaron en el anexo B. Estas curvas se trazan en el intervalo desde cero hasta dos veces el MTBF en días y nos muestran el comportamiento esperado del equipo después de la última reparación (Ver Figura 21).

Figura 21. Curvas de Weibull para análisis de confiabilidad del cromatógrafo de gases GC-01



Fuente: Autor del proyecto

6.2.2 Cálculo de los parámetros de mantenibilidad.

La mantenibilidad también es importante dentro de los indicadores de confiabilidad ya que es necesario para calcular la disponibilidad, en este punto se utilizó el concepto de disponibilidad inherente, debido a que es la disponibilidad que más se acomoda a la información disponible en la base de datos de la división de mantenimiento tecnológico. Hay que recordar que esta disponibilidad es muy útil ya que La disponibilidad inherente está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación (Ebeling, 1997; 255). Hay que tener en cuenta también que esta disponibilidad no incluye las paradas por Mantenimientos Preventivos o predictivos, demoras en suministros, y demoras administrativas. La disponibilidad inherente está definida por la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MMTR} \quad (38)$$

El MTTR para la distribución de Weibull se calculó de la misma manera que se calculó el MTBF, solo que ahora se tienen en cuenta los TTR de los datos históricos de los equipos, y para ello se implementó el siguiente código en MATLAB:

```

clc
clearall
N=input('ingrese el numero TTR para el equipo = ');
for l=1:N
T(l)=input('ingrese los TTR para el equipo = ');
end
t=sort(T);
F=[1:length(t)]/[(length(t)+1)];
X=log(t);
Y=log(log(1./(1-F)));
P=polyfit(X,Y,1);
beta=P(1);
eta=exp(P(2)/(-P(1)));
Y_2=polyval(P,X);
[r,c]=size(t);
for k=1:c
W(k)=1-exp(-(t(k)/eta^beta));
end
subplot(2,2,1)
plot(X,Y,'.',X,Y_2)
title('Grafica de Weibull para TTR')
xlabel('log (t)')
ylabel('log(log(1/(1-F)))')
gridon
MTTR=eta*gamma(1+1/beta);

```

```

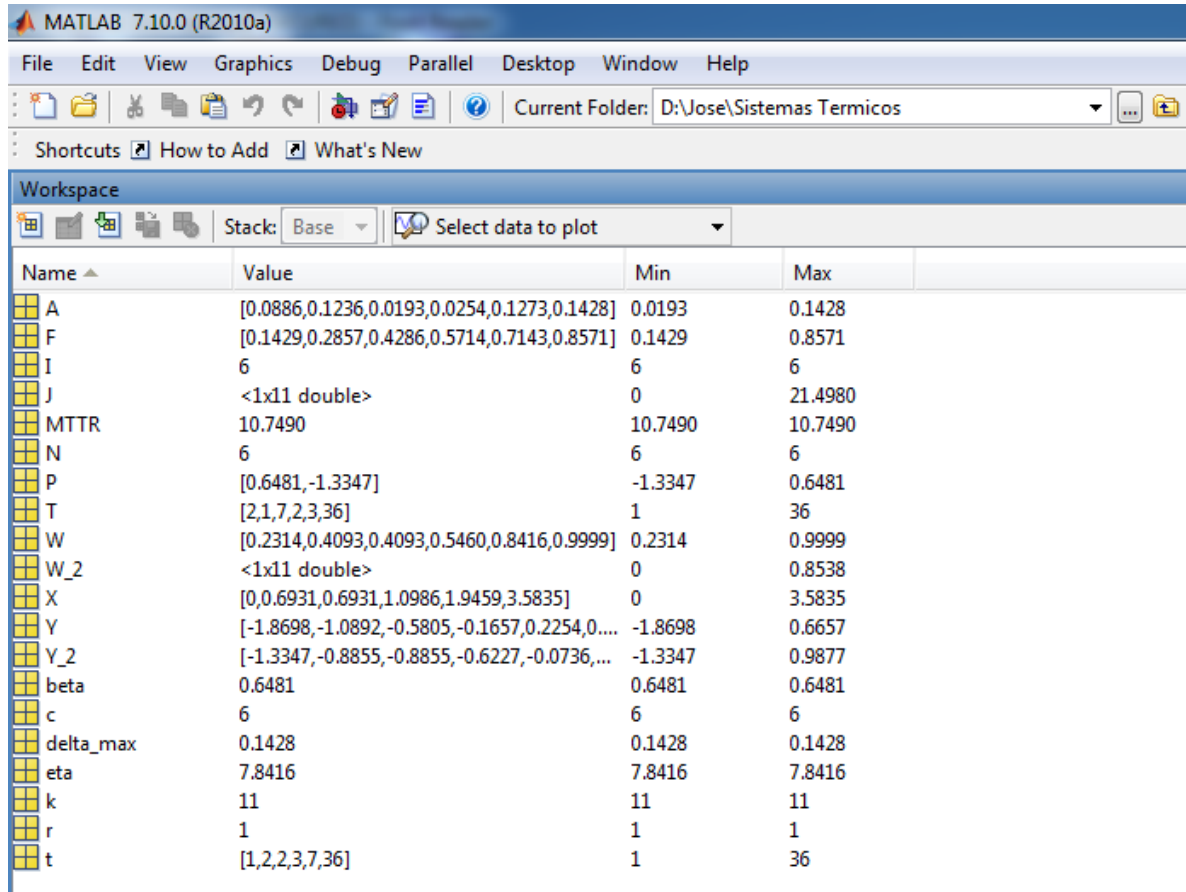
A=abs(F-W);
delta_max=max(A);
J=[(0:2*MTTR/10:2*MTTR)];
for k=1:11
W_2(k)=1-exp(-(J(k)/eta)^beta);
end
subplot(2,2,3:4)
plot(J,W_2,'r')
title('Grafica de Mantenibilidad')
xlabel('Tiempo t(dias)')
ylabel('M(t)')
gridon

```

Fuente: Autor del proyecto

Con los TTR del cromatógrafo de gases GC-01 se obtuvieron los siguientes resultados para el factor de forma o pendiente β (beta), la escala η (eta) y el MTTR (ver figura 22):

Figura 22. Aplicación del código.

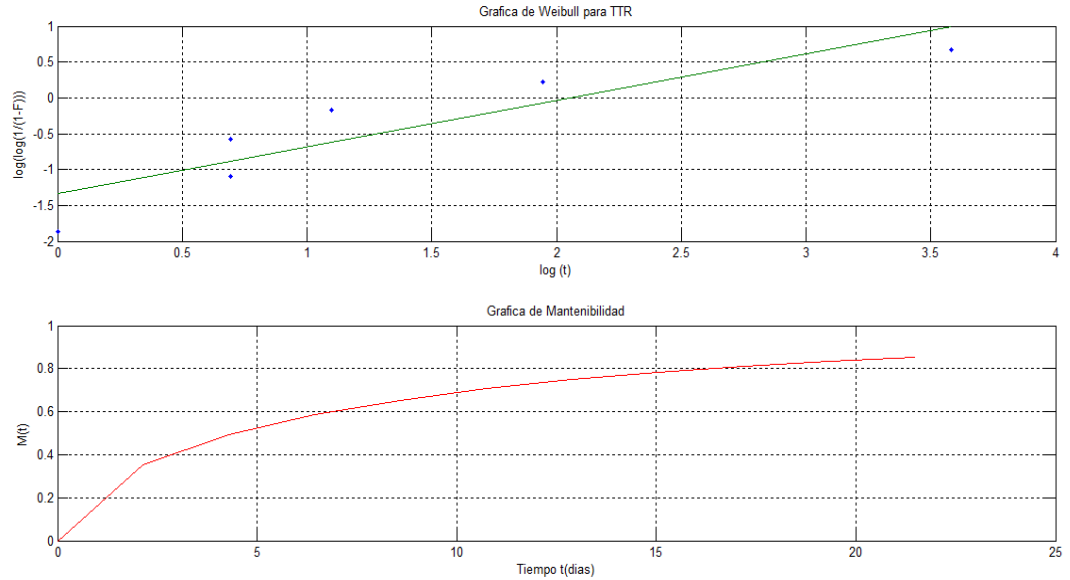


Fuente: Autor del proyecto

Para un $\alpha=0.05$, y $n=5$ datos el valor es de 0.519 que es mayor al Δ_{max} o discrepancia máxima de 0.1428 por lo cual la hipótesis es válida; y con esto sabemos que el cálculo con la distribución de Weibull que se realizó cuenta con un 95% de confiabilidad.

Al final del análisis se obtuvieron el gráfico de Weibull y la función de mantenibilidad usando los parámetros calculados de esta distribución para el caso del cromatógrafo de gases GC-01 (ver figura 23).

Figura 23. Curvas de Weibull para mantenibilidad del cromatógrafo de gases GC-01



Fuente: Autor del proyecto

La gráfica anterior nos muestra la probabilidad de que la funcionabilidad del equipo sea recuperada en un instante de tiempo, en este caso el tiempo es en días. Finalmente, ya habiendo obtenido el MTBF y el MTTR se pudo calcular la disponibilidad inherente del equipo, mediante la ecuación:

$$Ai = \frac{MTBF}{MTBF + MMTTR} \quad (39)$$

Entonces la disponibilidad inherente para del cromatógrafo de gases GC-01 es:

$$Ai \frac{300.0946}{300.0946 + 10.7490} = 96,54\%$$

6.3 Resultados de la aplicación del modelo probabilístico de Weibull para análisis de vida de los equipos del laboratorio clínico.

A continuación en las tabla 19 y 20, se muestran los resultados de los parámetros obtenidos mediante el modelo de Weibull para confiabilidad y mantenibilidad de los equipos críticos y medianamente críticos del laboratorio clínico, algunos equipos se excluyeron de estos resultados porque no contaban con las suficientes observaciones para poder aplicarles el método anteriormente nombrado.

Tabla 19. Resultados parámetros de vida

EQUIPO	CONFIABILIDAD			ETAPA DE VIDA	MANTENIBILIDAD		
	β	η	MTBF		β	η	MTTR
	GC-01	1,776	337,2261		300,0946	DESGASTE	0,6481
GC-04	0,8584	189,0297	201,411	INFANCIA	0,7501	7,0364	8,377
GC-05	0,91	313,523	327,9502	INFANCIA	0,7436	3,6039	4,321
GC-06	0,691	474,237	607,8972	INFANCIA	0,807	2,7514	3,0982
GC-07	0,8932	474,3416	501,1879	INFANCIA	0,4831	15,6358	33,3859
GC-08	0,05577	267,1171	445,1703	INFANCIA	0,7923	12,7283	14,5218
GC-09	0,2992	139,371	1,31E+03	INFANCIA	1,5267	7,2601	6,5405
GC-10	1,106	67,5317	65,0459	DESGASTE	1,7487	6,3715	5,6748
GC-11	0,3672	178,8089	766,3288	INFANCIA	0,8521	6,0013	6,5193
LC	0,4437	339,0803	867,6895	INFANCIA	0,9207	3,6149	3,7577
AA	0,7319	108,4147	131,7835	INFANCIA	0,9786	4,3395	4,3805
CEG-02	0,5131	170,8715	326,1368	INFANCIA	0,4259	37,4931	105,7594
DES-01	1,998	172,1563	152,5723	DESGASTE	1,5346	1,8436	1,6599

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 20. Resultados disponibilidad inherente

EQUIPO	MTBF	MTTR	DISPNIBILIDAD
GC-01	300,0946	10,749	96,54199089
GC-04	201,411	8,377	96,00692127
GC-05	327,9502	4,321	98,69955627
GC-06	607,8972	3,0982	99,49292581
GC-07	501,1879	33,3859	93,75466961
GC-08	445,1703	14,5218	96,84097247
GC-09	1,31E+03	6,5405	99,50210883
GC-10	65,0459	5,6748	91,97575816
GC-11	766,3288	6,5193	99,15645778
LC	867,6895	3,7577	99,56879774
AA	131,7835	4,3805	96,78292353
CEG-02	326,1368	105,7594	75,51277367
DES-01	152,5723	1,6599	98,92376559

Fuente: Autor del proyecto

6.4 Análisis de la información de los parámetros calculados.

La confiabilidad en todos los parámetros aquí calculados son únicamente respaldados por la verídica información suministrada por el laboratorio. Por ende, determinar si los cálculos son confiables o no, solo dependen de factores tales como la existencia de datos suficientes, conocimiento fechas exactas de las solicitudes de mantenimiento y por lo tanto de las fechas en las cuales se respondieron dichas solicitudes porque ahí radica el problema, cuando no se reportan causan la obtención errónea de la información. Después de la verificación, se obtienen conclusiones que solo se constatan con el personal encargado de dicho equipo que fueron los que ayudaron cuando hubo poca información o no se entendía de donde provenían las observaciones. Todo esto es necesario para garantizar la confianza en la elaboración del plan de mantenimiento lo cual es lo fundamental en este libro.

7 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

En este capítulo se desarrolló un análisis de modos y efectos de falla, a los equipos críticos evaluados en el estudio de criticidad para los laboratorios CROM-MASS de la UIS, para identificar las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas y así mismo garantizar la operación de los equipos, mejorar la confiabilidad y la seguridad de los equipos, aumentar la disponibilidad y capacidad de mantenimiento. Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios. Antes de iniciar a aplicar la metodología del AMEF es necesario tener claro algunos términos importantes, para que se haga un adecuado análisis desde el principio.

7.1 Descripción del método

Como se dijo anteriormente se pueden distinguir dos tipos de AMFE de proyecto o de producto/ proceso. En el AMFE de proceso se analizan los fallos del producto derivados de los posibles fallos del proceso hasta su entrega al cliente. Se analizan, por tanto, los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos y entorno) y cómo éstos influyen en el producto resultante. Hay que tener claro que la fiabilidad del producto final no depende sólo del AMFE de proceso final, sino también de la calidad del diseño de las piezas que lo componen y de la calidad intrínseca con que se hayan fabricado las mismas.

7.1.1 Determinar y definir el sistema.

En esta etapa es importante identificar el equipo o parte del proceso incluyendo todos los subsistemas y sistemas que hacen parte del equipo/proceso que se va a analizar, también se debe seleccionar el sistema para el cual es beneficioso realizar un análisis de este tipo; es decir para los equipos y/o sistemas de mediana o alta criticidad determinados en el estudio de criticidad, definir el alcance del análisis y la meta de éste. Se recomienda identificar con algún tipo de numeración los sistemas del equipo, ya que si hay gran cantidad se podrían generar confusiones. Para el AMEF de diseño se incluyen las partes del sistema en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para llevar a cabo este paso se hicieron diagramas de cada uno de los equipos críticos, describiendo los sistemas y subsistemas, como también la descripción de su funcionamiento.

7.1.2 Identificar y definir las funciones del sistema.

Se debe identificar y describir la función principal del sistema o equipo analizado; es decir, la razón de ser de éste dentro del proceso productivo, y las funciones

secundarias o de apoyo logístico, que son las que ayudan al sistema a realizar la función primaria de acuerdo a los estándares de funcionamiento establecidos.

Por lo general la definición de la función primaria consta de un verbo y un sustantivo, por ejemplo: enfriar agua, comprimir aire, retirar calor, etc. Y los estándares de funcionamiento determinan la magnitud de la función requerida; o sea la asocia a un parámetro medible como: velocidad, volumen de producción, tiempo de inicio de un proceso, tiempo de finalización de un proceso, calidad, servicio al cliente, características técnicas, entre otros, que permiten determinar el estado de falla o no del sistema. En la hoja de trabajo, las funciones se denominan con un número entero, para facilitar su identificación.

En este paso es bastante útil construir un diagrama de bloques funcional confiable que represente la operación, la interrelación y la interdependencia entre las entidades funcionales del sistema²².

7.1.3 Modos de falla.

Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación. Con esa definición, un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo hemos de considerarlo como tal²³. En esta etapa se identifican todas las formas en que una falla puede ocurrir en el nivel de jerarquización del equipo. Se postulan todos los modos probable, posible o creíble de una falla, que incluyen los mecanismos de falla que se han observado

²² MONCADA; RODRIGUEZ y QUIÑONEZ. Op. cit., 113p.

²³ AMEF: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Diputación Foral de Bizkaia. Departamento de promoción Económica. [En línea]. [Consultado Feb 2013]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos> >

históricamente y cuyos mecanismos se han descrito, de acuerdo con el razonamiento de ingeniería. La identificación de los modos de falla se basa en el conocimiento de los componentes, las especificaciones funcionales, requisitos del equipo, esquemas o modos de falla de las piezas o partes asociadas al equipo.

7.1.4 Efectos de falla.

Suponiendo que el fallo potencial ha ocurrido, se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente. Los efectos corresponden a los síntomas. Generalmente hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema. Cuando se analiza una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema, lo que ofrecerá una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirá el más grave²⁴.

7.1.5 Causas del modo de falla.

En esta columna se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes²⁵.

²⁴ AMEF: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Diputación Foral de Bizkaia. Departamento de promoción Económica. [En línea]. [Consultado Feb 2013]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos> >

²⁵ AMEF: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Diputación Foral de Bizkaia. Departamento de promoción Económica. [En línea]. [Consultado Feb 2013]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos> >

Entre las causas típicas de fallo podrían citarse las siguientes:

- **en diseño:** porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga...
- **en proceso:** daño de manipulación, utillaje incorrecto, sujeción, amarre.

Decir que al igual que en la obtención de los efectos se hacía uso del diagrama "causa-efecto", a la hora de detectar las causas de un fallo se hace uso del "Árbol de fallos" que permitirá obtener las causas origen de un fallo.

7.1.6 Registro de la información.

La consolidación de la información se debe realizar en la hoja de trabajo FMEA (ver figura 23), de fácil manejo, actualizable, accesible para posibles consultas, en papel o en medio electrónico, la cual debe contener; como ya se dijo, mínimo una columna para registrar cada uno de los pasos anteriores²⁶.

Para cada elemento del sistema (subsistema, componente) el analista debe considerar todas las funciones de los elementos en todo sus modos operativos y preguntar si una falla del elemento puede resultar en cualquier efecto inaceptable del sistema. Si la respuesta es no, entonces no es necesario otro análisis de ese elemento Si la respuesta es sí, entonces el elemento se debe examinar más a fondo.

²⁶ AMEF: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Diputación Foral de Bizkaia. Departamento de promoción Económica. [En línea]. [Consultado Feb 2013]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos> >

Figura 24. Hoja de trabajo AMEF

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Destilador					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 1-2	
EQUIPO	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
DES-01	Destilar agua	1.1	Mal funcionamiento el boton de encendido	No enciende el equipo	Temperaturas altas	Revisar la temperatura antes del encendido
		1.2			Nivel del agua bajo	Verificar el nivel del agua antes de encender el equipo
		2.1	Desgaste en la resistencia	No alcanza la temperatura adecuada el fluido	Desgaste natural de la resistencia	Antes de encender el equipo revisar el estado de la resistencia
		2.2			El acido de limpiza corroe el material	
		3.1	Ruptura del Sepentin de vidrio	Fugas No enfriamiento del agua	Impacto de una fuerza externa	Antes de encender el equipo revisar el estado del serpentín
		3.2			Mal alimentacion a la camara de la resistencia	

Fuente: Autor del proyecto

7.2 Análisis de modos y efectos de falla

Uno de los propósitos principales en la elaboración de este plan de mantenimiento a los laboratorios del CROM-MASS es darle a conocer a División de Mantenimiento Tecnológico el estado actual de estos laboratorios para que puedan ejercer a plenitud la prestación de todos sus servicios. Por ello, los equipos seleccionados para realizar el AMEF de estos laboratorios de acuerdo a su jerarquización en el estudio de criticidad y a los parámetros calculados en el estudio de confiabilidad fueron los siguientes:

- Cromatografos de Gases
- Cromatografos Líquidos

- Aire Acondicionado AA-02
- Destiladores
- UPS
- Cabina Extractora de Gases CEG-02

7.2.1 Cromatografos de Gases GC.

Los cromatografos de gases marca Agilent Technologies (figura 25) ubicados en el laboratorio de instrumentación analítica son tomados como equipos críticos porque estos laboratorios se destacan es por la cromatografía de gases para el análisis de compuestos, por la tanto es necesario la realización del AMEF para detectar cuales son de las fallas y además tiene una alta repercusión en las operaciones ya que la calidad o la entrega de resultados a los usuarios se puede ver retrasada si no se cuenta con la maquina en el momento adecuado.

