

MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM EN  
EQUIPOS DE DIÁLISIS MODELO 4008S DE LA EMPRESA FRESENIUS  
MEDICAL CARE.

ROYERT ALEXANDER FLÓREZ PONGUTA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2017

MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM EN  
EQUIPOS DE DIÁLISIS MODELO 4008S DE LA EMPRESA FRESENIUS  
MEDICAL CARE.

ROYERT ALEXANDER FLÓREZ PONGUTA

Monografía de grado para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director:  
PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO  
M.Sc. Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2017

## DEDICATORIA

*A Dios por permitirme cumplir una meta más en mi calidad de profesional.*

*A mi esposa y mi hijo, quien con amor y apoyo incondicional, entregaron su tiempo, dedicación para brindármelo con el fin de alcanzar esta meta.*

*A mis compañeros de servicio técnico quienes con su gran ayuda contribuyeron a este trabajo.*

***Royert Alexander Flórez Ponguta.***

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	15
1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.1 MARCO REFERENCIAL.....	17
1.1.1 Misión de la empresa.....	17
1.1.2 Visión de la empresa. ....	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos. ....	20
2. GENERALIDADES DEL PROCESO OPERATIVO.....	21
2.1 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO .....	21
2.1.1 Ejecución de mantenimiento preventivo. ....	21
2.1.2 Ejecución del mantenimiento correctivo.....	22
2.1.3 Recursos del área de mantenimiento. ....	22
2.1.4 Cumplimientos de preventivos. ....	25
2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	26
2.2.1 Primera generación.....	26
2.2.2 Segunda generación.....	27
2.2.3 Tercera generación.....	27
2.3 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM). ....	29
2.3.1 Objetivos del RCM. ....	30
2.3.2 Algunas de las ventajas del RCM. ....	31
2.3.3 Limitación del RCM.....	32
2.4 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA AMFE .....	32
2.4.1 Contexto operacional. ....	33
2.4.2 Funciones y niveles de desempeño.....	33
2.4.3 Funciones primarias.....	33

2.4.4 Funciones secundarias. ....	35
2.4.5 Fallas funcionales o estados de falla. ....	35
2.4.6 Modos de falla. ....	35
2.4.7 Estudio de modos de falla. ....	36
2.4.8 Efectos de falla. ....	36
2.4.9 Consecuencias de falla. ....	36
2.4.10 Mantenimiento proactivo. ....	37
2.4.11 Fallas potenciales y mantenimiento a condición. ....	37
2.4.12 Intervalo P-F. ....	38
2.4.13 Tareas a condición. ....	39
2.4.14 Tarea de reacondicionamiento cíclico. ....	40
2.4.15 Tarea de sustitución cíclica. ....	40
2.4.16 Acciones “a falta de”. ....	41
2.4.17 Búsqueda de falla. ....	41
2.4.18 Ningún mantenimiento proactivo. ....	41
2.4.19 Rediseño. ....	42
2.4.20 Diagrama de decisión. ....	42
2.4.21 Hoja de decisión. ....	43
2.5 CONFIABILIDAD .....	45
2.6 DISPONIBILIDAD .....	45
2.6.1 Disponibilidad genérica. ....	45
2.6.2 Disponibilidad inherente o intrínseca. ....	46
2.6.3 Disponibilidad alcanzada. ....	46
2.6.4 Disponibilidad operacional. ....	46
2.6.5 Disponibilidad operacional generalizada. ....	47
3. DESARROLLO CONCEPTUAL .....	48
3.1.1 HEMODIALISIS. ....	48
3.1.2 PRINCIPIO DE LA HEMODIÁLISIS. ....	48
3.1.3 Máquina de Hemodiálisis .....	49
3.1.4 Bomba de Sangre. ....	49

3.1.5 Bomba de heparina.....	50
3.1.6 Sistema de distribución de la solución de diálisis. ....	50
3.1.7 Dializador. ....	51
3.1.8 Detector de burbuja de aire.....	51
3.1.9 Detector de fuga sanguínea.....	52
3.1.10 Control de presión en el filtro .....	52
3.1.11 Electro válvula de bypass .....	52
3.1.12 Conductividad de la solución de diálisis.....	53
3.1.13 Sistema de control de temperatura .....	53
4. MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM EN EQUIPOS DE DIÁLISIS MODELO 4008S DE LA EMPRESA FRESSENIUS MEDICAL.....	54
4.1 Listado y codificación de los equipos .....	55
4.2 Listado funciones y especificaciones .....	58
4.3 SUB-SISTEMA BLOQUE DE CALENTAMIENTO 66 .....	58
4.3.1 Equipos significativos:.....	58
4.4 SUB-SISTEMA SISTEMA BLOQUE MULTIFUNCIÓN 88 .....	60
4.4.1 Equipos significativos:.....	61
4.5 SUB-SISTEMA CAMARA DE BALANCE 68:.....	63
4.5.1 Equipos significativos.....	65
4.6 SUB-SISTEMA FILTRO DE DIALIZADO 114 .....	66
4.6.1 Equipos significativos:.....	66
4.7 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA AMFE .....	69
4.7.1 Desarrollo en hoja de trabajo y hoja de decisión RCM. ....	70
4.7.2 Análisis plan de mantenimiento propuesto.....	73
5. CONCLUSIONES .....	75
6. BIBLIOGRAFÍA .....	76
ANEXOS.....	79