Agilent 7890A es un cromatógrafo de gases de última generación que ofrece un rendimiento superior en todas las aplicaciones. Esto es consecuencia, en gran parte, del uso de módulos de control electrónico de la neumática (EPC) y de un control de alto rendimiento de la temperatura del horno para cromatografía de gases. Cada unidad de EPC se ha optimizado para su uso previsto con una entrada y una opción del detector específicas.

El control de la temperatura del horno para cromatografía de gases del sistema 7890A permite crear rampas de temperatura rápidas y precisas. El rendimiento térmico general permite una cromatografía óptima, que incluye simetría de pico, repetibilidad del tiempo de retención y precisión en el índice de retención.

La combinación de controles precisos de la neumática y la temperatura conduce a una reproducibilidad del tiempo de retención extremadamente precisa, que constituye la base de todas las mediciones cromatográficas.

La tecnología de flujo capilar patentada por Agilent ofrece nuevas posibilidades en la cromatografía mediante conexiones capilares fiables, a prueba de fugas e integradas en el horno, que permiten llevar a cabo ciclos repetidos en el horno para cromatografía de gases a lo largo del tiempo.

El cromatógrafo de gases 7890A dispone de un firmware mejorado para aprovechar al máximo las posibilidades del flujo capilar y un software de sistema de datos optimizado para simplificar la configuración y la manipulación de la inversión del flujo. Estas nuevas herramientas facilitan el análisis de matrices complejas y sustancias desconocidas, a la vez que aumentan la productividad y la integridad de los datos en los análisis rutinarios mediante la técnica de heart-cutting bidimensional, división de flujo a varios detectores e inversión del flujo en la columna.


El cromatógrafo de gases 7890A dispone de funciones avanzadas integradas para controlar los recursos del sistema (contadores, registros electrónicos y diagnósticos). Los sistemas de cromatografía de gases de Agilent se caracterizan por su fiabilidad, su resistencia y su larga vida útil. Además, la garantía de uso de 10 años de Agilent asegura aún más un bajo coste de mantenimiento a lo largo de la vida del cromatógrafo de gases.

Para que el análisis fuera más claro el cromatógrafo se dividió en sus 3 componentes principales como los son:

- Inyector.
- Horno y columna cromatográfica.
- Detector de Masas.

Las características técnicas del cromatógrafo de gases se muestran en la figura 25.

Figura 25. Cromatografo de Gases GC-01.

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRFO DE GASES			CÓDIGO:	GC-01
Serial:	GC: US00036052 MS: US94240053	Modelo:	HP 5890 Series II		
Software:	01	Manuales:	15-18-17-19-21-22-31		
Garantía:	N/A		N/A		
Marca:	HEWLETT-PACKARD	Nº Inventario:	29929		
Fecha Adquisición:	09/01/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Análisis de composición química orgánica de la fracción volátil y semivolátil. -Análisis de OPP, triazina, carbamatos, fenoles, TPH, PAH, VOC, BETXs, biomarcadores. -Conformación de OCP, OPP, PCB.				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 71	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	VERIFICACION: N/A CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): 56	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico □	LIMPIEZA GENERAL: Mensual	
Peso (Kg): 41	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.	
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV < 2300 -Vacuum 45-60 - Pw50 0.5-0.6 -MS Temp					
Agua < 10%	Mass: 69.00 ± 0.05	mass	Iso Ratio		
	Mass: 219 ± 0.05	69.00	1.1-1.2		
Peak: 100-120	Mass: 512 ± 0.05	219	4.0-4.5		
		502	9.9-10.5		
Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)					

Fuente: Autor del proyecto.

7.2.2 Cromatografos Líquido LC.

Los cromatografos líquidos marca Agilent Technologies (figura 26) ubicados en el laboratorio de instrumentación analítica son tomados como equipos críticos porque estos laboratorios también se destacan por la cromatografía líquida, por la tanto es necesario la realización del AMEF para detectar cuales son de las fallas y

además tiene una alta repercusión en las operaciones ya que la calidad o la entrega de resultados a los usuarios se puede ver retrasada si no se cuenta con la maquina en el momento adecuado.

El cromatógrafo líquido cuenta con un sistema altamente flexible, compuesto enteramente por módulos estándar de la serie 1200 de Agilent, ofrece soluciones de flujo de trabajo personalizadas, ideales para cualquier grupo de desarrollo de métodos LC, y además permite:

- Automatizar completamente el desarrollo de los métodos, desde la modelación hasta la prueba experimental, diseñar complejas campañas de exploración de métodos con sólo unos clics de ratón y métodos de pantalla de un día para otro.
- Seleccionar automáticamente hasta ocho columnas y hasta quince disolventes diferentes.
- Optimizar rápidamente la selección de la temperatura con hasta 6 zonas independientes de temperatura para columnas y válvulas termostatizadas.
- Ampliar sus capacidades de desarrollo de métodos con sistemas LC/MS cuadrupolo de la serie 6100 opcionales.

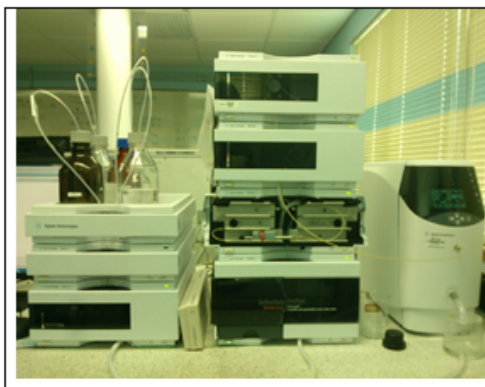
Para que el análisis fuera más claro el cromatógrafo se dividió en sus 7 componentes principales:

- Reservorio.
- Brazo Inyector.
- Termostato porta columna.
- Detector de Arreglos de Diodos (DAD).
- Detector de Fluorescencia (FLD).
- ELSD.

Las características técnicas del cromatógrafo líquido se muestran en la figura 26.

Figura 26. Cromatografo Liquido LC-01.

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRFO LÍQUIDO AT 1200 SERIES CON DETECTOR DE ARREGLO DE DIODOS			CÓDIGO:	LC-01
Serial:	DAD:DE60556113	Modelo:	AT 1200 SERIES		
Software:	80-81	Manuales:	120		
Garantía:	N/A		N/A		
Marca:	Agilent Technologies		Nº Inventario:	0140	
Fecha Adquisición:	18/08/2006	Centro Costo:	CENIVAM		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Analisis de vitamina y aflotoxinas				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 100	Voltaje (V): 960	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Horas de uso	
Ancho (cm): 34.5	Potencia (kJ, Btu/h):	Rango:	Electrónicox	CUALIFICACION-OQPV: 2 años	
Fondo (cm): 43.5	Frecuencia (Hz): 60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario	
Peso (Kg): 48	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Corriente, presión de la fase móvil, presión de lavado	



Fuente: Autor del proyecto

7.2.3 Aire Acondicionado AA-02.

El aire acondicionado AA-02 Laboratorio de Preparación de Muestras “JanuszPawliszyn” (figura 27) ubicado en el laboratorio de instrumentación analítica, fue seleccionado como critico ya que es el encargado controlar la temperatura de la sala de Instrumentación Analítica garantizando el buen funcionamiento de los cromatografos de gases y lo cromatografos líquidos.

El **Aire Acondicionado York Split** 50 de 4500 frigorías Frio / Calor, tiene un diseño compacto y moderno, con display indicador en la parte frontal. Sus dimensiones reducidas tanto en su unidad interior como exterior, hacen que quede bien en cualquier ambiente que lo pongas.

Posee una eficiencia mejorada con la implementación de compresores y motores de alta eficiencia manejados de forma inteligente, este equipo recibe clasificación de eficiencia energética C.

Más funciones y características del Aire Acondicionado York Split:


- DisplayMulti Temperatura.
- Control Remoto con LCD.
- Función Sueño
- Timer programable
- Función Blow
- Auto Reinicio.

Para que el análisis fuera más claro el aire acondicionado se dividió en sus 2 principales sistemas que son:

- Sistema de Refrigeración
- Sistema Eléctrico

Las características técnicas del aire acondicionado AA-02 se muestran en la figura 27.

Figura 27. Aire Acondicionado AA-02

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	AIRE ACONDICIONADO			CÓDIGO:	AA-02
Serial:	NOD9684964	Modelo:	Z0J60C00N2CAALC		
Software:	N/A	Manuales:	42		
Garantía:	N/A		N/A		
Marca:	YORK	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	20/06/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	TERRAZA DEL EDIFICIO 45				
Uso:	Controlar la temperatura de la sala de Instrumentación Analítica				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Global Webmaster, YORK, P.O. Box 1592-3630 631 S. Richland			Dirección: PROYECTOS Y SERVICIOS, Carrera 22 No.21-26 Bucaramanga/Santander		
Teléfono: (717) 771-7381			Teléfono: 634 88 21 - 634 88 97		
Web-Site: www.york.com			Web-Site: N/A		
e-mail:			e-mail: N/A		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 65.8	Voltaje (V): 220	R.P.M: 1075	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO: TRIMESTRAL	
Ancho (cm): 20.5	Potencia (W): ¼ HP	Rango: N/A	Electrónico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): 40	Frecuencia (Hz): 60	Resolución: N/A	Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Trimestral junto con el mantenimiento preventivo CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Encendido e Enfriamiento	
Peso (kg): 46.5	Corriente (A): 3.0	Sensibilidad: N/A	Otro __ cuál?		

Fuente: Autor del proyecto

7.2.4 Cabina Extractora de Gases CAG-02.

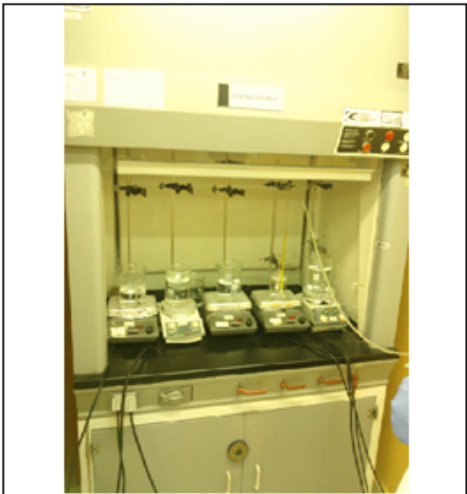
La cabina extractora de gases CAG-02 (figura 28), ubicado en el Laboratorio de Preparación de Muestras “JanuszPawliszyn” resulto ser un equipo crítico porque él es el encargo de remover los gases tóxicos de los disolventes a la hora de ser calentados.

Para que el análisis fuera más claro la cabina extractora de gases se dividió en sus 2 principales sistemas que son:

- Sistema de Extracción
- Sistema Eléctrico

Las características técnicas de la cabina extractora de gases CAG-02 se muestran en la figura 28.

Figura 28. Cabina extractora de gases CAG-02

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CABINA EXTRACTORA DE GASES			CÓDIGO:	CEG-02
Serial:	050105	Modelo:	C120x		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A		N/A		
Marca:	extractor	Nº Inventario:	52395		
Fecha Adquisición:	01/09/1981	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio de Preparación de Muestras "Janusz Pawliszyn"				
Uso:	-Extraer los gases peligrosos de los solventes y reactivos nocivos para la salud utilizados en la preparación de muestras				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Compañía de control de contaminación Colombia			Dirección:		
Teléfono:			Teléfono:		
Web-Site:			Web-Site:		
e-mail:			e-mail:		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 220	Voltaje (V): 200	Accuracy: N/A	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO: Cada 2 años	
Ancho (cm): 95	Potencia (kJ, Btu/h):	Rango: N/A	Electrónico <input type="checkbox"/>		
Fondo (cm): 45	Frecuencia (Hz): 60	Resolución: N/A	Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: MENSUAL CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Encendido y aspiración de gases	
Peso (kg): N/A	Corriente (A):	Sensibilidad: N/A	Otro __ cuál?		


Fuente: Autor del proyecto.

7.2.5 Destilador DES-02.

El destilador DES-02 (figura 29), ubicado en el Laboratorio de Preparación de Muestras “JanuszPawliszyn”, es considerado un equipo crítico porque es el encargado de destilar el agua para proveerla a los diferentes procesos químicos aquí realizados.

Este equipo no se dividió en subsistemas ya que es un equipo muy sencillo y no fue necesario desglosarlo en componentes o subsistemas. Las características técnicas del destilador DES-02 se muestran en la tabla 28.

Figura 29. Destilador DES-02.


INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	DESTILADOR			CÓDIGO:	DES-02
Serial:	12G1839	Modelo:	Mono Dest 3000		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A		N/A		
Marca:	BRAND	Nº Inventario:	95975		
Fecha Adquisición:	30/03/2011	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	Laboratorio de Preparación de Muestras "Janusz Pawliszyn"				
Uso:	Destilar agua				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección:			Dirección: ARQUILAB LTDA		
Teléfono:			Teléfono: 634 75 04 – 645 81 42		
Web-Site:			Web-Site:		
e-mail:			e-mail:		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 44	Voltaje (V): 110	Accuracy: N/A	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO: Semestral	
Ancho (cm): N/A	Potencia (W):	Rango: 4 L/h	Electrónico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): N/A	Frecuencia (Hz): 60	Resolución: N/A	Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: MENSUAL	
Peso (kg): N/A	Corriente (A):	Sensibilidad: N/A	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Encendido y calentamiento	

Fuente: Autor del proyecto

7.2.6 UPS.

Este equipo hace parte del laboratorio clínico, y fue seleccionado como equipo crítico ya que si por algún motivo no está disponible en el laboratorio puede afectar a otros equipos importantes, generando pérdida de datos para el laboratorio o daño de otros equipos importantes para el normal desempeño de las actividades del laboratorio, El UPS (ver figura 30) es un dispositivo que se conecta al enchufe doméstico, este está constituido por una gran cantidad de circuitos que permite alimentar un juego de baterías recargables internas. En caso de que se dé un corte de energía en el suministro de la red del laboratorio, las baterías automáticamente continúan alimentando de energía eléctrica simultáneamente a una gran cantidad de computadoras, y equipos electrónicos, que son de gran utilidad en el laboratorio. Las características técnicas del UPS se muestran en la figura 30.

Figura 30. UPS.

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	UNIDAD DE ALIMENTACION ELECTRICA ININTERRUMPIDA/ SmartOnline SUB0k 80kva Tower UPS			CÓDIGO:	UPS-01
Serial:	9811ANTCS679400002	Modelo:	D65719		
Software:	N/A	Manuales:	55-58-59-60-61		
Garantía:	N/A		N/A		
Marca:	TRIPP LITE	Nº Inventario:	93864		
Fecha Adquisición:	08/07/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	CUARTO UPS/1º PISO EDIFICIO C45				
Uso:	Estabilizar el voltaje de los equipos del edificio C45				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Tripp Lite			Dirección: Trienergy S.A / Bucaramanga-Oficina Principal Km 7 vía a Giron Zona Industrial PBX: 646 8060/ Av. Cll 24 No. 95-12, Parque Industrial Portos No. 46, Bogotá		
Teléfono: Sales Support Phone: 773-869-1212, Technical Support Phone: 773-869-1313 / FAX: 773-869-1542			Teléfono: PBX: 097-646-8060 / (1) 428 4266 / Persona de contacto: Ing. Orlando Sarmiento Celular: 315 870 3154		
Web-Site :www.tripplite.com			Web-Site: www.grupotrienergy.com		
e-mail:			e-mail:		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 66.9'	Voltaje (V): 110-220 V AC	Accuracy: N/A	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Semestral	
Ancho (cm):20.5'	Potencia (W): 31	Rango: 80kVA/64kW	Electrónicox	VERIFICACION: N/A CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): 33.7'	Frecuencia (Hz):50-60	Resolución : N/A	Mecánicox	LIMPIEZA GENERAL: Mensual	
Peso (Lb): 1287.5	Corriente (A):	Linialidad: N/A	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO:Agitacion continua	

Fuente: Autor del proyecto

La lista completa de las características técnicas de los demás equipos se presenta en el anexo D.

7.3 Recolección de la información y registro del AMEF

Para obtener la información necesaria al momento de armar el AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla), se recurrió a datos del fabricante o proveedor de los equipos, las observaciones encontradas en los libros de control de mantenimiento llevados por el laboratorio, personas que operan y hacen los mantenimientos a los equipos.

El registro del análisis AMEF se encuentra en su totalidad para los 5 equipos en las hojas de trabajo en el anexo C de este libro.

8 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Después de obtenidos los resultados del Análisis de Criticidad y el Análisis de Modos y Efectos de Falla, herramientas que dieron las pautas para el estudio de los equipos de mayor criticidad en los laboratorios del CROM-MASS, se realizó un plan de mantenimiento preventivo general que permite reducir las paradas imprevistas, los costos de mantenimiento y un mejor control de personal, materiales y equipos.

8.1 Cronograma de Actividades de Mantenimiento Preventivo

El plan de mantenimiento preventivo para los laboratorios del CROM-MASS fue realizado para los equipos más críticos y para algunos que se consideran de gran importancia en los procesos de estos laboratorios, según los resultados del Análisis de Criticidad, además, está hecho con base en los modos de falla que se obtuvieron en el Análisis de Modos y Efectos de Falla.

El plan de mantenimiento diseña fechas de inspección que proporcionan información del estado de los componentes que hacen parte de los equipos críticos de los laboratorios.

Esta información es necesaria para planear trabajos programados que puedan prevenir paros imprevistos y daños severos en las máquinas. Estas fechas de inspección fueron diseñadas bajo la supervisión de ingenieros de mantenimiento y producción, de tal forma que el supervisor u operario revise los puntos vulnerables de las componentes de los equipos. En el anexo E se muestra el plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos.

9 CONCLUSIONES

- Una vez realizada la inducción por los laboratorios del CROM-MASS y revisados los archivos y datos técnicos de los diferentes equipos se hizo necesario revisar el listado completo de los equipos que actualmente funcionan en estos laboratorios, relacionando: códigos y lugar de funcionamiento debido a que esta información se encontraba desactualizada.
- La base de datos fue actualizada en su totalidad por el autor y brindo a las directivas de los laboratorios una idea real de los equipos que operaban hasta la culminación del proyecto (mayo 2013) y su actualización depende únicamente del personal de la oficina de mantenimiento de los laboratorios del CROM-MASS.
- Por el número de equipos que funcionan en los laboratorios del CROM-MASS fue necesario realizar una clasificación que permitiera identificar los equipos de mayor criticidad en los laboratorios para realizales posteriormente el Análisis de Modos y Efectos de Falla.
- Debido a que en los laboratorios del CROM-MASS no existen herramientas suficientes para desarrollar un Análisis de Criticidad, la única herramienta para obtener información acerca de los equipos fue la revisión de los controles llevados por el personal de mantenimiento.
- Se determinó que en los laboratorios del CROM-MASS de Ciencias Básicas de la UIS, que de los ciento dieciocho equipos inventariados, que solo cuatro equipos no funcionan y cinco funcionan de forma irregular, para

un total de nueve equipos defectuosos que generan el 7.6% del total de los equipos. Esta cifra para un laboratorio especializado como lo son los laboratorios del CENIVEM es un poco alta, lo que nos conduce por buen camino para implementar un análisis de criticidad detallado que sea de base de los procedimientos que busquen la optimización de los procesos al interior de esta entidad, y además le permite al evaluador, tener un marco de trabajo menor, sin disminución de herramientas y recursos disponibles.

- Se estableció gracias al análisis de criticidad, que para estos laboratorios, la conservación y preparación de muestras son los puntos más críticos dentro de los procesos que llevan a cabo, debido a que los factores que más predominaron al momento de evaluar la criticidad de los equipos estudiados fueron la frecuencia de fallas, la flexibilidad operacional y el impacto operacional de acuerdo a la ponderación obtenida en las encuestas, lo concluyen a favor del método de los factores ponderados.
- Se logró determinar mediante la herramienta de confiabilidad, el análisis de criticidad realizado a los laboratorios del CROM-MASS arrojaron como resultado que el 16,1% de los equipos son críticos, el 74,58% son medianamente críticos y el restante 9,32% son no críticos. Estos resultados eran de esperarse, puesto que estos laboratorios brindan sus servicios de forma confiable y con una alta calidad en sus productos.
- Con los resultados obtenidos en la implementación del análisis de criticidad a los laboratorios del CROM-MASS se lograron identificar los equipos que más atención necesitan por parte de la división de mantenimiento tecnológico para la optimización de sus actividades, y para los cuales es urgente implementar un adecuado plan de mantenimiento preventivo, para evitar en situaciones futuras un inadecuado servicio.

- Al realizar el estudio de confiabilidad la mayoría de los resultados arrojan que los equipos críticos presentaron un parámetro de forma $\beta < 1$, lo que en la curva de la bañera corresponde a fallas tempranas. Por otro lado, no hay que desconocer que tres de los equipos críticos tienen un parámetro de forma $\beta > 1$, lo que en la curva de la bañera corresponde de fallas en la etapa de envejecimiento debido al desgaste de sus piezas.
- El estudio de confiabilidad realizado en los laboratorios del CROM-MASS, fue en base a los parámetros de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para los equipos críticos arrojando como resultados en la mayor parte de los equipos una alta DISPONIBILIDAD con más del 90%, lo que refleja que se tiene una respuesta inmediata a la hora de producirse una falla. Pero, no hay que desconocer que un equipo crítico está por debajo del 80%, lo cual nos genera una alerta a la hora de producirse una falla y se tuvo en cuenta a la hora de elaborar el plan de mantenimiento preventivo.
- Al realizar el Análisis de Modos y Efectos de Falla a los equipos de mayor criticidad en los laboratorios del CROM-MASS se obtuvo la mayoría de la información de los trabajadores que mantienen y operan los equipos, ya que en muchas ocasiones a pesar de que se encontraba información de proveedores y datos técnicos de la máquina, la experiencia de varios años al frente del funcionamiento de la máquina brinda una mayor información.
- Para obtener buenos resultados en el estudio de AMEF, tanto el personal de mantenimiento, como los operarios de los equipos, deben unificar criterios con respecto al significado de las fallas para cada equipo.

- En la elaboración del plan de mantenimiento para los laboratorios del CROM-MASS el punto más difícil fue la asignación de las frecuencias de inspección debido a que inspeccionar mucho aumenta los costos e inspeccionar poco con lleva a una desatención del equipo, por esta razón con la ayuda del personal de mantenimiento se estipularon fechas de inspección que pueden ser o no modificadas dependiendo de los resultados, aspecto que solo se conocerá con el tiempo.

- Se determinó que el plan de mantenimiento preventivo que se estaba siguiendo en los laboratorios del CROM-MASS, no estaba bien orientado, por lo cual se elaboró uno basado en parámetros que son importantes en el estudio de confiabilidad como lo son el MTBF y el MTTR los cuales identificaron las frecuencias de inspección más adecuadas, por otro lado, el uso de los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son valiosos para mejorar la gestión de mantenimiento; todo esto fue necesario tenerlo en cuenta para aumentar el disponibilidad de los equipos.

- Tener documentada la información antes descrita permite a la División de mantenimiento tecnológico organizar su información, evitando confusiones a la hora de identificar los modos de falla, sus causas, consecuencias y las acciones que se han seguido para resolver estas fallas a lo largo de la vida del equipo.

- El éxito del plan de mantenimiento diseñado dependerá en gran parte del empeño y honestidad con que el personal de División de Mantenimiento Tecnológico realice los trabajos programados así como la elaboración de informes que se ajusten lo más exactamente posible a las labores desarrolladas.

- Realizar el proyecto en los laboratorios del CROM-MASS, permitió al autor confrontar los conocimientos adquiridos en la Universidad con el día a día que se maneja en estos laboratorios, además la experiencia de pertenecer al grupo de mantenimiento de los laboratorios del CROM-MASS, brinda un gran número de vivencias, que servirán en el futuro desempeño laboral.

10 RECOMENDACIONES

- Para futuras adquisiciones de equipos se propone la construcción de una herramienta computarizada que ayude con el desarrollo de los cálculos para el análisis de criticidad y que además brinde resultados como la matriz y un listado de los equipos más susceptibles a fallas
- Se le es indispensable a los laboratorios del CROM-MASS de la Facultad de Ciencias Básicas de la UIS, adquirir un sistema computarizado que contribuya con la ejecución de un plan de mantenimiento para la hora de realizar el mantenimiento preventivo de los equipos críticos y medianamente críticos.
- Ejecutar a claridad las herramientas que se presentaron en este proyecto, para obtener un mejoramiento continuo, que optimice la gestión, planeación, ejecución y control de los servicios prestados por parte de los laboratorios del CROM-MASS.
- Se le sugiere al personal de mantenimiento tener en cuenta el análisis de modo y efecto de fallas para los equipos que presentaron un bajo indicador de disponibilidad para que se evidencie una respuesta oportuna a la hora que se presente una falla.
- Llevar a cabo una actualización semestral de todos los equipos de los laboratorios del CROM-MASS, con el fin de facilitar una información veraz para futuros ajustes en el plan de mantenimiento para que se garantice una buena labor de mantenimiento.

- Para el personal interno encargado del mantenimiento en los laboratorios del CROM-MASS se le invita a una continuidad de trabajo y una permanente valoración de resultados, además la presentación oportuna de informes sobre actividades realizadas por parte de estos, con el fin de darle a la División de Mantenimiento Tecnológico una herramienta importante a la hora de reestructurar metodologías para el mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

AMEF: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Diputación Foral de Bizkaia. Departamento de promoción Económica. [En línea]. [Consultado Feb 2013]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos> >

DURAN, José Bernardo. Mantenimiento de 4ta generación, Evolución o Revolución? [Diapositivas]. Bogotá: 2005. 80 diapositivas.

European Federation of National Maintenance Societies. Definición de mantenimiento [Consultado Feb. 2013] Disponible en: [<http://www.efnms.org/What-EFNMS-stands-for/m1312/What-EFNMS-stands-for.html>].

Gonzalez B, Carlos Ramon., Conferencias de ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, 2001.

-----. Mantenimiento y Montajes, Cap. 2. Generalidades. Bucaramanga: UIS, 2001. P 3.

LUNA, Ana Eugenia. Teoría de la confiabilidad. [En línea]. Buenos Aires.: Universidad de Buenos Aires. Departamento de física, 2005. 24p.[Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/50927500/Weibull>>

MONCADA, Duvan. RODRIGUEZ, Edder. QUIÑONEZ, Jelder. Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Bucaramanga, 2009. 113p. Tesis de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

PASCUAL, Rodrigo. Gestión moderna del mantenimiento. Universidad de Chile. Departamento de ingeniería mecánica.[En línea]. Santiago, 2002.281p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://mettcon.com/manual%20del%20ingeniero%20de%20mantenimiento.pdf>>
¹⁹Ibíd., p. 281

PRANDO, Raúl. Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida. Montevideo: Piedra Santa, 1996.

QUIÑONES CORTÉS, Jhon Jairo. Implementación de la metodología de confiabilidad análisis de criticidad en los laboratorios clínico y de inmunología y biología molecular de la uis. Trabajo de grado Ingeniero Mecanico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. 2012.

ROSALER, Robert C. (2002). Manual del Ingeniero de Planta. Mac-Graw-Hill/Interamericana de Editores, S.A. de C.V.

SIERRA A. Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrial AVM S.A. Trabajo de grado en modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2004. 196p.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER. Centro de investigación en Biomoléculas CIBIMOL. Bucaramanga. [Consultado Feb. 2013] Disponible en: [<https://http://tux.uis.edu.co/quimica/investigacion/centros/cibimol>]

----- . División de Mantenimiento Tecnológico. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>]

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A. Datos históricos de los equipos críticos de los laboratorios del CROM-MASS.

Tabla 21. Cromatógrafo de Gases GC-02

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	23/07/2010	23/07/2010	583	1
2	01/03/2012	01/03/2012	12	1
3	12/03/2012	14/03/2012	Ahora	3

Tabla 22. Cromatógrafo de Gases GC-03

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	23/07/2010	23/07/2010	480	1
2	18/11/2011	21/11/2011	114	4
3	12/03/2012	14/03/2012	Ahora	3

Tabla 23. Cromatógrafo de Gases GC-04

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	14/03/2008	29/03/2008	20	16
2	04/04/2008	15/04/2008	82	17
3	26/06/2008	26/06/2008	130	1
4	06/10/2008	10/10/2008	98	5
5	14/01/2009	24/01/2009	440	11
6	23/06/2010	01/07/2010	219	9
7	02/02/2011	04/02/2011	407	3
8	12/03/2012	12/03/2012	105	1
9	27/06/2012	27/06/2012	21	1
10	19/07/2012	19/07/2012	Ahora	1

Tabla 24. Cromatógrafo de Gases GC-05

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	24/11/2000	24/11/2000	1313	1
2	01/06/2004	01/06/2004	132	1
3	12/11/2004	12/11/2004	102	1
4	24/02/2005	24/02/2005	103	1
5	31/05/2005	31/05/2005	70	1
6	09/08/2006	09/08/2006	291	1
7	30/04/2007	25/05/2007	297	26
8	27/02/2008	28/02/2008	396	2
9	28/08/2009	03/09/2009	295	9
10	23/06/2010	01/07/2010	539	1
11	16/12/2011	16/12/2011	191	1
12	27/06/2012	27/06/2012	102	1
13	08/10/2012	10/10/2012	15	3
14	22/10/2012	24/10/2012	Ahora	3

Tabla 25. Cromatógrafo de Gases GC-06

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	30/06/2004	30/06/2004	235	1
2	24/02/2005	24/02/2005	17	1
3	10/03/2006	10/03/2006	149	1
4	09/08/2008	09/08/2008	879	1
5	24/01/2009	24/01/2009	514	1
6	23/07/2010	01/08/2010	493	9
7	30/11/2011	30/11/2011	323	1
8	22/10/2012	24/10/2012	Ahora	3

Tabla 26. Cromatógrafo de Gases GC-07

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	09/08/2006	09/08/2006	116	1
2	05/12/2006	05/12/2006	957	1
3	21/09/2009	15/10/2009	333	25
4	23/07/2010	01/08/2010	186	9
5	29/12/2010	04/02/2010	Ahora	36

Tabla 27. Cromatógrafo de Gases GC-08

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	25/05/2007	25/05/2007	113	1
2	17/09/2007	20/09/2007	730	4
3	21/09/2009	15/10/2009	303	25
4	23/07/2010	01/08/2010	7	9
5	29/12/2010	04/02/2010	337	36
6	05/12/2011	06/12/2011	196	2
7	20/06/2012	27/06/2012	21	8
8	10/07/2012	19/07/2012	Ahora	10

Tabla 28. Cromatógrafo de Gases GC-09

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	23/07/2010	01/08/2010	7	9
2	15/11/2011	18/11/2011	478	4
3	10/03/2012	12/03/2012	11	3
4	20/06/2012	27/06/2012	Ahora	8

Tabla 29. Cromatógrafo de Gases GC-10

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	13/08/2010	13/08/2010	8	1
2	20/08/2010	25/08/2010	51	6
3	10/10/2010	12/10/2010	29	3
4	08/11/2010	12/11/2010	201	5
5	28/05/2011	03/06/2011	13	6
6	10/06/2011	14/06/2011	25	5
7	04/07/2011	08/07/2011	19	5
8	22/07/2011	28/07/2011	30	7
9	21/08/2011	25/08/2011	66	5
10	26/10/2011	04/11/2011	54	9
11	19/12/2011	23/12/2011	81	4
12	09/03/2012	14/03/2012	121	6
13	10/07/2012	19/07/2012	102	10
14	22/10/2012	24/10/2012	Ahora	3

Tabla 30. Cromatógrafo de Gases GC-11

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	05/08/2011	05/08/2011	6	1
2	10/08/2011	19/08/2011	169	10
3	28/02/2012	01/03/2012	170	4
4	17/08/2012	20/08/2012	Ahora	4

Tabla 31. Cromatógrafo de Gases GC-12

Nº DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	19/12/2011	23/12/2011	72	4
2	10/03/2012	12/03/2012	130	3
3	20/06/2012	27/06/2012	Ahora	8

Tabla 32. Cromatógrafo Liquido LC-01

Nº DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	25/05/2007	25/05/2007	1166	1
2	06/08/2010	06/08/2010	452	1
3	02/11/2011	04/11/2011	158	3
4	10/06/2012	14/06/2012	18	5
5	27/06/2012	27/06/2012	17	1
6	13/07/2012	19/06/2012	Ahora	7

Tabla 33. Cromatógrafo Liquido LC-02

Nº DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	10/06/2012	14/06/2012	18	5
2	27/06/2012	27/06/2012	17	1
3	13/07/2012	19/06/2012	Ahora	7

Tabla 34. Cabina Extractora de Gases CAG-02

Nº DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	30/03/2010	30/03/2010	14	1
2	12/04/2011	05/05/2011	277	35
3	19/01/2012	22/02/2012	105	33
4	03/05/2012	28/05/2012	Ahora	26

Tabla 35. Aire Acondicionado AA-02

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	20/01/2011	29/01/2011	220	10
2	30/08/2011	31/08/2011	83	2
3	22/11/2011	22/11/2011	72	1
4	03/02/2012	03/02/2012	201	1
5	24/08/2012	27/08/2012	21	4
6	14/09/2012	19/09/2012	6	6
7	20/09/2012	20/09/2012	55	1
8	14/11/2012	16/11/2012	Ahora	5

Tabla 36. Aire Acondicionado AA-09

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	14/11/2012	16/11/2012	Ahora	3

Tabla 37. Destilador DES-02

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	21/06/2007	21/06/2007	279	1
2	30/03/2008	30/03/2008	83	1
3	22/06/2009	23/06/2009	96	2
4	28/09/2009	29/09/2009	169	2
5	16/03/2010	16/03/2010	102	1
6	28/06/2010	28/06/2010	64	1
7	01/09/2010	01/09/2010	188	1
8	08/03/2011	08/03/2011	153	1
9	11/08/2011	11/08/2011	207	1
10	07/03/2012	08/03/2012	Ahora	2

Tabla 38. UPS

N° DATOS	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE CUMPLIMIENTO	TBF	TTR
1	01/10/2010	01/10/2010	41	1
2	12/11/2010	12/11/2010	208	1
3	09/06/2011	09/06/2011	Ahora	1

Anexo B. Gráficas de confiabilidad y mantenibilidad para los equipos de los laboratorios del CROM-MASS.

➤ Cromatografo de Gases GC-04

Figura 31. Cromatografo de Gases GC-04-Confiabilidad.

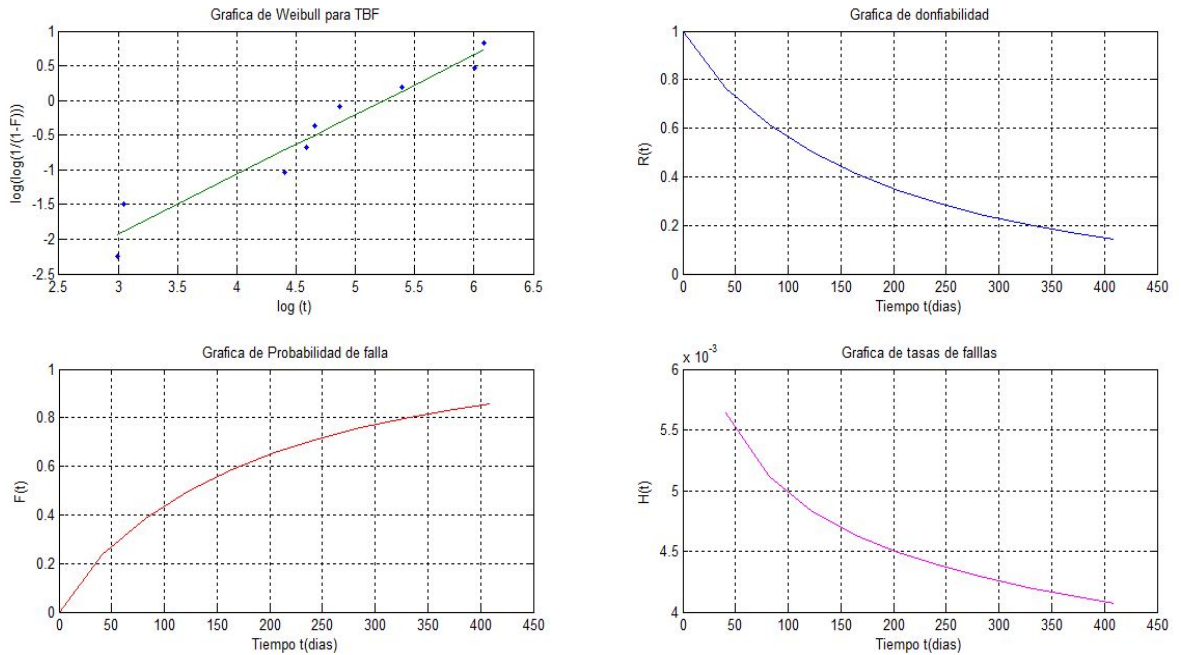
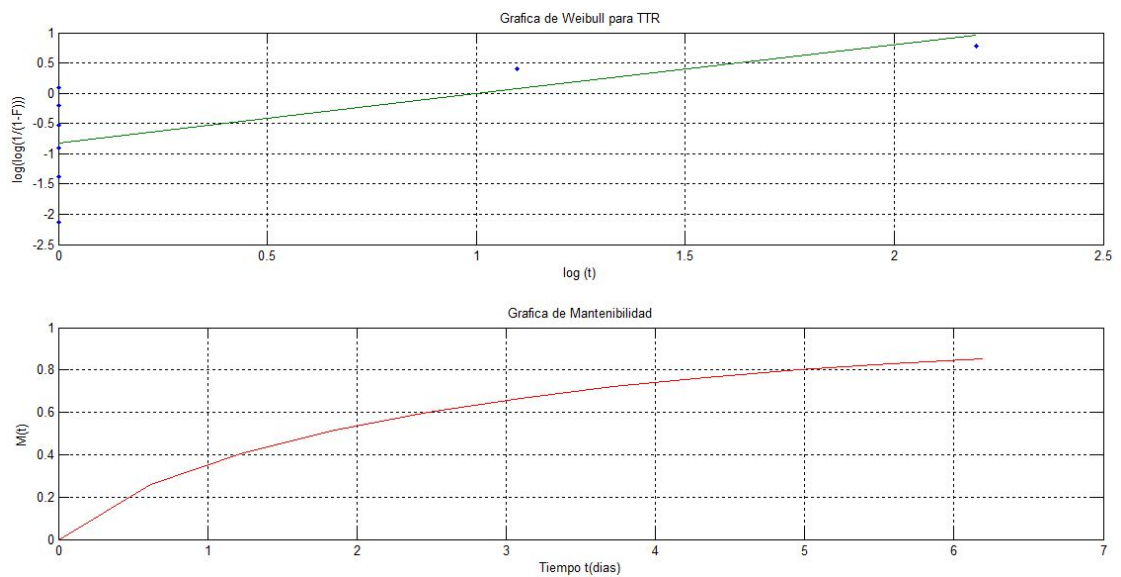