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tareas propuestas en plan de mantenimiento .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 2. Tareas propuestas en plan de mantenimiento. ....</i>	<i>73</i>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Fig. 1. Organigrama área de mantenimiento .....</i>	<i>22</i>
<i>Fig. 2. Evolución de expectativas del mantenimiento. ....</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 3. Cambios en puntos de vista sobre la falla de equipos. ....</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 4. Curva P-F.....</i>	<i>37</i>
<i>Fig. 5. Hoja de decisión. ....</i>	<i>42</i>
<i>Fig. 6. Máquina de hemodiálisis 4008s.....</i>	<i>48</i>
<i>Fig. 7. Elementos de la hidráulica. ....</i>	<i>55</i>
<i>Fig. 8. Descripción elementos de la hidráulica.....</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 9. Test inicial del equipo.....</i>	<i>70</i>
<i>Fig. 10. Hoja de trabajo RCM sistema Bypass.....</i>	<i>71</i>
<i>Fig. 11. Hoja de decisión. ....</i>	<i>72</i>

## LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo A. Diagrama de decisión RCM.....</i>	<i>77</i>
<i>Anexo B. Hoja de Trabajo Bypass. ....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo C. Hoja de decisión Bypass.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo D. Hoja de trabajo detector optico. ....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo E. Hoja de decisión detector óptico. ....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo F. Hoja de trabajo circuito sanguíneo. ....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo G. Hoja de decisión circuito sanguíneo. ....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo H. Hoja de trabajo presión venosa.....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo I. Hoja de decisión presión venosa. ....</i>	<i>81</i>
<i>Anexo J. Hoja de trabajo detector de aire.....</i>	<i>82</i>
<i>Anexo K. Hoja de decisión detector de aire. ....</i>	<i>83</i>
<i>Anexo L. Hoja de trabajo pantalla. ....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo M. Hoja de decisión pantalla.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo N. Hoja de trabajo arterial.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo O. Hoja de decisión arterial.....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo P. Hoja de trabajo batería. ....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo Q. Hoja de decisión batería. ....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo R. Hoja de trabajo fuga de sangre. ....</i>	<i>86</i>
<i>Anexo S. Hoja de decisión fuga de sangre. ....</i>	<i>86</i>
<i>Anexo T. Hoja de trabajo temperatura. ....</i>	<i>86</i>
<i>Anexo U. Hoja de decisión temperatura. ....</i>	<i>87</i>
<i>Anexo V. Hoja de trabajo presión negativa. ....</i>	<i>88</i>
<i>Anexo W. Hoja de decisión presión negativa.....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo X. Hoja de trabajo presión positiva. ....</i>	<i>90</i>
<i>Anexo Y. Hoja de decisión presión positiva. ....</i>	<i>91</i>
<i>Anexo Z. Hoja de trabajo función UF.....</i>	<i>92</i>
<i>Anexo AA. Hoja de decisión UF.....</i>	<i>92</i>

<i>Anexo BB. Hoja de trabajo conductividad.....</i>	<i>93</i>
<i>Anexo CC. Hoja de decisión conductividad. ....</i>	<i>93</i>
<i>Anexo DD. Hoja de trabajo diasafe.....</i>	<i>94</i>
<i>Anexo EE. Hoja de decisión diasafe. ....</i>	<i>94</i>
<i>Anexo FF. Frecuencias y tareas de mantenimiento según RCM. ....</i>	<i>95</i>
<i>Anexo GG. Lista de chequeo para mantenimiento preventivo máquina de hemodiálisis 4008 según RCM. ....</i>	<i>97</i>

## RESUMEN

**TÍTULO:** MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM EN EQUIPOS DE DIÁLISIS MODELO 4008S DE LA EMPRESA FRESENIUS MEDICAL CARE.<sup>1</sup>

**AUTOR:** ROYERT ALEXANDER FLOREZ PONGUTA<sup>2</sup>.

**PALABRAS CLAVES:** MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, DISPONIBILIDAD, FALLA, MATRIZ DE FALLO.

**DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:** Esta monografía plantea una estrategia de RCM, basada en la necesidad del departamento de servicio técnico de la empresa Fresenius Medical Care, contribuyendo a mejorar los indicadores de MTBF (tiempo medio entre fallas), de los equipos de hemodiálisis instalados en la unidad renal de Tunja, Boyacá. Esto implica tener los equipos en condiciones óptimas para su funcionamiento, de tal manera que se logren tratamientos de la mejor calidad para los pacientes. Implica también el conocimiento y estudio en detalle de las condiciones actuales en la que se ejecuta la función del equipo y a su vez las condiciones que pueden llevar a que el equipo falle.