Figura 32. Cromatografo de Gases GC-04-Mantenibilidad



➤ **Cromatografo de Gases GC-05**

Figura 33. Cromatografo de Gases GC-05 – Confiabilidad

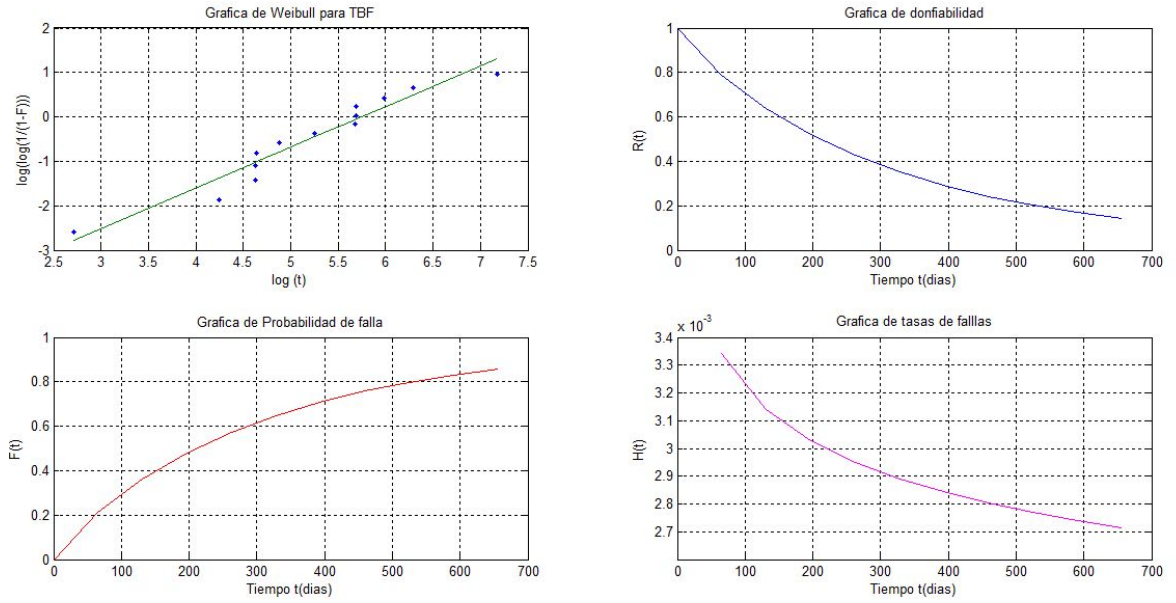
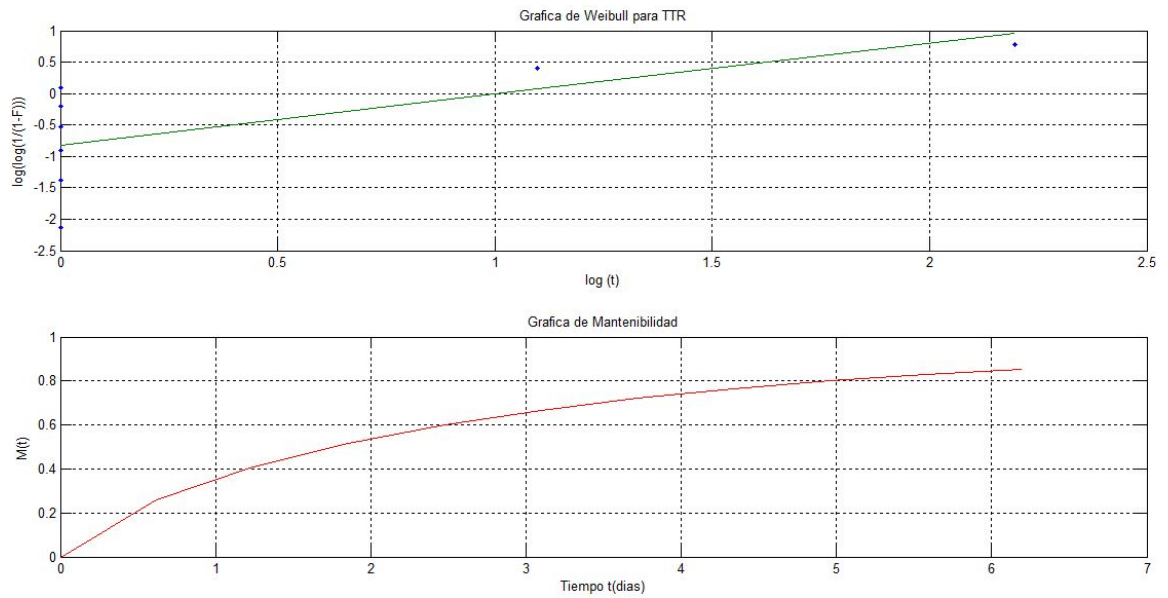


Figura 34. Cromatografo de Gases GC-05 – Mantenibilidad



➤ **Cromatografo de Gases GC-06**

Figura 35. Cromatografo de Gases GC-06 – Confiabilidad

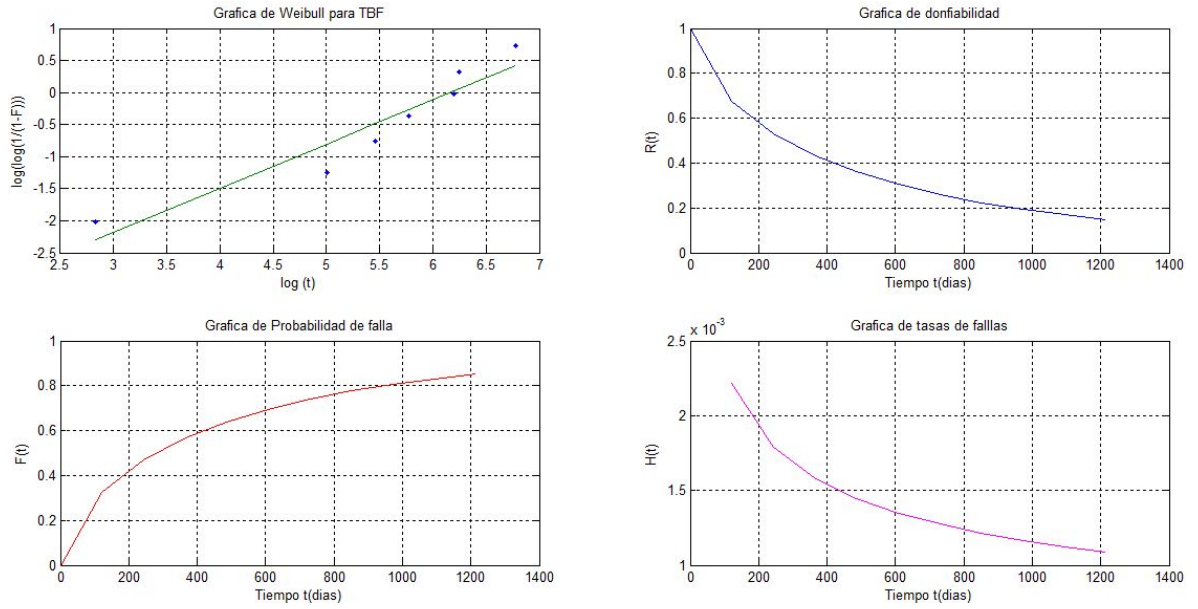
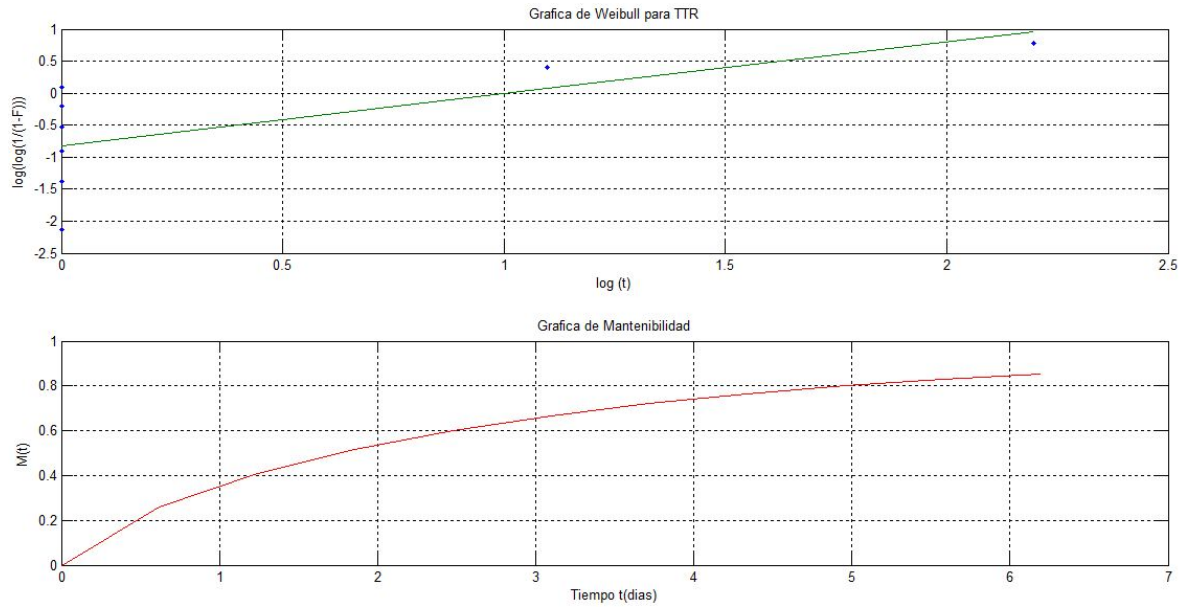


Figura 36. Cromatografo de Gases GC-06 – Mantenibilidad



➤ **Cromatografo de Gases GC-07**

Figura 37. Cromatografo de Gases GC-07 – Confiabilidad

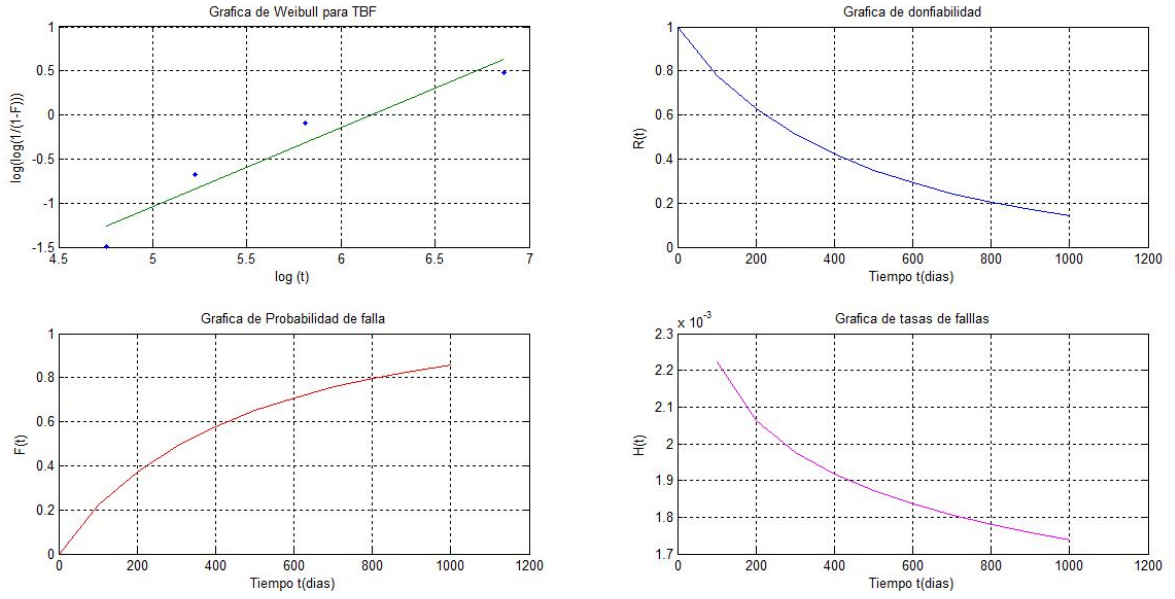
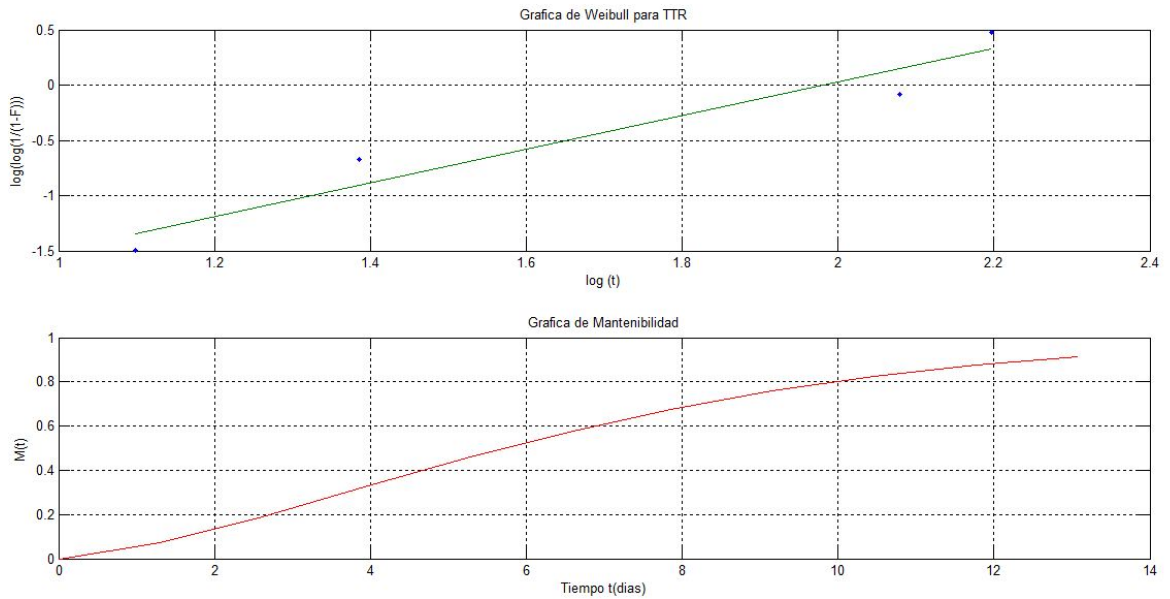


Figura 38. Cromatografo de Gases GC-07 – Mantenibilidad



➤ **Cromatografo de Gases GC-08**

Figura 39. Cromatografo de Gases GC-08 – Confiabilidad

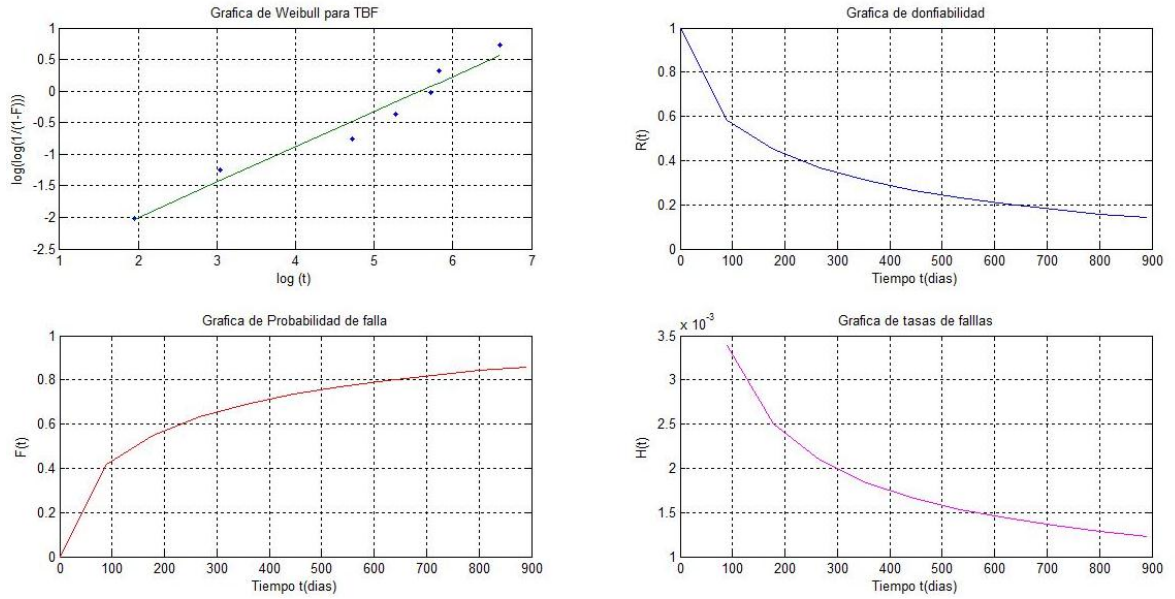
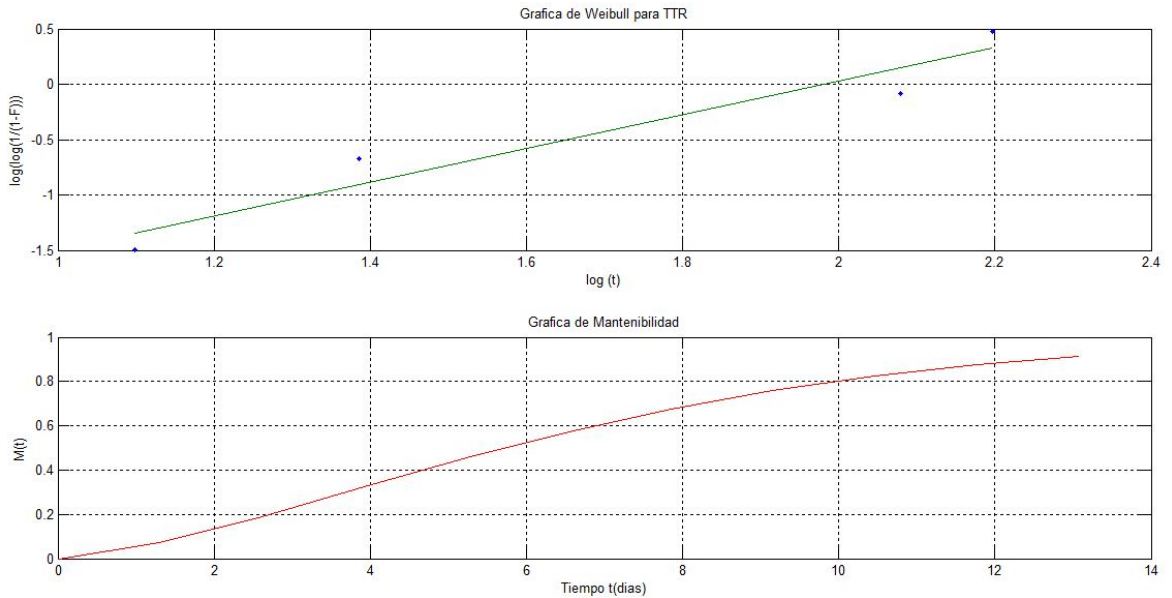


Figura 40. Cromatografo de Gases GC-08 – Mantenibilidad



➤ **Cromatografo de Gases GC-09**

Figura 41. Cromatografo de Gases GC-09 – Confiabilidad

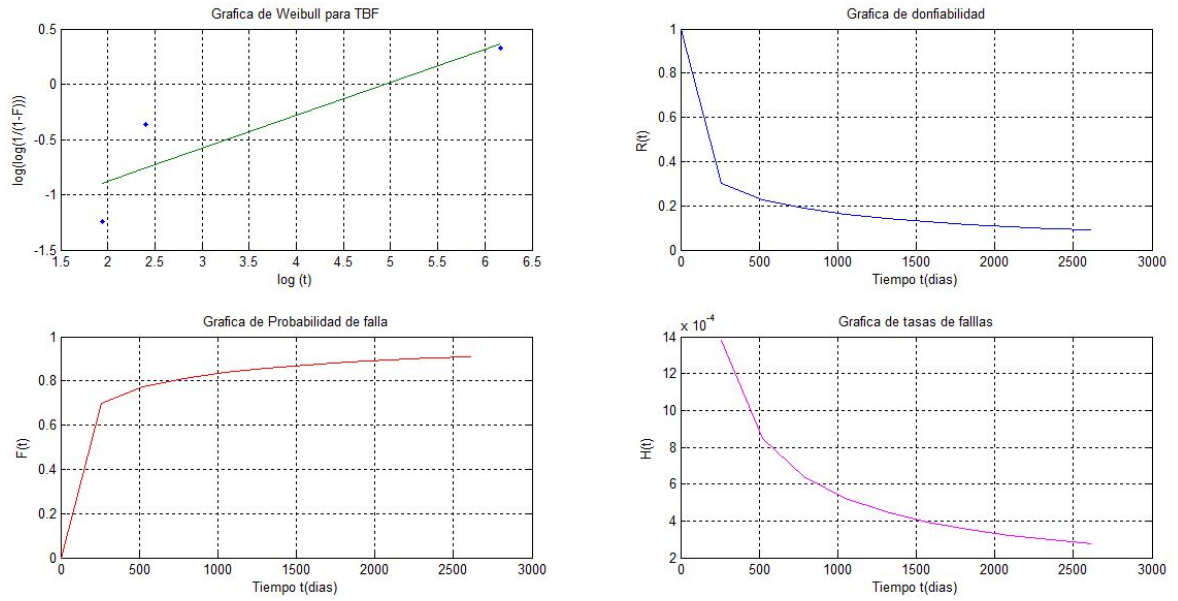
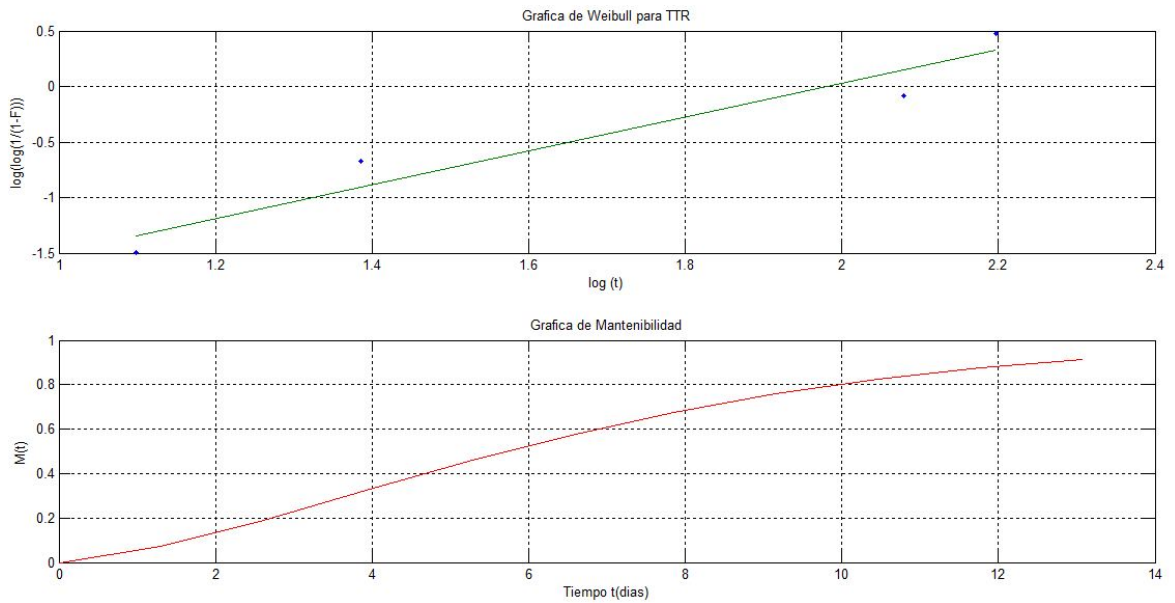


Figura 42. Cromatografo de Gases GC-09 – Mantenibilidad



➤ **Cromatografo de Gases GC-10**

Figura 43. Cromatografo de Gases GC-10 – Confiabilidad

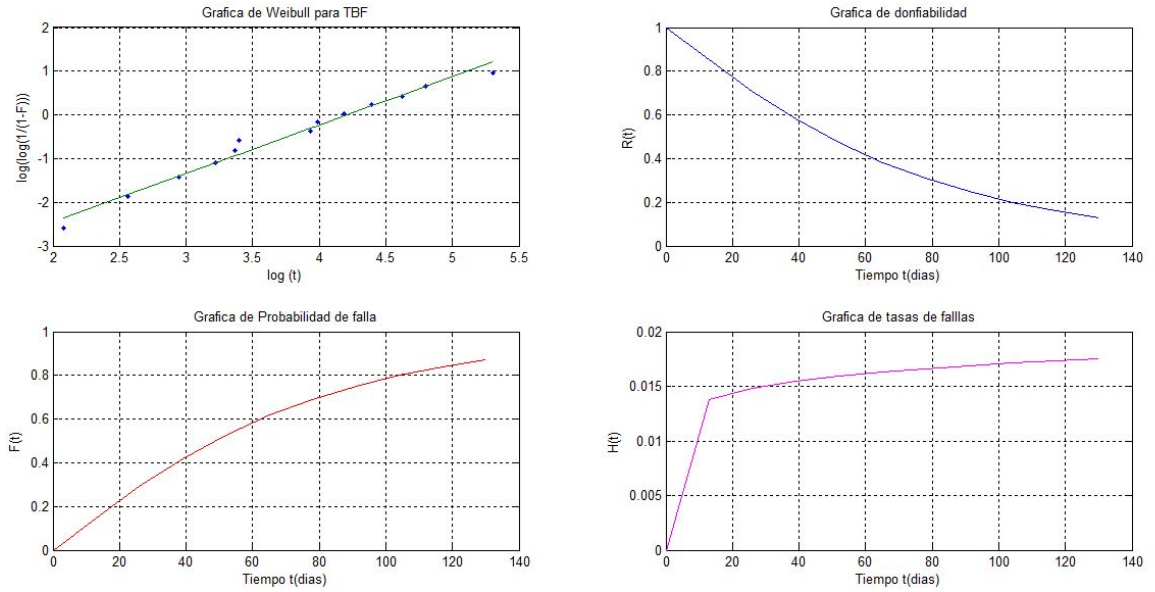
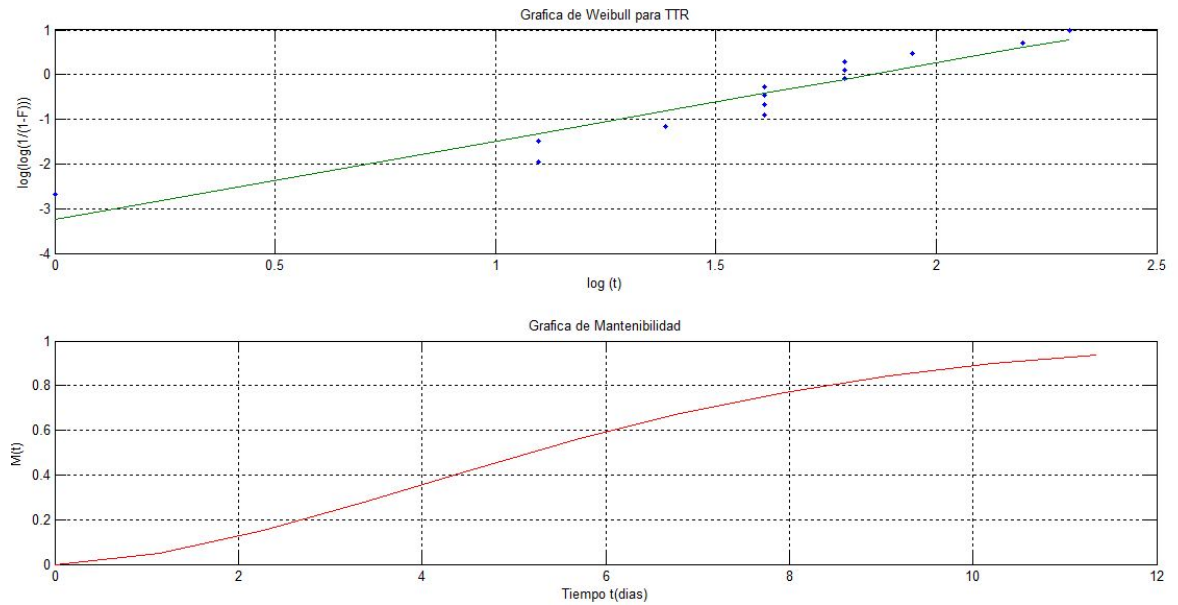


Figura 44. Cromatografo de Gases GC-10 – Mantenibilidad



➤ **Cromatografo de Gases GC-11**

Figura 45. Cromatografo de Gases GC-11 – Confiabilidad

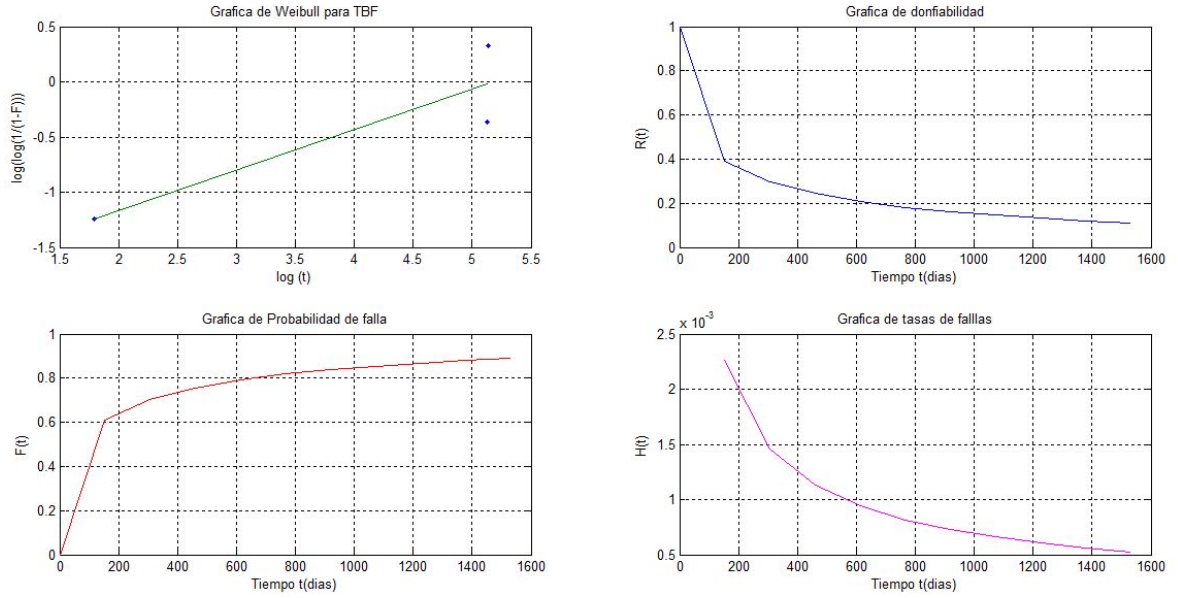
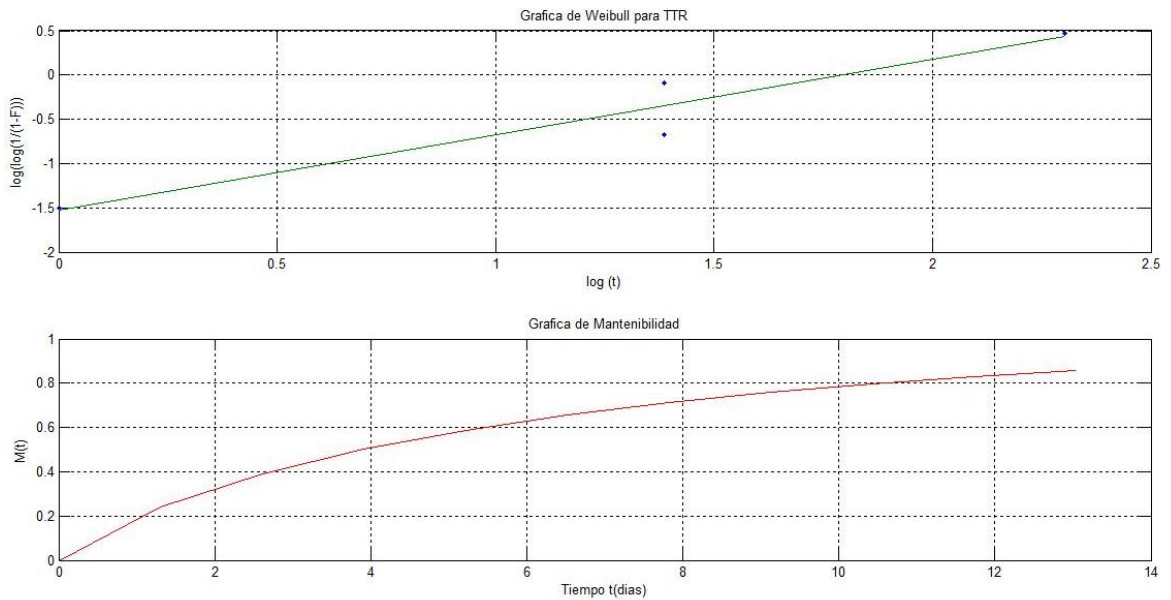


Figura 46. Cromatografo de Gases GC-11 – Mantenibilidad



➤ **Cromatografo Liquido LC-01**

Figura 47. Cromatografo Liquido LC-01 – Confiabilidad

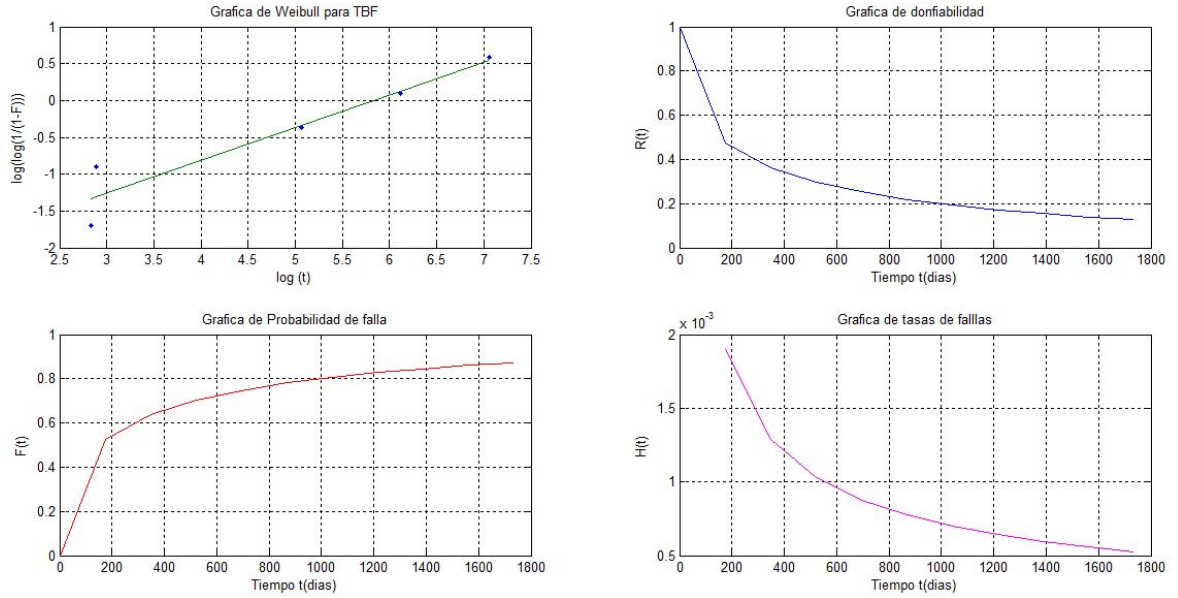
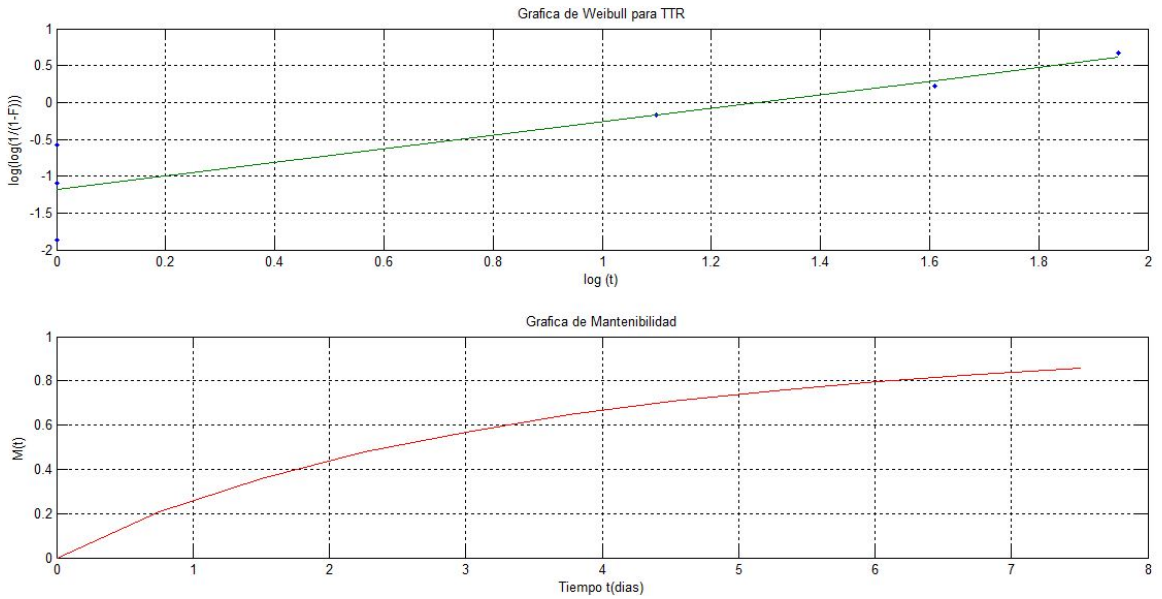