En su orden, se desarrolló un estudio sobre el estado actual de los equipos, la recolección de datos, la definición de sistemas y subsistemas que la componen, el análisis funcional de fallas, el análisis de los modos y efectos de fallo, y la determinación de tareas e intervalos de tiempo relacionados con el mantenimiento, en consideración con las recomendaciones propias del fabricante

Posterior a la evaluación y análisis de la información recopilada, se identifican oportunidades de mejora del plan actual, en las cuales se basó la formulación de la propuesta presentada, con el fin de mejorar el MTBF (tiempo medio entre fallas) y aportar a la gestión de mantenimiento de los equipos

Se concluyen algunas recomendaciones para la modificación del plan de mantenimiento actualmente administrado la gerencia técnica, así como sugerencias para la implementación de esta estrategia a mediano plazo.

---

<sup>1</sup> Monografía.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Pedro José Díaz Guerrero, M.Sc. Ingeniero Mecánico.

## SUMMARY

**TITLE:** MODEL OF MAINTENANCE CENTERED IN RELIABILITY RCM IN MODAL 4008S DIALYSIS EQUIPMENT OF THE COMPANY FRESENIUS MEDICAL CARE.<sup>3</sup>

**AUTHOR:** ROYERT ALEXANDER FLOREZ PONGUTA.<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** MAINTENANCE CENTERED IN RELIABILITY, RELIABILITY, MAINTENANCE, AVAILABILITY, FAILURE, FAULT MATRIX.

**DESCRIPTION OR CONTENT:** This monograph presents an RCM strategy, based on the need of the Fresenius Medical Care service department, contributing to improve the MTBF indicators (mean time between failures), of hemodialysis equipment installed in the Renal unit of Tunja, Boyacá. This implies to have the equipment in optimal conditions for its operation, in such a way that treatments of the best quality for the patients are obtained. It also implies the knowledge and detailed study of the current conditions in which the function of the equipment is executed and in turn the conditions that can lead to the equipment to fail.

In its order, a study was carried out on the current state of equipment, data collection, definition of systems and subsystems, functional fault analysis, analysis of failure modes and effects, and determination of tasks and intervals related to maintenance, in consideration of the manufacturer's own recommendations

After the evaluation and analysis of the information collected, opportunities for improvement of the current plan were identified, on which the formulation of the proposal was based, in order to improve the MTBF (mean time between failures) and to contribute to the management Equipment maintenance

It concludes some recommendations for the modification of the maintenance plan currently administered by the technical management, as well as suggestions for the implementation of this strategy in the medium term.

---

<sup>3</sup> Monograph.

<sup>4</sup> School of Engineering Physics and Mechanics. Specialization in Maintenance Management. Director: Pedro José Diaz Guerrero, M.Sc. Mechanical Engineer.

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería biomédica en su esfuerzo por entregar al mercado la mayor eficiencia, eficacia y competitividad en sus equipos, ha llevado a muchos en el área de la biomédica a desarrollar metodologías que rompan los esquemas tradicionales de mantenimiento en busca que contribuyan en gran medida a maximizar la confiabilidad y disponibilidad sostenible de los equipos.

Este es el caso de Fresenius Medical Care S.A, en donde se refleja la necesidad de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos de diálisis con el fin de aumentar su eficiencia productiva por medio de la disminución de los tiempos muertos por mantenimientos correctivos que han llegado a ser adversos por la falta de un análisis profundo de las fallas que se presentan, y por un plan de mantenimiento preventivo en el cual solo se busca preservar el activo físico mas no su función.

Después de evaluar dichas necesidades, y estudiando las distintas metodologías de mantenimiento que pueden ser aplicadas para contribuir a la mejora de la eficiencia de los equipos de diálisis, se evidencia que el RCM<sup>5</sup> es el camino a seguir para asegurar la preservación de la funcionalidad e integridad de los equipos de diálisis por medio de un plan de mantenimiento efectivo.

Con esta propuesta se busca generar una estrategia de mantenimiento basada en RCM, adaptable para los equipos de diálisis modelo 4008S, que al ser implementada en un mediano plazo mejore su confiabilidad y disponibilidad operacional.

---

<sup>5</sup> *Reliability Centred Maintenance.*

## **1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 MARCO REFERENCIAL**

Fresenius Medical Care Colombia S.A. es la compañía líder a nivel mundial en la producción de insumos de diálisis y en la prestación de servicios a pacientes con Enfermedad Renal Crónica, la cual afecta a más de 2,5 millones de personas en el mundo. En Colombia, cuenta con presencia en 25 ciudades a través de 36 clínicas renales NephroCare<sup>6</sup>, 11 sedes para atención y cuidado preventivo de la enfermedad renal crónica FMEPrever, y 6 sedes para la atención de pacientes con insuficiencia renal agudos y terapias extracorpóreas FMExpress<sup>7</sup>.

Todas las clínicas NephroCare Colombia cuentan con el respaldo del departamento de servicio técnico, conformado por un equipo profesionales, orientado al mantenimiento de máquinas de diálisis y asesorías técnicas. Profesionales responsables del óptimo funcionamiento de la tecnología Fresenius Medical Care, que NephroCare pone a disposición de cada paciente.

#### **1.1.1 Misión de la empresa**

Trabajar solidariamente con organizaciones, personas y aliados de nuestra cadena de valor, para obtener recursos que se invierten en el bienestar y mejora de las

---

<sup>6</sup> Nombre que se le da a las clínicas renales de Fresenius Medica Care.

<sup>7</sup> Empresa filiar a Fresenius encargada de realizar diálisis a pacientes en unidades de cuidados intensivos UCI

condiciones de vida de los pacientes con ERC, atendidos en las Clínicas NephroCare de Fresenius Medical Care Colombia S.A.

### **1.1.2 Visión de la empresa.**

Trascender en las condiciones de vida de los pacientes, facilitándoles un mejor vivir. Además, estamos comprometidos con el medio ambiente y por esta razón nuestra planta de producción fabrica productos amigables con el planeta, por medio del uso de materiales como el Biofine, exclusivo de Fresenius Medical Care en el mundo y contamos con una planta de tratamiento para recuperar el 70% de las aguas de rechazo involucradas en el proceso de producción.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La unidad renal Fresenius Medical Care de Tunja cuenta con 29 máquinas de diálisis modelo 4008S, equipos que cuentan con un promedio de 30.000 horas de trabajo, actualmente estas máquinas están presentando un MTBF menor de 1200 horas<sup>8</sup>.

Estas máquinas de diálisis están presentando fallas prematuras por falta de planes de mantenimiento efectivos, La demora en la reparación de los equipos y mantenimientos preventivos, por la no disponibilidad de los repuestos, la falta de planes de mantenimiento efectivos, organización y deficiencia de las actividades de mantenimiento, ha llevado a la necesidad de esperar que el equipo falle generando alto costo por mantenimiento correctivo e influyendo en la salud de los pacientes ya que no cuentan con máquinas disponibles y confiables para sus tratamientos, los cuales se realizan durante cuatro horas, 3 días a la semana.

---

<sup>8</sup> **MTBF** 1 trimestre del 2016 fue igual a **909,6** (El Objetivo de este indicador busca que sea mínimo de **1200** horas sin fallar en un periodo de 3 meses)

En vista de esta situación planteada, surge la necesidad de diseñar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad, cuyos programas aseguren una confiabilidad acorde con los objetivos y políticas de gerencia de servicio técnico, garantizando la continuidad de operación de las máquinas, la salud de los pacientes, y además de esto permitir reducir los costos por mantenimientos correctivos.

Las características técnicas como el estado físico y la funcionalidad de las máquinas de diálisis, estará sustentado con el diagnóstico de la condiciones actuales de estos equipos, seguido con la aplicación del análisis de criticidad, para verificar los equipos críticos de la máquina de diálisis y así darle prioridad a los mismos, mediante la aplicación del análisis de modo y efecto de falla se analizaran las funciones, falla funcionales, modos de falla y efecto de las fallas de todos los equipos críticos y posteriormente se estimara la confiabilidad de los equipo críticos, para regular la frecuencia de intervención y llevar un indicador en el sistema, con todas estas herramientas se aseguraran las acciones preventivas y correctivas con mayor firmeza, con las cuales se elaborara el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad con la finalidad de hacerlo confiable y asegurar los niveles de calidad y productividad del área de servicio técnico.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Desarrollar la propuesta de un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en equipos de diálisis modelo 4008S de la empresa Fresenius Medical.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Para el cumplimiento del objetivo general se plantea lo siguiente:

- Aplicar una metodología que permita implementar RCM en los en equipos de diálisis modelo 4008s de la empresa Fresenius Medical de la unidad renal de ubicada en la ciudad de Tunja.
- Realizar un análisis de modos y efectos de fallas y otro de causa raíz en los diferentes sistemas que permitan identificar malos actores en el equipo.
- Desarrollar y aplicar un modelo de criticidad a sistemas y componentes en el equipo con objeto de realizar modificaciones al plan de mantenimiento preventivo actual.
- Realizar la selección de las rutinas de mantenimiento utilizando la técnica diagrama lógico de RCM y realizar las listas de chequeo de mantenimiento preventivo con los intervalos de mantenimiento adecuados.