Figura 48. Cromatografo Liquido LC-01 – Mantenibilidad



➤ **Cabina Extractora de Gases CAG-02**

Figura 49. Cabina Extractora de Gases CAG-02 – Confiabilidad

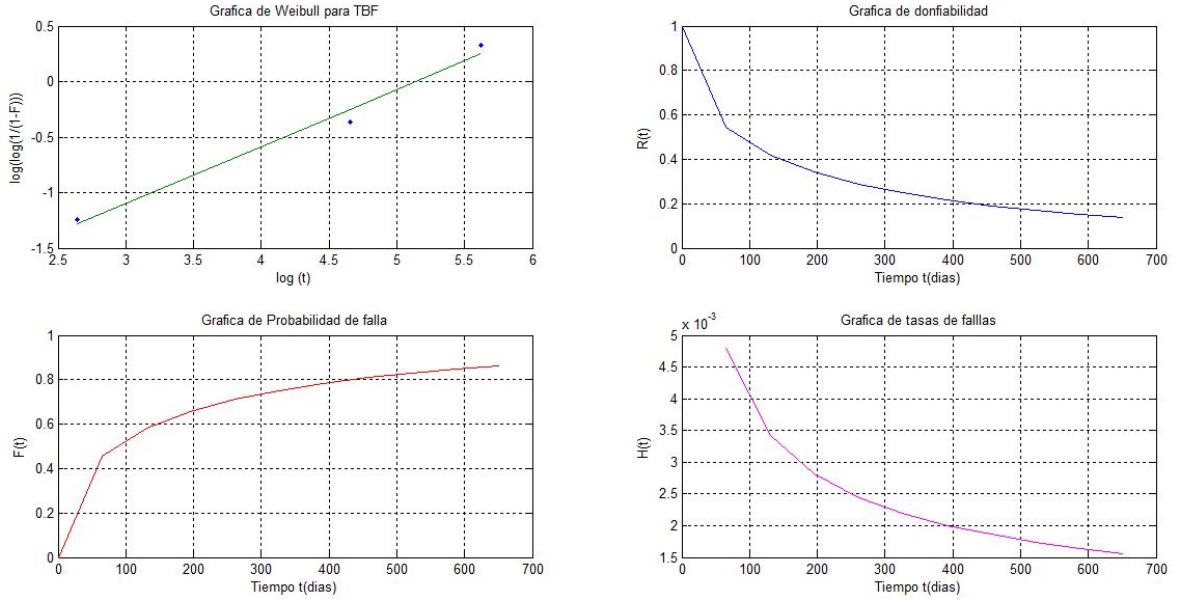
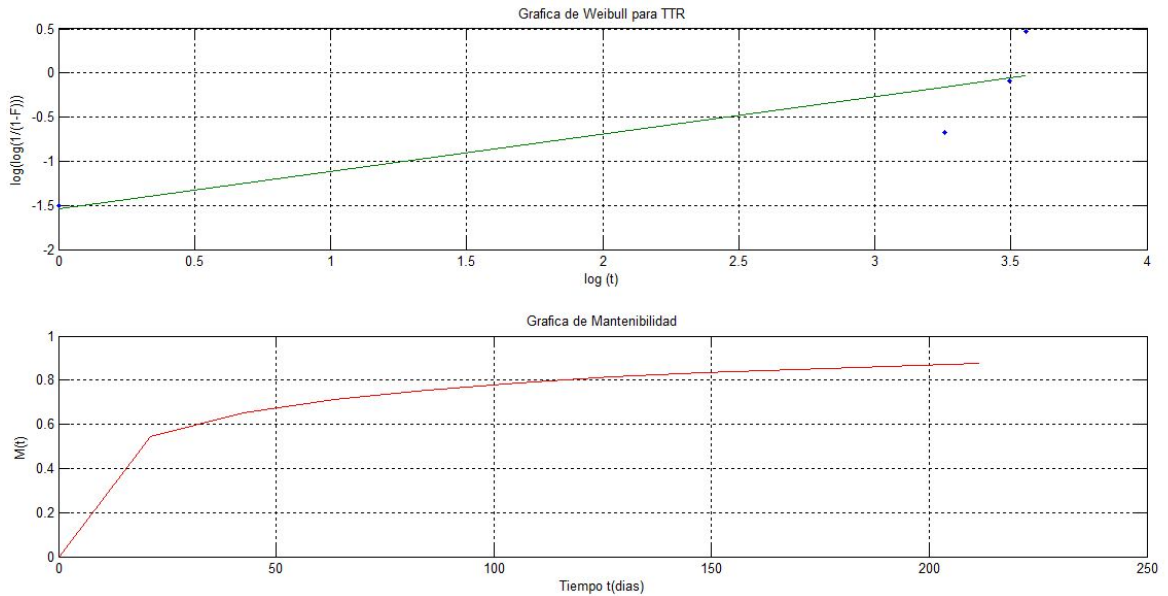


Figura 50. Cabina Extractora de Gases CAG-02 – Mantenibilidad



➤ Aire Acondicionado AA-02

Figura 51. Aire Acondicionado AA-02 – Confiabilidad

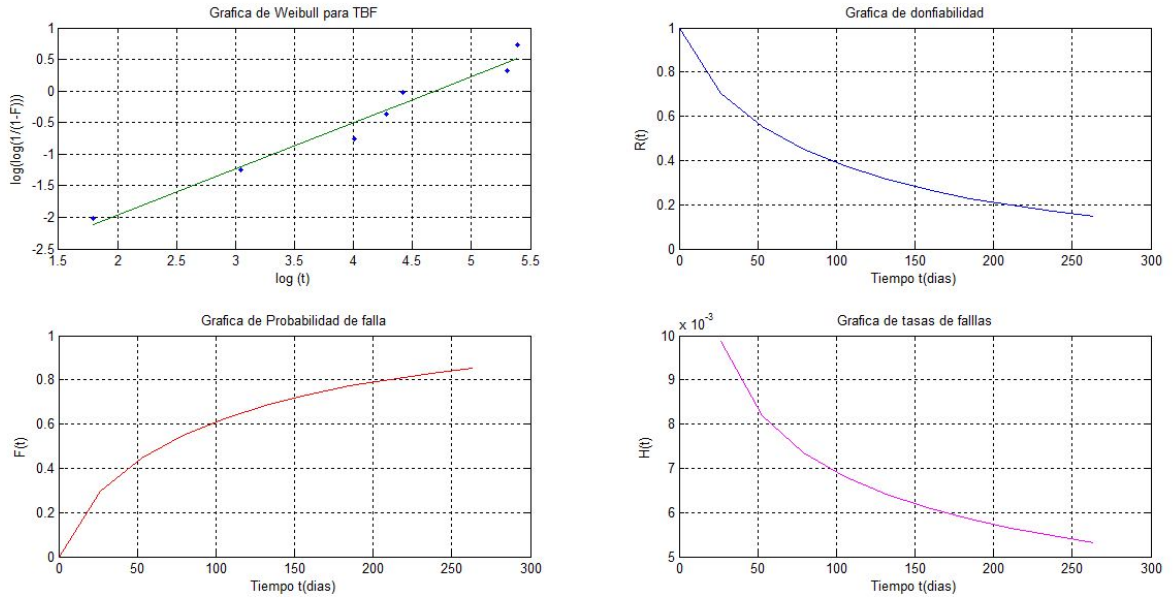
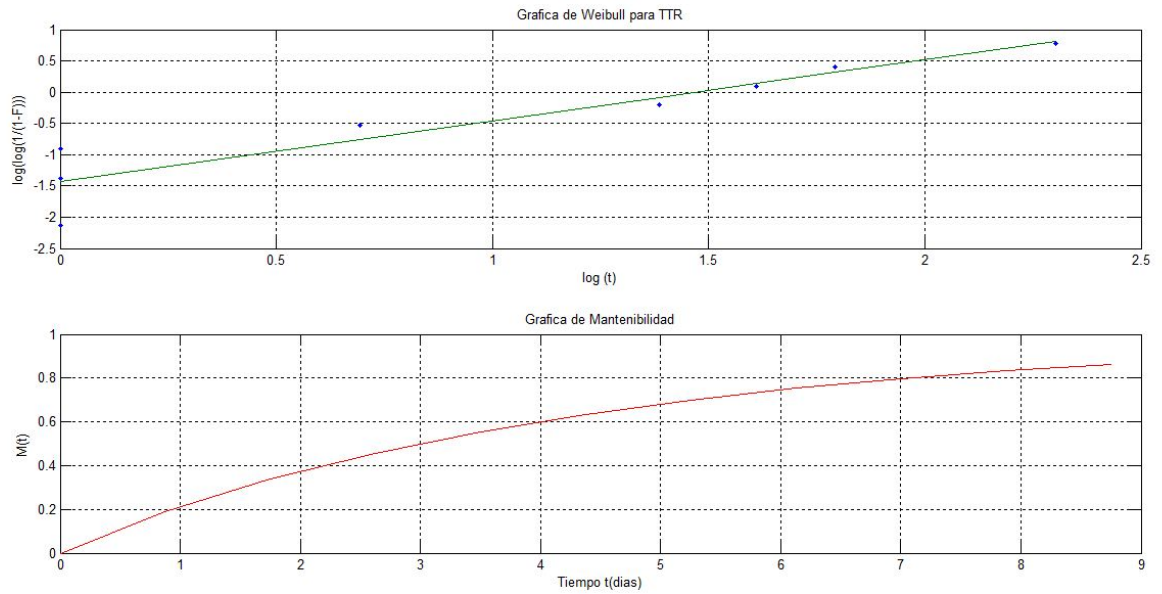


Figura 52. Aire Acondicionado AA-02 - Mantenibilidad



➤ Destilador DES-02

Figura 53. Destilador DES-02 – Confiabilidad

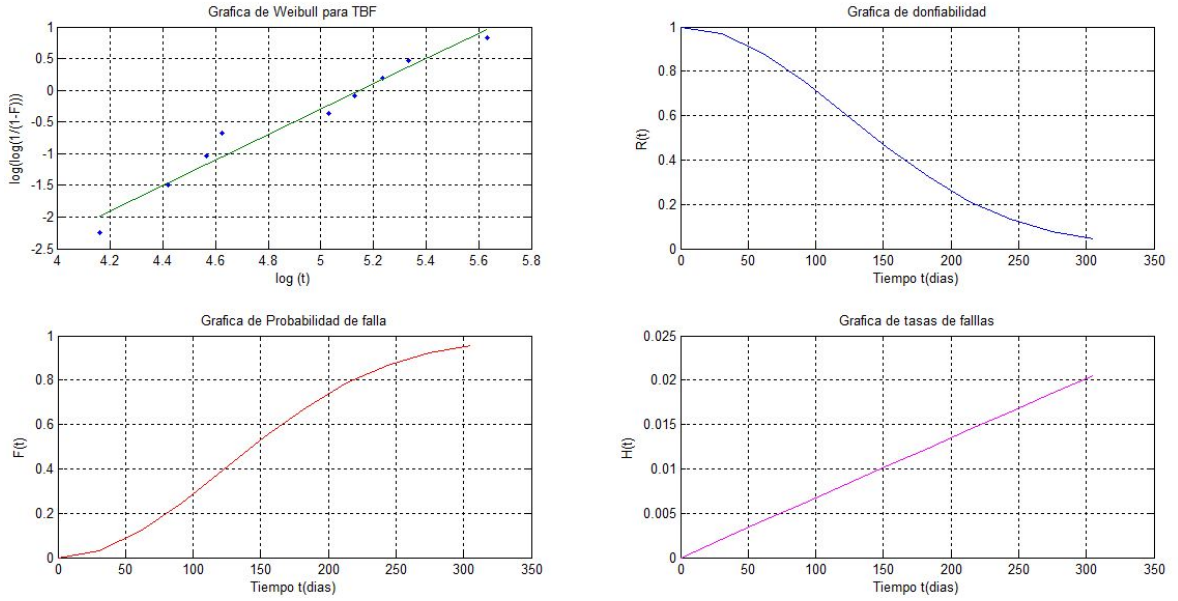
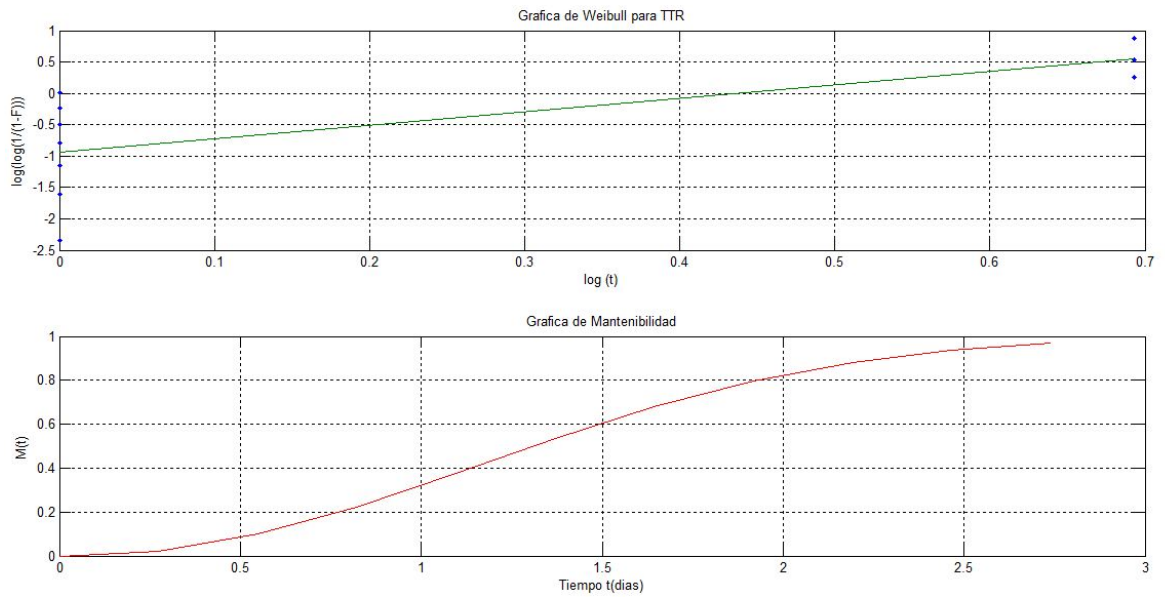


Figura 54. Destilador DES-02 – Mantenibilidad



Anexo C. Hojas de trabajo del AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla)

➤ DESTILADOR – DES-02

Tabla 39. Destilador DES-02 – AMEF

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Destilador					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 2-2	
EQUIPO	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
DES-01	Destilar agua	4.1	Ductos tapados	No circula el agua destilada	suciedad	Limpiar adecuadamente los ductos del destilador
		4.2			valvula cerrada	Verificar que la valvula no este cerrada
		5	Fusible de temperatura disparado	Equipo bloqueado	Elevacion de la temperatura	Cambiar el fusible

➤ CROMATOGRAFO DE GASES - GC

Tabla 40. Cromatografo de Gases GC – AMEF hoja 1-3

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Cromatografo de Gases GC					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 1-3	
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
Inyector	Tomar los viales e inyectarlos al sistema	1.1	Giro interrumpido del brazo	Se caen los viales y se derraman	Operación anormal en el rotor	Revisar la jeringa para saber si esta tapada
		1.2		No transporta los viales al cromatografo		
		2.1	Toma de viales incorrecta	No abra analisis cromatografico	Error en la instalacion del software	Verificar el software de instalacion
		2.2		Inyeccion erronea		
		3	No se purga	No se aprecia una respuesta logica en la señal	Jeringa tapada	

Tabla 41. Cromatografo de Gases GC – AMEF hoja 2-3

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realizacion: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Cromatografo de Gases					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 2-3	
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
Inyector	Calentar los analitos para que viajen a traves de la columna	1.1	columna capilar tapada	los analitos presentan una temperatura de ebullicion superior a la temperatura de calentamiento del del horno	se introdujo una jeringa defectuosa	cutar la columna o cambiarla
		1.2		el equipo se bloquea	suciedad	Cambiar los cilindros de suministros
		1.3		No se aprecia una respuesta logica en la señal		
		2.1	Caida de presion	escape del gas	fugas	verificar si hay fugas en los ductos
		2.2		No se calientan los analitos		
		2.3		No se aprecia una respuesta logica en la señal	No hay suficiente gas de alimentacion	Cambiar el fusible quemado
		3.1	Fallas electricas	No se calientan los analitos	Temperaturas bajas	
		3.2		No se aprecia una respuesta logica en la señal	Se quemo un fusible Hay un cortocircuito	Reiniciar el equipo

Tabla 42. Cromatografo de Gases GC – AMEF hoja 3-3

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013 Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo Hoja: 2-3	
EQUIPO: Cromatografo de Gases						
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
Detector de Masas	Detectar los fragmentos de las moleculas de interes	1	caidas de presion	La corrida cromatografica se detiene	Cilindro de gas vacio No se produjo el vacio adecuado	Revisar la bomba que produce el vacio
		2	Transferencia inadecuada	No se obtiene una lectura correcta de la señal	Fugas	Revisar el tubo de transferencia para
		3	Quema del filamento	Se detien u ocurre una para del equipo	Cambios de temperatura drsticos	Verificar el estado acutal del filamento
		4	Lente electromultiplicador arrojando lecturas erroneas	Reporte de calibracion muestra las alertas donde esta fallando	Desgaste	estar pendientes de las alertas

➤ CROMATOGRAFO LIQUIDO – LC

Tabla 43. Cromatografo Liquido LC – AMEF hoja 1-3

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013 Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo Hoja: 1-3	
EQUIPO: Cromatografo Liquido LC						
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
Reservorio	Base o soporte de los solventes	1.1	Gotas de las muestras en la parte inferior del reservorio	Desgaste del material	Cambio o adicion del solvetne mal efectuado	Limpiar los frascos antes de ser colocados en el reservorio
		1.2			Fugas en los tubos o frascos donde estan contenidos los solventes	Realizar la adicion del solvente en un lugar externo al reservorio
Desgasificador	Remover todo el aire que esta contenido en el solvente	2	Luz de encendido activa pero no hay funcionamiento del desgasificador	No remueve el aire que esta contenido en el solvente	No se aprecia una respuesta logica en la señal	Revisar el suministro de energia electrica Reiniciar el equipo

Tabla 44. Cromatografo Liquido LC – AMEF hoja 2-3

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Cromatografo Liquido LC					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 2-3	
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
Brazo Inyector	Tomar los viales e inyectarlos al sistema	1.1	Giro interrumpido del brazo	Se caen los viales y se derraman	Operación anormal en el rotor	Revisar la jeringa para saber si esta tapada
		1.2		No transporta los viales al cromatografo		
		2.1	Toma de viales incorrecta	No abra analisis cromatografico	Error en la instalacion del software	Verificar el software de instalacion
		2.2		Inyeccion erronea		
		3	No se purga	No se aprecia una respuesta logica en la señal	Jeringa tapada	

Tabla 45. Cromatografo Liquido LC – AMEF hoja 3-3

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realizacion: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Cromatografo Liquido LC					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 3-3	
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
Termostato porta columna	Calentar la fase movil y la columna	1	Sobrecalentamiento del solvente El solvente no es calentado	No alcanza la temperatura adecuada	Temperaturas altas Desgaste de la resistencia	Revisar la temperatura de calentamiento adecuada Verificar que la resistencia este en buen estado
DAD	Realizar la medida de los analitos presentando una señal asociada a la cantidad del analito que llega	2.1	Desgaste de la lampara	No registra la señales	Vida util relativamente corta	Revisar el estado acutal de la lampara
		2.2		Fluctuacion o cambios de la señal debido al ruido de la respuesta del detector		Cambiar la lampara
FLD	Registrar los analitos que presentan fluorescencia	3.1	Desgaste de la lampara	No registra la señales	Vida util relativamente corta	Revisar el estado acutal de la lampara
		3.2		Fluctuacion o cambios de la señal debido al ruido de la respuesta del detector		Cambiar la lampara
ELSD	Registrar la señal debido a los analitos que ocasionan el fenomeno de la refraccion	4.1	Desgaste de la lampara	No registra la señales	Vida util relativamente corta	Revisar el estado acutal de la lampara
		4.2		Fluctuacion o cambios de la señal debido al ruido de la respuesta del detector		Cambiar la lampara

➤ UPS

Tabla 46. UPS – AMEF hoja 1-2

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: UPS					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 1-2	
COMPONENTE	FUNCIÓN DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCIÓN CORRECTORA
Interruptor del circuito	Dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica	1.1	Problema en el interruptor del circuito		Desalineamiento mecánico	Revisar enclavamientos de relés y ajustar dispositivo de protección y operación
Cargador de la batería	suministra la corriente eléctrica que almacenará en la batería	2.1	Baja o alta salida de voltaje	No se carga lo suficiente la batería	Problemas en la tarjeta de control	Revisar todos los elementos con los que hay problemas
		2.2			Problema con los valores de control de potencial y voltaje	
		2.3			Problemas en el rectificador del fusible	
Batería	Almacena energía eléctrica	3.1	Baja capacidad de la celda	La UPS no funciona	Nivel de electrolitos bajo	Ajustar niveles de electrolitos
		3.2			Desgaste debido a prolongado uso	Cambiar por una nueva