## **2. GENERALIDADES DEL PROCESO OPERATIVO**

Fresenius Medical Care S.A, cuenta con una gerencia de servicio técnico, dentro de la cual se encuentra el departamento de servicio, conformado por un Ingeniero de soporte técnico nacional, 8 ingenieros regionales, técnicos de mantenimiento y técnicos de clínica los cuales garantizan el correcto funcionamiento de las clínicas y equipos de diálisis de las unidades renales. En este caso se dará principal importancia y se explicará lo correspondiente al departamento de mantenimiento en donde recaerá el enfoque principal de este estudio, y en un futuro cercano la ejecución y puesta a punto del mismo.

### **2.1 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

El departamento de mantenimiento se encuentra conformado según el organigrama expuesto en la figura 1.

#### **2.1.1 Ejecución de mantenimiento preventivo.**

El programa de mantenimiento preventivo se encuentra establecido según las recomendaciones de fabricante y según la frecuencia de mantenimiento realizada por el ingeniero de soporte técnico nacional y aprobado por la Gerencia de Servicio técnico, se encuentra documentado y controlado en la documentación ISO<sup>9</sup>. El área cuenta con un planeador de mantenimiento quien se encarga de realizar los cronogramas de mantenimiento de las máquinas de diálisis según la notificación de frecuencias de mantenimientos para máquinas de diálisis, para su posterior cumplimiento por parte de los ingenieros regionales.

---

<sup>9</sup> Software donde se encuentra toda la documentación ISO, como instructivos, formatos, manuales.

Los cronogramas de mantenimiento son realizados anualmente por el ingeniero planeador y aprobados por la gerencia de servicio técnico, estos son notificados y enviados a todos los ingenieros y administradores de las unidades renales para su respectivo cumplimiento por parte de los ingenieros responsables de cada zona, taller central se encarga de asignar insumos y repuestos necesarios para la ejecución previamente solicitados por cada ingeniero. Las paradas de las máquinas son coordinadas por ingeniero regional junto con coordinadoras de enfermería de las unidades y técnicos asignados a cada clínica.

Una vez se ejecutan los mantenimientos, se reportan en TAM con el fin de llevar el registro de las actividades y repuestos utilizados.

### **2.1.2 Ejecución del mantenimiento correctivo.**

Se realiza por medio de requisiciones generadas por el personal asistencial y avaladas por los jefes de sala o coordinadores de enfermería de las clínicas. Son recibidas por el técnico de mantenimiento o técnico de clínica, quienes se encargan de dirigir el recurso técnico para afrontar las ejecuciones. El control de la ejecución de las requisiciones en donde se registran los tiempos invertidos son relacionadas en TAM al equipo correspondiente para llevar el historial de fallas, costos de repuestos, tiempos de ejecución y recurso humano invertido.

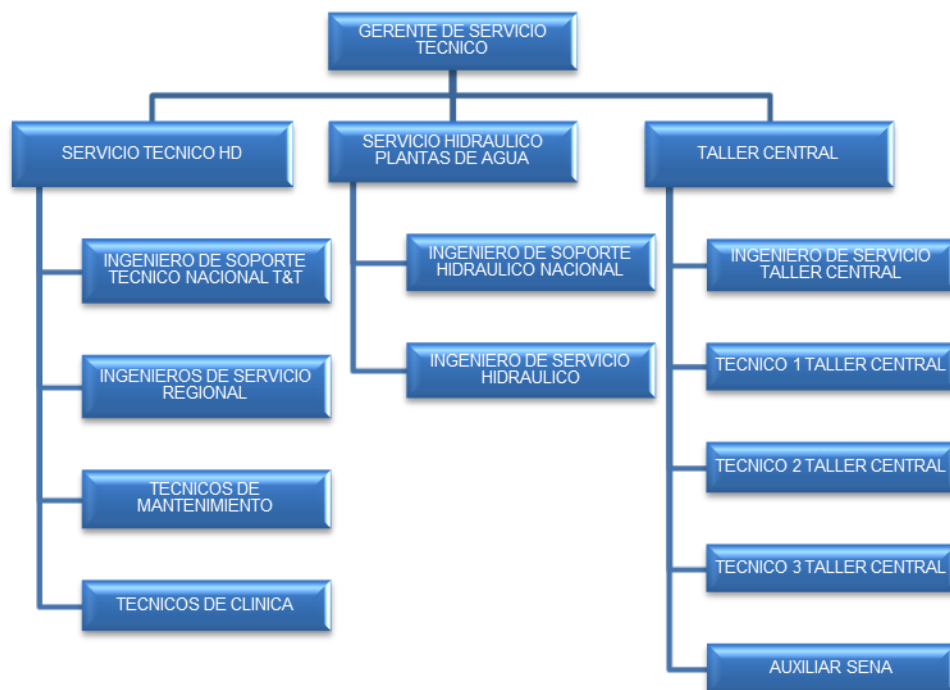
### **2.1.3 Recursos del área de mantenimiento.**

Se define recurso como: “fuente o suministro del cual se produce un beneficio” (Real academia Española, 2014). En este caso se definirá el recurso humano y económico con el que cuenta el área.