Tabla 47. UPS – AMEF hoja 2-2

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: UPS					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
					Hoja: 2-2	
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
General		4.1	No enciende	No hay luz de led	Voltaje de la batería menor de 10V	Recargar la UPS por lo menos 4 horas
		4.2			Falla en la placa principal de circuitos impresos	Cambiar la placa principal de circuitos impresos o llamar a los especialistas
		4.3			Carga menor a 20 W en modo batería	Condición normal
		4.4	La UPS siempre está en modo batería		Cable de alimentación desconectado	Volver a conectar el cable de alimentación
		4.5			Fusible AC se quemo	Reemplazar el fusible
		4.6			Línea de tensión demasiado elevada o demasiado baja	Condición normal
		4.7	Tiempo de respaldo demasiado corto	No duran el resto de equipos encendidos demasiado tiempo	La batería no está totalmente cargada	Recargar la UPS por lo menos 4 horas

➤ AIRE ACONDICIONADO – AA-02

Tabla 48. AIRE ACONDICIONADO – AMEF hoja 1-2

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Aire Acondicionado					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
Sistema: Refrigeración					Hoja: 1-2	
COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
COMPRESOR	Succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador y también eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, para la condensación del vapor refrigerante.	1.1	No hay refrigeración o no se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos del equipo	El compresor esta malo	Cambiarlo por uno nuevo
CONDENSADOR	Convierte el vapor de su estado gaseoso a su estado líquido, también conocido como fase de transición	2.1	No hay refrigeración o no se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos del equipo	Polvo en el condensador es demasiado grueso	Limpiar el polvo
SENSOR DE TEMPERATURA	Mide la temperatura de la cámara de la centrifuga	3.1	No se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos del equipo	El sensor esta averiado	Cambiarlo por uno nuevo

Tabla 49. AIRE ACONDICIONADO – AMEF hoja 2-2

LABORATORIOS DEL CENIVAM UIS					Fecha de Realización: 06-Feb-2013	
EQUIPO: Aire Acondicionado					Realizado por: Jose Mario Romero Olmedo	
Sistema: Electrico					Hoja: 2-2	
COMPONENTE	FUNCIÓN DEL COMPONENTE	No.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	ACCION CORRECTORA
FUSIBLE	Colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que más se caliente, y por tanto la primera en fundirse	1.1	No hay refrigeración o no se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos del equipo, como también puede quemar otros	El fusible se quemo	Hacer el cambio por otro nuevo
DISPLAY	Muestra información al usuario de algunas magnitudes físicas del equipo	2.1	No se genera imagen	No se puede hacer un correcto control de las variables	No hay electricidad, no hay conexión a la fuente de poder o hubo un apagón repentino	Revisar que los cables y las conexiones estén en buenas condiciones
		2.2	Errores en la configuración de parámetros de control		El panel de control esta malo	Cambiar por uno nuevo

Anexo D. Fichas técnicas de equipos.

Figura 55. Inyector HP 6890 GC-01-1



INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR HP 6890			CÓDIGO:	GC-01-1
Serial:	US71001308	Modelo:	18593B, 7673B		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	09/01/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (<i>Agilent Technologies, Miami</i>), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 44	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 16	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Mensual	
Fondo (cm): 17	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto	

Figura 56. Inyector HP 6890 GC-01-2

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR HP 6890			CÓDIGO:	GC-01-2
Serial:	US71001309	Modelo:	18593B, 7673B		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	09/01/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 44	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 16	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Mensual
Fondo (cm): 17	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 57. Autosampler GC-01-3


INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	GC AUTOSAMPLER CONTROLLER			CÓDIGO:	GC-01-3
Serial:	US71001240	Modelo:	G1512A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	09/01/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Realizar la interfaz entre el cromatografo y el inyector				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 9	Voltaje (V): 2200	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 20.5	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 27.5	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Comunicación correcta entre el inyector y el cromatografo	

Figura 58. Detector de Masas 5972 GC-01-4

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	MASS SELECTIVE DETECTOR 5972 SERIES			CÓDIGO:	GC-01-4
Serial:	N/A	Modelo:	5972 Series		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	09/01/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Identificar y cuantificar de los compuestos de las muestras				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 20	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 40	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 34	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico □	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 3	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	VERIFICACION: N/A	
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV < 2300 -Vacuum 45-60 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp					
Agua < 10%	Mass: 69.00 ± 0.05	mass	Iso Ratio		
	Mass: 219 ± 0.05	69.00	1.1-1.2		
Peak: 100-120	Mass: 512 ± 0.05	219	4.0-4.5		
		502	9.9-10.5		
Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)					



Figura 59. Ion Gauge Coontroller GC-01-5

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	ION GAUGE CONTROLLER			CÓDIGO:	GC-01-5
Serial:	HPMSDX-GaugeB	Modelo:	59822B		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	09/01/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Medir la presión de la cámara de ionización				



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 9	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 20.5	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 27.5	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Registro del valor de la presión del detector selectivo de masas.

Figura 60. Cromatografo de Gases 5890 GC-02


INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES 5890 II Dotado con Detectores de Ionización de Llama (FID)			CÓDIGO:	GC-02
Serial:	II-47325	Modelo:	HP 5890 Series PLUS II		
Software:	02	Manuales:	13-14-15-17-32		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	21587		
Fecha Adquisición:	10/05/1993	Centro Costo:	Escuela de Quimica		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Análisis de PCB, THM, OCP -Análisis de compuestos orgánicos halogenados				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 71	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Mensual	
Fondo (cm): 56	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.	
Peso (Kg): 41	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Señal de ECD: 120-130 (T _{detector} : 300 °C)	

Figura 61. Inyector HP 6890 GC-02-1

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR HP 6890 SERIES			CÓDIGO:	GC-02-1
Serial:	9571001309	Modelo:	G1513A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	10/05/1993	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 62. Headspace Sampler HP 7694E GC-02-3

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	HEADSPACE SAMPLER HP 7694E			CÓDIGO:	GC-02-3
Serial:	IT82000425	Modelo:	G1883A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	52345		
Fecha Adquisición:	05/12/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson				
Uso:	-Análisis de la fase de vapor de las muestras				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 41	Voltaje (V): 115	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatógrafo	
Ancho (cm): 30	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Mensual	
Fondo (cm): 50	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Repetitividad en la inyección de las muestras del mismo tipo	



Figura 63. Cromatografo de Gases GC-03.


INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES 5890 II Dotado con Detectores de Captura de Electrones (SD) y Fotométrico en Llama			CÓDIGO:	GC-03
Serial:	3336A	Modelo:	HP 5890 Series PLUS II		
Software:	03	Manuales:	16-17-31		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	31072		
Fecha Adquisición:	05/12/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Análisis de PCB de aceites				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 71	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Mensual	
Fondo (cm): 56	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.	
Peso (Kg): 41	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Señal de ECD: 120-130 (T _{detector} : 300 °C)	

Figura 64. Inyector Automatico HP 6890 GC-03-1

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR AUTOMÁTICO HP 6890			CÓDIGO:	GC-03-1
Serial:	US71001308	Modelo:	G1513A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	12/05/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección:Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami) , USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono:PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico☐	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto	



Figura 65. Autosampler GC-03-2

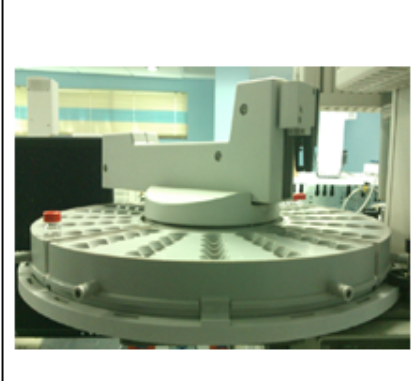

INFORMACIÓN BÁSICA									
NOMBRE:	AUTO SAMPLER			CÓDIGO:	GC-03-2				
Serial:	3609A91415	Modelo:	18596C						
Software:	N/A	Manuales:	N/A						
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A						
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A						
Fecha Adquisición:	12/05/1994	Centro Costo:	Escuela de Química						
Localización:	Instrumentación Analítica								
Uso:	-Realización de portamuestras para inyectar las muestras al cromatografo								
									
					INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR				
					FABRICANTE			DISTRIBUIDOR	
					Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota	
					Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111	
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com						
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com						
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS									
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN					
Alto (cm): 20	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A					
Ancho (cm): 40	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera					
Fondo (cm): 34	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A					
Peso (Kg): 3	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Coordinación correcta de la posición de la secuencia de las muestras					

Figura 66. Controlador del Autosampler GC-03-3

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	GC AUTOSAMPLER CONTROLLER			CÓDIGO:	GC-03-3
Serial:	3609A91415	Modelo:	G1512A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	12/05/1994	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Realiza la interface entre el cromatografo y el inyector				




INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 9	Voltaje (V): 2200	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 20.5	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 27.5	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Comunicación correcta entre el inyector y el cromatografo

Figura 67. Cromatografo de gases GC-04

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES			CÓDIGO:	GC-04
Serial:	US00020406	Modelo:	HP 5890 Series PLUS +		
Software:	N/A	Manuales:	23-25-27-28-30		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	63091		
Fecha Adquisición:	15/09/2005	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Análisis de PCB, THM, OCP -Análisis de compuestos orgánicos halogenados				




INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (<i>Agilent Technologies, Miami</i>), USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones
Ancho (cm): 68	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Mensual
Fondo (cm): 50	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.
Peso (Kg): 56.8/	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Señal de ECD: 120-130 (T _{detector} : 300 °C)

Figura 68. Inyector Automatico GC-04-1

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR AUTOMÁTICO 7683B SERIES			CÓDIGO:	GC-04-1
Serial:	US80700295	Modelo:	G2613A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	15/09/2005	Centro Costo:	Escuela de Quimica		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				




INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami), USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 69. Autosampler GC-04-2

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	AUTOSAMPLER 7683 SERIES			CÓDIGO:	GC-04-2
Serial:	US80600239	Modelo:	G26174A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	15/09/2005	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Realización de portamuestras para inyectar las muestras al cromatografo				




INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (<i>Agilent Technologies, Miami</i>), USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 20	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 40	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 34	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 3	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Coordinación correcta de la posición de la secuencia de las muestras

Figura 70. Cromatografo de Gases GC-05

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES			CÓDIGO:	GC-05
Serial:	GC: US00036052 MS: US94240053	Modelo:	AT 6890 Series Plus+		
Software:	04	Manuales:	06-07-25-26-29		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	49273		
Fecha Adquisición:	01/11/2000	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Análisis de composición química orgánica de la fracción volátil y semivolátil.				




INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS																
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN												
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones												
Ancho (cm): 95	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico	VERIFICACION: N/A CALIBRACION: N/A												
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario												
Peso (Kg): 120	Corriente (A): 120	Linealidad:	Otro __ cuál?	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.												
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 45-75 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 170-190°C																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>mass</th> <th>Iso Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>69</td> <td>0.5-1.6</td> </tr> <tr> <td>219</td> <td>3.2-5.4</td> </tr> <tr> <td>502</td> <td>7.9-12.3</td> </tr> </tbody> </table>	mass	Iso Ratio	69	0.5-1.6	219	3.2-5.4	502	7.9-12.3	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Aqua</td> <td>< 10%</td> </tr> <tr> <td>Peak</td> <td>< 160</td> </tr> </tbody> </table>	Aqua	< 10%	Peak	< 160	Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)		
mass	Iso Ratio															
69	0.5-1.6															
219	3.2-5.4															
502	7.9-12.3															
Aqua	< 10%															
Peak	< 160															

Figura 71. Inyector Automatico. GC-05-1

INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	INYECTOR AUTOMÁTICO 7683 SERIES
CÓDIGO:	GC-05-1
Serial:	U502313681
Modelo:	G2613A
Software:	N/A
Manuales:	N/A
Garantía:	N/A
Orden de compra:	N/A
Marca:	Agilent Technologies
Nº Inventario:	N/A
Fecha Adquisición:	01/11/2000
Centro Costo:	Escuela de Química
Localización:	Instrumentación Analítica
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatografo
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cuando sea necesario
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 12	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 72. Autosampler. GC-05-2


INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	AUTO SAMPLER			CÓDIGO:	GC-05-2
Serial:	CN33926493	Modelo:	G2614A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	01/11/2000	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Realización de portamuestras para inyectar las muestras al cromatografo				

INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 20	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 40	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 34	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 3	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Coordinación correcta de la posición de la secuencia de las muestras

Figura 73. Detector de Masas. GC-05-3

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	MASS SELECTIVE DETECTOR			CÓDIGO:	GC-05-3
Serial:	US94240053	Modelo:	G3440A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	01/11/2000	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Identificar y cuantificar de los compuestos de las muestras a analizar				



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 41	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones
Ancho (cm): 30	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	CALIBRACION: N/A
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico □	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	VERIFICACION: N/A

CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 45-75 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 170-190°C

mass	Iso Ratio		
69	0.5-1.6	Aqua	< 10%
219	3.2-5.4	Peak	< 160
502	7.9-12.3		

Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)

Figura 74. Concentrador Sample. GC-05-4

INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	CONCENTRADOR SAMPLE
CÓDIGO:	GC-05-4
Serial:	N/A
Modelo:	8000
Software:	N/A
Manuales:	N/A
Garantía:	N/A
Orden de compra:	N/A
Marca:	Agilent Technologies
Nº Inventario:	61044
Fecha Adquisición:	30/12/2004
Centro Costo:	Escuela de Química
Localización:	Instrumentación Analítica
Uso:	-Concentrar extractos




INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: CDS ANALYTICAL, Inc.	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX:	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: analytical instruments Recycle, Inc.	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 41	Voltaje (V): 115	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Anual
Ancho (cm): 30	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Repetitividad en la inyección de las muestras del mismo tipo

Figura 75. Ion Gauge Controller. GC-05-5

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	ION GAUGE CONTROLLER			CÓDIGO:	GC-05-5
Serial:	US6014557	Modelo:	59864B		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	01/11/2000	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Medir la presión de la cámara de ionización				



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 7	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A
Ancho (cm): 10.3	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 7.6	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Registro del valor de la presión del detector selectivo de masas.

Figura 76. Cromatografo de Gases. GC-06


INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES , Dotado con Detectores de Ionizacion en Llama (FID) y de conductividad			CÓDIGO:	GC-06
Serial:	US10341096	Modelo:	AT 6890N		
Software:	05	Manuales:	24-252728-30		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	60019		
Fecha Adquisición:	18/11/2004	Centro Costo:	Direccion de investigación y Facultad de Ciencias		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Analisis de FAME - Analisis de hidrocarburos				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 68	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Mensual	
Fondo (cm): 50	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.	
Peso (Kg): 56.8	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Señal de ECD: 4.5-5.2 (T _{detector} : 280 °C)	

Figura 77. Inyector Automatico. GC-06-1

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR AUTOMATICO 7683 SERIES			CÓDIGO:	GC-06-1
Serial:	US80700284	Modelo:	G2613A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Hewlett-Packard	Nº Inventario:			
Fecha Adquisición:	21/09/2005	Centro Costo:	Direccion de investigación y Facultad de Ciencias		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección:Hewlett-Packard, Palo Alto, California, USA, (Agilent Technologies, Miami) , USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono:PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza mantenimiento al cromatografo	
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto	



Figura 78. Cromatografo de Gases. GC-07

INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES , Dotado con 2 Detectores de Ionizacion en Llama (FID)
CÓDIGO:	GC-07
Serial:	CN10549096 Modelo: AT 6890N
Software:	05 Manuales: N/A
Garantía:	N/A Orden de compra: N/A
Marca:	Agilent Technologies N° Inventario: 0089
Fecha Adquisición:	21/09/2005 Centro Costo: CENIVAM
Localización:	Instrumentación Analítica
Uso:	-Separación enantiometrica de compuestos quirales.



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Flirida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones
Ancho (cm): 68	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Mensual
Fondo (cm): 50	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico☐	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.
Peso (Kg): 56.8	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Señal de ECD: 4.5-5.2 (T _{detector} : 280 °C)

Figura 79. Inyector. GC-07-1



INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR 7683B SERIES			CÓDIGO:	GC-07-1
Serial:	CN63835722	Modelo:	G2913A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	0165		
Fecha Adquisición:	21/09/2005	Centro Costo:	CENIVAM		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatógrafo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza mantenimiento al cromatógrafo	
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico <input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto	

Figura 80. Inyector. GC-07-2

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR 7683B SERIES			CÓDIGO:	GC-07-2
Serial:	CN82751085	Modelo:	G2913A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	0287		
Fecha Adquisición:	21/09/2005	Centro Costo:	CENIVAM		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza mantenimiento al cromatografo
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 81. Cromatografo de Gases. GC-08

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES AT 6890N, ACLOPADO A UN DETECTOR DE MASAS AT 5975N			CÓDIGO:	GC-08
Serial:	GC: CN10547184 MS: US54441716	Modelo:	AT 6890N		
Software:	04	Manuales:	01-02-03-04-05-08-09-10-11-12-29		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	49273		
Fecha Adquisición:	24/03/2006	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Análisis de composición química orgánica de la fracción volátil y semivolátil.				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 95	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	VERIFICACION: N/A CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario	
Peso (Kg): 120	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.	
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 45-75 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 170-190°C					
mass	Iso Ratio	Agua	< 10%	Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)	
69	0.5-1.6	Peak	< 160		
219	3.2-5.4				
502	7.9-12.3				



Figura 82. Inyector. GC-08-1

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR 7683B SERIES			CÓDIGO:	GC-08-1
Serial:	CN54729256	Modelo:	G2913A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	24/03/2006	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatografo	
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cuando sea necesario	
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto	



Figura 83. Autosampler. GC-08-2

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	AUTO SAMPLER			CÓDIGO:	GC-08-2
Serial:	CN50832275	Modelo:	G2614A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	24/03/2006	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Realización de portamuestras para inyectar las muestras al cromatografo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Flirida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 20	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 40	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 34	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánicox	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 3	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Coordinación correcta de la posición de la secuencia de las muestras	

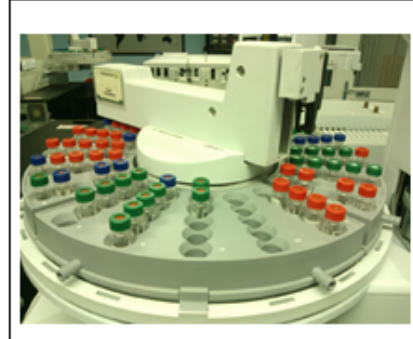


Figura 84. Detector de Masas. GC-08-3

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	MASS SELECTIVE DETECTOR			CÓDIGO:	GC-08-3
Serial:	US54441716	Modelo:	5975 Inert XL		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	69138		
Fecha Adquisición:	24/03/2006	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Identificar y cuantificar de los compuestos de las muestras a analizar				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 41	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 30	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico	CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): 55.5	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario	
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linealidad:	Otro __ cuál?	VERIFICACION: N/A	
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 45-75 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 170-190°C					
mass	Iso Ratio	Agua	< 10%	Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)	
69	0.5-1.6	Peak	< 160		
219	3.2-5.4				
502	7.9-12.3				




Figura 85. Cromatografo de Gases. GC-09

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES			CÓDIGO:	GC-09
Serial:	CN10718030	Modelo:	7890A		
Software:	06-07-08-09-10-11	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:			
Fecha Adquisición:	09/09/2008	Centro Costo:	CENIVAM		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Procesar muestras de PCB en aceite dieléctrico				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 68	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	VERIFICACION: N/A LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario	
Fondo (cm): 50	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.	
Peso (Kg): 56.8	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Señal de ECD: 120-130 (T _{detector} : 300 °C)	