**Recurso Humano.** El área se encuentra organizada según la (Fig.1) de la siguiente forma:

- Gerente de servicio técnico (Un profesional especialista).
- Ingeniero planeador (Un profesional).
- Ingeniero de soporte técnico nacional T&T (Un profesional especialista)
- Ingeniero de soporte hidráulico nacional (Un profesional especialista).
- Ingeniero de servicio hidráulico (Un profesional).
- Ingenieros de servicio regional (8 profesionales, uno por cada zona)
- Ingeniero de servicio taller central ( Un profesional)
- Técnico de taller central ( 3 técnicos)
- Auxiliar SENA (1 practicante)
- Técnicos Mantenimiento (10 tecnólogos biomédicos o electrónicos)
- Técnicos de clínica ( Técnicos biomédicos y electrónicos)

Fig. 1. Organigrama área de mantenimiento



Fuente: Servicio técnico FME 2010.

La gerencia de mantenimiento, planeador e ingeniero de soporte técnico nacional, son parte del grupo administrativo del área, encargados del control de personal y actividades de mantenimiento los equipos de diálisis de las unidades renales de Fresenius Medical Care Colombia S.A.

Siendo este recurso el más importante del área, se busca que el personal cuente con la mayor experiencia capacidad para: dar solución de problemas técnicos, trabajar en equipo, analizar, resolver conflictos, utilizar de manera eficiente los recursos de la compañía, entre otros.

**Recursos económicos.** El presupuesto asignado al área es estudiado y propuesto por la gerencia de mantenimiento y asignado por la dirección de planta según:

- El inventario de repuestos actual.
- Las programaciones de mantenimiento preventivo en donde se incluyen repuestos e insumos.
- Numero de máquinas instaladas en clínicas y comodatos.
- Modificaciones o actualizaciones de software a equipos que se requieran durante el periodo.
- Clínicas nuevas a instalar.

Este presupuesto es aprobado para un periodo anual por la dirección planta compuesto por un director de planta, Directores de área técnica y administrativa; en donde se discute y estudia de acuerdo a los presupuestos ejecutados en los últimos dos años y proyecciones de ventas para el periodo. El control de este presupuesto se lleva día a día como parte de la gestión del área, con el propósito de cumplir con su ejecución estricta, además de disminuir gastos innecesarios y evitar sobrecostos.

**Inventario de repuestos.** Es responsabilidad del área mantener un stock de repuestos adecuado para afrontar los mantenimientos preventivos, correctivos y

predictivos. De este inventario dependen los tiempos de respuesta en las ejecuciones, el buen estado y desempeño de las máquinas en las clínicas. Taller central es el encargado del resguardo y control de los inventarios, como también de su alistamiento y envió a las diferentes unidades renales del país.

**Inventario de repuestos.** Es responsabilidad del área mantener un stock de repuestos adecuado para afrontar los mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos. De este inventario dependen los tiempos de respuesta en las ejecuciones, el buen estado y desempeño de los equipos productivos. El taller central es el encargado del resguardo y control de los inventarios, como también de su alistamiento.

#### **2.1.4 Cumplimientos de preventivos.**

Hoy en día, la demanda de mantenimientos para el departamento de servicio técnico es alta y exigente, debido al compromiso que se tienen día a día no solo con las clínicas si no con los pacientes. Esto demanda el cumplimiento de mantenimientos preventivos a más de 1.200 equipos de diálisis durante todo el 2016.

- Mantenimientos preventivos.
- Actualizaciones de Software.
- Mantenimientos correctivos.
- Instalación de nuevas clínicas de diálisis.
- Modificaciones en equipos de diálisis.

## **2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas,

construcciones civiles e instalaciones. Además permite eliminar condiciones inseguras que podrían afectar a las personas.

Anzolar (1992), lo describe como "Aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas".

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (1995), define al mantenimiento como: "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integral".

Para Moubray (1997), el mantenimiento significa "Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas".

A partir de los criterios formulados por los autores citados en relación al concepto de mantenimiento, se puede definir como el conjunto de actividades que se realiza a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado, inicia desde 1930 y abarca tres generaciones explicadas a continuación.

### **2.2.1 Primera generación.**

Esta generación cubre el periodo hasta la segunda guerra mundial, donde la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que las paradas de las máquinas no era tan importante, la prioridad de las fallas para los gerentes no era tan importante, la mayor parte de los equipos era muy simples y sobredimensionados, tal vez por esto los hacía confiables y fáciles de reparar, no había necesidad de mantenimientos, solo unas rutinas de limpieza, servicio y lubricación.