Figura 86. Inyector. GC-09-1

INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	INYECTOR G4513A
CÓDIGO:	GC-09-1
Serial:	CN10130028
Modelo:	G4513A
Software:	N/A
Manuales:	N/A
Garantía:	N/A
Orden de compra:	N/A
Marca:	Agilent Technologies
Nº Inventario:	N/A
Fecha Adquisición:	03/08/2009
Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía
Localización:	Instrumentación Analítica
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo




INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatografo
Ancho (cm): 15	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cuando sea necesario
Fondo (cm): 15	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 5.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 87. Inyector. GC-09-2

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR G4513A			CÓDIGO:	GC-09-2
Serial:	CN11530152	Modelo:	G4513A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	25/01/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatografo
Ancho (cm): 15	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cuando sea necesario
Fondo (cm): 15	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 5.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 88. Autosampler. GC-09-3

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	AUTO SAMPLER			CÓDIGO:	GC-09-3
Serial:	CN10020062	Modelo:	7693- G4514A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	24/03/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Realización de portamuestras para inyectar las muestras al cromatografo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 30	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 58	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 38	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 5	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Coordinación correcta de la posición de la secuencia de las muestras	

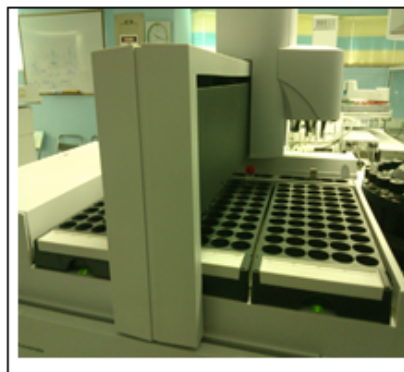


Figura 89. Cromatografo de Gases. GC-10


INFORMACIÓN BÁSICA																
NOMBRE:	CROMATOGRAFO DE GASES – MS TRIPLE QUAD (QQQ)			CÓDIGO:	GC-10											
Serial:	CN10191032	Modelo:	7890A (G3440A)													
Software:	07-18-19-20-21	Manuales:	78-79-113													
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A													
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:														
Fecha Adquisición:	24/03/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía													
Localización:	Instrumentación Analítica															
Uso:	-Análisis de muestras															
																
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR																
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR													
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota													
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111													
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com													
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com													
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS																
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN												
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones												
Ancho (cm): 95	Potencia (KJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico	VERIFICACION: N/A CALIBRACION: N/A												
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario												
Peso (Kg): 120	Corriente (A): 120	Linealidad:	Otro __ cuál?	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.												
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 1.5±0.3 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 230-250°C																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>mass</th> <th>Iso Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>69</td> <td>0.5-1.6</td> </tr> <tr> <td>219</td> <td>3.2-5.4</td> </tr> <tr> <td>502</td> <td>7.9-12.3</td> </tr> </tbody> </table>		mass	Iso Ratio	69	0.5-1.6	219	3.2-5.4	502	7.9-12.3	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Agua</td> <td>< 10%</td> </tr> <tr> <td>Peak</td> <td>< 160</td> </tr> </tbody> </table>			Agua	< 10%	Peak	< 160
mass	Iso Ratio															
69	0.5-1.6															
219	3.2-5.4															
502	7.9-12.3															
Agua	< 10%															
Peak	< 160															
Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)																

Figura 90. Inyector. GC-10-1

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR G4513A			CÓDIGO:	GC-10-1
Serial:	CN10150011	Modelo:	G4513A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	24/03/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatógrafo				

INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatógrafo
Ancho (cm): 15	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cuando sea necesario
Fondo (cm): 15	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 5.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 91. Autosampler. GC-10-2

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	AUTO SAMPLER			CÓDIGO:	GC-10-2
Serial:	CN10130036	Modelo:	7693- G4514A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	N/A		
Fecha Adquisición:	24/03/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Realización de portamuestras para inyectar las muestras al cromatografo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 30	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 58	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 38	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 5	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Coordinación correcta de la posición de la secuencia de las muestras	



Figura 92. Detector de Masas GC-10-3

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	MASS SELECTIVE DETECTOR GC/MS TRIPLE QUAD / AGILENT 7000B			CÓDIGO:	GC-10-3
Serial:	US11315501	Modelo:	G7000B GC-MS 7890A Triple Quad		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	69138		
Fecha Adquisición:	24/03/2010	Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Identificar y cuantificar de los compuestos de las muestras a analizar				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 41	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 30	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): 55.5	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánicox	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario	
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	VERIFICACION: N/A	
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 1.5±0.3 - Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 230-250°C					
mass	Iso Ratio	Agua	< 10%		
69	0.5-1.6	Peak	< 160		
219	3.2-5.4				
502	7.9-12.3				
Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)					



Figura 93. Cromatografo de Gases. GC-11

INFORMACIÓN BÁSICA																
NOMBRE:	CROMATOGRFO DE GASES TOGA			CÓDIGO:	GC-11											
Serial:	CN10531063	Modelo:	AT 7890A													
Software:	N/A	Manuales:	N/A													
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A													
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	97032													
Fecha Adquisición:	10/09/2010	Centro Costo:	Escuela de Química													
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson Torre B Cenvim															
Uso:	-Análisis de gases disueltos en aceites de transformadores															
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR																
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR													
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota													
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111													
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com													
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com													
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS																
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN												
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones												
Ancho (cm): 95	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	VERIFICACION: N/A CALIBRACION: N/A												
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario												
Peso (Kg): 120	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.												
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 45-75 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 170-190°C																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>mass</th> <th>Iso Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>69</td> <td>0.5-1.6</td> </tr> <tr> <td>219</td> <td>3.2-5.4</td> </tr> <tr> <td>502</td> <td>7.9-12.3</td> </tr> </tbody> </table>	mass	Iso Ratio	69	0.5-1.6	219	3.2-5.4	502	7.9-12.3	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Agua</td> <td>< 10%</td> </tr> <tr> <td>Peak</td> <td>< 160</td> </tr> </tbody> </table>	Agua	< 10%	Peak	< 160	Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)		
mass	Iso Ratio															
69	0.5-1.6															
219	3.2-5.4															
502	7.9-12.3															
Agua	< 10%															
Peak	< 160															

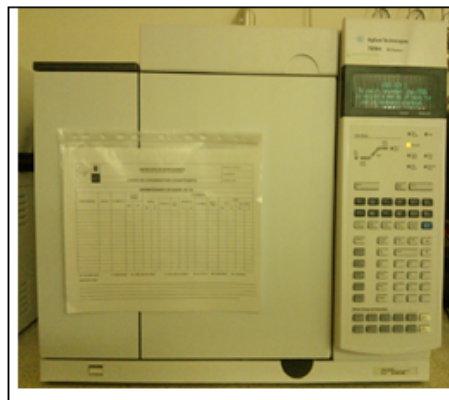


Figura 94. Head Sampler. GC-11-1

INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	HEAD SAMPLER
CÓDIGO:	GC-11-1
Serial:	CN10531063
Modelo:	AT 7694E
Software:	N/A
Manuales:	N/A
Garantía:	N/A
Orden de compra:	N/A
Marca:	Agilent Technologies
Nº Inventario:	97032
Fecha Adquisición:	10/09/2010
Centro Costo:	Escuela de Química
Localización:	Laboratorio J.J. Thompson Torre B Cenivam
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo de Gases Toga



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatografo
Ancho (cm): 45	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cuando sea necesario
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto

Figura 95. Cromatografo de Gases. GC-12


INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	CROMATOGRFO DE GASES			CÓDIGO:	GC-12
Serial:	GC: CN11371188 MS: US11382817	Modelo:	AT 7890A		
Software:	66-68-70	Manuales:	92-93-94-95-96-99-101-107-111-121-122-123-124-125-1296-127-128-129-130-131		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	92104		
Fecha Adquisición:	20/05/2011	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	--Análisis de composición química orgánica de la fracción volátil y semivolatil.				
					
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 50	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones	
Ancho (cm): 95	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	VERIFICACION: N/A CALIBRACION: N/A	
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario	
Peso (Kg): 120	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CUALIFICACION-OQPV: Una vez durante su vida útil.	
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 45-75 -Pw50 0.5-0.6 -M5 Temp 170-190°C					
mass	Iso Ratio				
69	0.5-1.6				
219	3.2-5.4	Agua	< 10%		
502	7.9-12.3	Peak	< 160		
Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)					

Figura 96. Inyector. GC-12-1

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	INYECTOR 7693 SERIES			CÓDIGO:	GC-12-1
Serial:	CN11320064	Modelo:	G4513A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	92104		
Fecha Adquisición:	20/05/2011	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	-Inyectar muestras al cromatografo				

INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 46	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del cromatografo
Ancho (cm): 12	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónicox	LIMPIEZA GENERAL: Cuando sea necesario
Fondo (cm): 12	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Peso (Kg): 3.1	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: El volumen de inyección sea el correcto


Figura 97. Autosampler. GC-12-2

INFORMACIÓN BÁSICA					
NOMBRE:	AUTO SAMPLER			CÓDIGO:	GC-12-2
Serial:	CN11320061	Modelo:	G4514A		
Software:	N/A	Manuales:	N/A		
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A		
Marca:	Agilent Technologies	Nº Inventario:	92104		
Fecha Adquisición:	20/05/2011	Centro Costo:	Escuela de Química		
Localización:	Instrumentación Analítica				
Uso:	- Realización de portamuestras para inyectar las muestras al cromatografo				
INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR					
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR		
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA			Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota		
Teléfono: PBX: 305 599 2115			Teléfono: 091 531 6885, 691 3111		
Web-Site: www.agilent.com			Web-Site: www.khymos.com		
e-mail:			e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	
Alto (cm): 20	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: N/A	
Ancho (cm): 40	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que se requiera	
Fondo (cm): 34	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A	
Peso (Kg): 3	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Coordinación correcta de la posición de la secuencia de las muestras	



Figura 98. Detector de Masas. GC-12-3

INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	MASS SELECTIVE DETECTOR
CÓDIGO:	GC-12-3
Serial:	US11382817
Modelo:	G3171A
Software:	N/A
Manuales:	N/A
Garantía:	N/A
Orden de compra:	N/A
Marca:	Agilent Technologies
Nº Inventario:	92104
Fecha Adquisición:	20/05/2011
Centro Costo:	Escuela de Química
Localización:	Instrumentación Analítica
Uso:	- Identificar y cuantificar de los compuestos de las muestras a analizar



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 41	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico x	MANTENIMIENTO: C.A. 250 inyecciones
Ancho (cm): 30	Potencia (kJ, Btu/h): 8100, 7681	Rango:	Electrónico x	CALIBRACION: N/A
Fondo (cm): 54	Frecuencia (Hz): 50-60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario
Peso (Kg): N/A	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	VERIFICACION: N/A

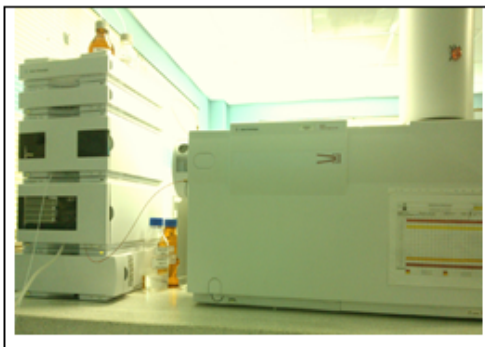
CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: -EMV <3000 -Vacuum 45-75 -Pw50 0.5-0.6 -MS Temp 170-190°C

mass	Iso Ratio	Aqua	< 10%
69	0.5-1.6	Peak	< 160
219	3.2-5.4		
302	7.9-12.3		

Forma de pico: Simétrica, Gaussiana, sin divisiones (hojas calibración)

Figura 99. Cromatografo Líquido. LC-02

INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	CROMATOGRAFO LÍQUIDO AT 1200 SERIES
CÓDIGO:	LC-02
Serial:	JP820008263
Modelo:	AT 1200 SERIES
Software:	N/A
Manuales:	117-118-119
Garantía:	N/A
Orden de compra:	N/A
Marca:	Agilent Technologies
Nº Inventario:	92104
Fecha Adquisición:	28/12/2009
Centro Costo:	Laboratorio de Cromatografía
Localización:	Instrumentación Analítica
Uso:	- Analisis de vitamina y aflotoxinas



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección: Agilent Technologies Company, 5200 BLUE LAGOON DR, Miami Florida, USA	Dirección: Khymos S.A. / Cra 19C No. 83-23 Bogota
Teléfono: PBX: 305 599 2115	Teléfono: 091 531 6885, 691 3111
Web-Site: www.agilent.com	Web-Site: www.khymos.com
e-mail:	e-mail: Mariluz.Barrios@khymos.com

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 100	Voltaje (V): 960	Accuracy:	Eléctricox	MANTENIMIENTO: Horas de uso
Ancho (cm): 34.5	Potencia (kJ, Btu/h):	Rango:	Electrónicox	CUALIFICACION-OQPV: 2 años
Fondo (cm): 43.5	Frecuencia (Hz): 60	Resolución :	Mecánico <input type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Cada vez que sea necesario
Peso (Kg): 48	Corriente (A): 120	Linialidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Corriente, presión de la fase móvil, presión de lavado

Figura 100. Destilador. DES-01


INFORMACIÓN BÁSICA	
NOMBRE:	DESTILADOR
CÓDIGO:	DES-01
Serial:	N/A
Modelo:	NOVA IV
Software:	N/A
Manuales:	N/A
Garantía:	N/A
Orden de compra:	N/A
Marca:	JECONS
Nº Inventario:	37701
Fecha Adquisición:	08/04/1997
Centro Costo:	Escuela de Química
Localización:	Laboratorio de Preparación de Muestras "Janusz Pawliszyn"
Uso:	Destilar agua



INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR	
FABRICANTE	DISTRIBUIDOR
Dirección:	Dirección: Prolar Ltda, Carrera 33 No. 27-57 Bucaramanga
Teléfono:	Teléfono: 645 32 50- 645 84 32
Web-Site:	Web-Site:
e-mail:	e-mail: prolar@intercable.net.co

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
Alto (cm): 44	Voltaje (V): 110	Accuracy: N/A	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO: Semestral
Ancho (cm): N/A	Potencia (W):	Rango: 4 L/h	Electrónico <input type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A
Fondo (cm): N/A	Frecuencia (Hz): 60	Resolución: N/A	Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: MENSUAL
Peso (kg): N/A	Corriente (A):	Sensibilidad: N/A	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Encendido y calentamiento

Figura 101. Aire Acondicionado. AA-09

INFORMACIÓN BÁSICA									
NOMBRE:	AIRE ACONDICIONADO			CÓDIGO:	AA-09				
Serial:	C7C2DB5	Modelo:	TSA060 + C70C2D85						
Software:	N/A	Manuales:	N/A						
Garantía:	N/A	Orden de compra:	N/A						
Marca:	LENNOX	Nº Inventario:	102278						
Fecha Adquisición:	16/04/2012	Centro Costo:	N/A						
Localización:	LABORATORIO 303 INSTRUMENTACION ANALITICA								
Uso:	-CONTROLAR LA TEMPERATURA DEL LABORATORIO INSTRUMENTACION ANALITICA								
									
					INFORMACIÓN FABRICANTE / DISTRIBUIDOR				
					FABRICANTE			DISTRIBUIDOR	
					Dirección: LENNOX 2100 Lake Park Blvd. Richardson, TX 75080			Dirección: PROYECTOS Y SERVICIOS, Carrera 22 No.21-26 Bucaramanga/Santander	
					Teléfono: 753 79-9900			Teléfono: 634 88 21 - 634 88 97	
Web-Site: www.lennox.com			Web-Site: www.proyectosyservicios.net						
e-mail:			e-mail: info@proyectosyservicios.net						
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS									
DIMENSIONES	TÉCNICAS	FUNCIONALES	SISTEMAS	MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN					
Alto (cm): 23	Voltaje (V): 220	Accuracy:	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO: TRIMESTRAL					
Ancho (cm): 84	Potencia (kJ, Btu/h): 220	Rango:	Electrónico <input checked="" type="checkbox"/>	CALIBRACION: N/A					
Fondo (cm): 84	Frecuencia (Hz): N/A	Resolución:	Mecánico <input type="checkbox"/>	LIMPIEZA GENERAL: Trimestral junto con el mantenimiento preventivo					
Peso (kg): 34	Corriente (A): 805	Sensibilidad:	Otro __ cuál?	CRITERIO DE ACEPTACION DE FUNCIONAMIENTO: Encendido e Enfriamiento					

Anexo E. Plan anual de mantenimiento preventivo

Tabla 50. Programa de mantenimiento preventivo de los Cromatografos.

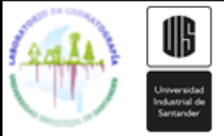
		LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CÓDIGO: LC-FGI-06	
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		VERSIÓN: 03	
				PÁGINA	
código	NOMBRE DEL EQUIPO	ACTIVIDAD		FRECUENCIA	RESPONSABLE GESTIÓN
		MES	SEMANA		
GC-01	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-02	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-03	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-04	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-05	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-06	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-07	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-08	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-09	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-10	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-11	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
GC-12	CROMATOGRAFO DE GASES	Mantenimiento preventivo y ajuste		Cada 250 inyecciones	Asistente Administrativo
LC-01	CROMATOGRAFO LIQUIDO	Mantenimiento preventivo y ajuste		Horas de uso	Asistente Administrativo
LC-02	CROMATOGRAFO LIQUIDO	Mantenimiento preventivo y ajuste		Horas de uso	Asistente Administrativo

Tabla 53. Programa de mantenimiento preventivo de los Aires Acondicionados.


		LABORATORIO DE CROMATOGRFÍA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																															
							CÓDIGO: LC-FGI-06 VERSIÓN: 03 PÁGINA																																															
CÓDIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	ACTIVIDAD		FRECUENCIA	RESPON SABLE GESTIÓN	CONTROL	AÑO 2013																																															
		MES	SEMANA				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
AA-02	Aire Acondicionado	Revisar las conexiones electricas antes de usar el equipo		Diaria	Coordinador de Planta Fisicoa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Revisar la lectura digital de la temperatura		Diaria	Coordinador de Planta Fisicoa	E	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Revisar el fusible		Diaria	Coordinador de Planta Fisicoa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Verificar corriente electrica y voltaje del equipo		Mensual	Coordinador de Planta Fisicoa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Lavar los serpentines del evaporador y del condensador		Mensual	Coordinador de Planta Fisicoa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Limpiar y lubricacion del motor del compresor		Trimestral	Coordinador de Planta Fisicoa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Limpiar filtros de aire y rejillas de ventilacion		Trimestral	Coordinador de Planta Fisicoa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Cambio de filtros de aire		Anual	Coordinador de Planta Fisicoa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															

Tabla 54. Programa de mantenimiento preventivo de las Balanzas Analíticas.

		LABORATORIO DE CROMATOGRFÍA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																															
							CÓDIGO: LC-FGI-06 VERSIÓN: 03 PÁGINA																																															
CÓDIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	ACTIVIDAD		FRECUENCIA	RESPON SABLE GESTIÓN	CONTROL	AÑO 2013																																															
		MES	SEMANA				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
BA-01	Balanza Digital	Revisar el estado de el cargador del equipo		Diaria	Asistente Administrativa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Limpiar el equipo		Diaria	Asistente Administrativa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Verificar el buen funcionamiento de los parámetros de operación.		Anual	Asistente Administrativa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															
		Realizar calibración al equipo		Anual	Asistente Administrativa	P	[Grid with black cells for maintenance activities]																																															