### **2.2.2 Segunda generación.**

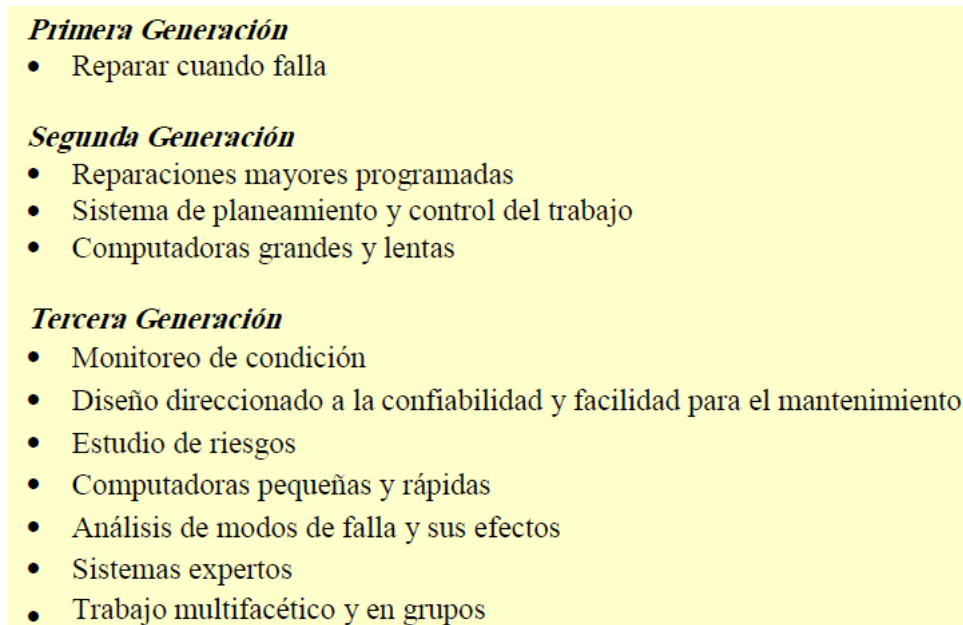
La presión de la guerra aumento la demanda de todo tipo de bienes, al mismo tiempo que el número de trabajadores disminuyo, esto llevo al aumento de la mecanización, Ya para los años 50, aumento la cantidad de máquinas mecanizadas y la industria empezó a depender de ellas, Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos deberían ser prevenidas, llegando al concepto de mantenimiento preventivo. En la década del sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados. El costo del mantenimiento empezó a verse reflejado con relación a los costos de operación, lo que llevo a la generación de sistemas de planeamiento y control para el mantenimiento.

### **2.2.3 Tercera generación.**

Desde la década de los años 70 el proceso de cambio de la industria adquirió aún más impulso, se generaron nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas. El tiempo de parada de los equipos siempre ha afectado la capacidad de producción y aumentar los costos operacionales e interferir con el servicio al cliente, esto ya era una preocupación para las empresas de minería, manufactura y transporte.

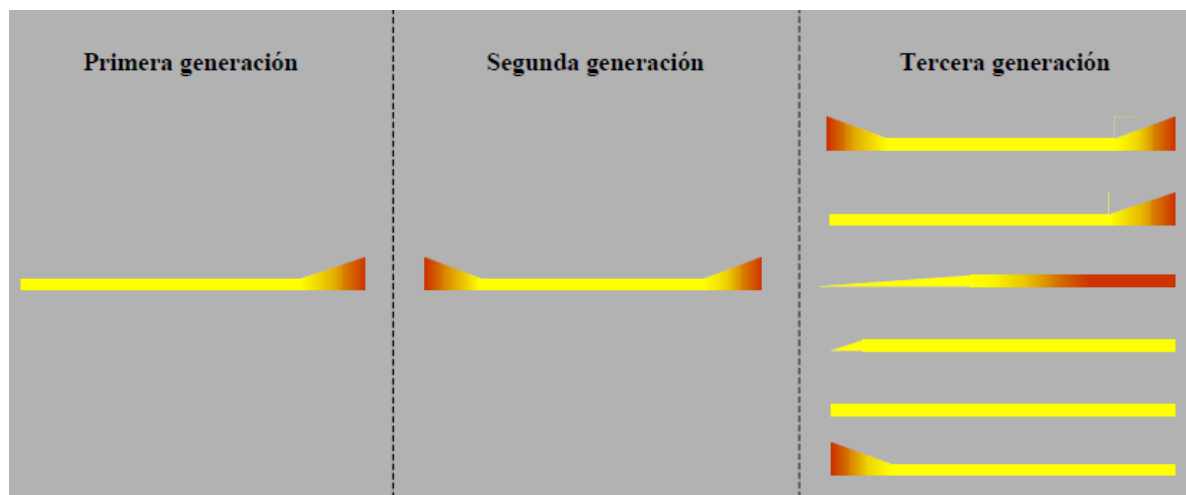
Actualmente el crecimiento en la mecanización y la automatización han tomado a la confiabilidad y a la disponibilidad en factores clave en sectores tan diversos como el cuidado de la salud, el procesamiento de datos, las telecomunicaciones, la administración de edificios y el manejo de las organizaciones.

Fig. 2. Evolución de expectativas del mantenimiento.



Fuente: (Mantenimiento, 1997) Mantenimiento, D. D. E. (1997). CAPITULO I Mantenimiento : Generalidades, 3-12. Rolando, C. U. (2011). 2011 articulos de interes, 573–577.

Fig. 3. Cambios en puntos de vista sobre la falla de equipos.



Fuente: (Mantenimiento, 1997) Mantenimiento, D. D. E. (1997). CAPITULO I Mantenimiento : Generalidades, 3-12. Rolando, C. U. (2011). 2011 articulos de interes, 573–577.

En cuanto a las nuevas técnicas, en los últimos 20 años se han planteado diversos modos de hacer mantenimiento por medio de monitoreo por condición, mejoras en los diseños direccionándolos a la confiabilidad, estudios de riesgos, computadores

de menor tamaño, análisis de modos de falla y sus efectos, trabajos multifacéticos, entre otros con el único objetivo de mejorar el rendimiento de los activos.

### **2.3 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).**

El RCM (Reliability Centered Maintenance) se puede definir como un “método sistemático y estructurado para determinar el mantenimiento más adecuado a aplicar a una instalación para que ésta siga cumpliendo con las funciones para las que fue concebida y en su contexto operacional actual” (Moubray, 1997).

El RCM es una metodología que permite el diseño y optimización de los planes de mantenimiento mediante el análisis de cada sistema, determinando cómo puede fallar funcionalmente y qué consecuencias pueden derivarse de esas fallas. Los efectos de cada modo de falla se evalúan de acuerdo al impacto sobre la seguridad, el medio ambiente, la operación y el costo.

Uno de los objetivos principales del RCM es promover un uso racional de los recursos, al reducir la actividad y el costo de mantenimiento al valor justo y necesario, procurando hacer foco en las funciones principales y en los riesgos más importantes de los sistemas, evitando acciones de mantenimiento superfluas o que no sean estrictamente necesarias (Pontelli et al., 2001).

Por lo tanto el empleo del RCM implica no solo un uso más adecuado de los recursos sino también una mejora en la forma de trabajo de la organización.

La metodología propuesta por el RCM se encuentra completamente estandarizada, y cada una de sus etapas se registra en documentos especialmente elaborados para facilitar su implementación.

Para poner en práctica cualquier herramienta de gestión de mantenimiento es necesario determinar previamente cuáles son los equipos críticos o prioritarios en los cuales conviene aplicarlo. Por este motivo es aconsejable construir mapas de criticidades, que deben surgir de valoraciones acordadas por los integrantes de los equipos de trabajo. Para alcanzar esos acuerdos es conveniente aplicar métodos que orienten las decisiones grupales. Con esa finalidad, se utilizaron herramientas de la Decisión Multicriterio Discreta y de la Estadística (Saaty, 1996) (Zanazzi & Gomes, 2009), para facilitar la toma de decisiones en grupos de trabajo.

En el proceso de decisión participó personal de las áreas de producción, calidad y mantenimiento. Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se estableció un ranking de equipos críticos, entre los cuales figuraba la máquina envasadora en los primeros puestos, que fue tomada como prototipo para realizar esta aplicación

### **2.3.1 Objetivos del RCM.**

De acuerdo con lo expuestos por MORA (2012) Los objetivos principales de aplicación de RCM en cualquier industria son los siguientes:

- Eliminar las averías de las máquinas.
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, en base a un compromiso por parte de los responsables de mantenimiento en la eliminación de fallas de máquinas.
- Planificar con anticipación las necesidades de mantenimiento.
- Establecer horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.

- Permitir a los departamentos de Producción y Mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

### **2.3.2 Algunas de las ventajas del RCM.**

Sin lugar a duda, la ventaja principal es el aumento de la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas y equipos, sin restar relevancia a las siguientes expuestas por (Moubray, 2004, págs. 19,20):

- Crea un espíritu altamente crítico en todo el personal (operaciones y mantenimiento) frente a condiciones de fallas y averías.
- Logra importantes reducciones del costo de mantenimiento.
- Optimiza la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad, y/o mejora la mantenibilidad de sus plantas y equipos.
- Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.
- Fomenta el trabajo en grupo convirtiéndolo en algo rutinario.
- Incrementa la seguridad operacional y la protección ambiental.
- Optimiza la aplicación de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad e importancia de los activos dentro del contexto operacional.
- Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- Aumenta el conocimiento del personal tanto en operaciones como en mantenimiento con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las instalaciones.
- Involucra a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta).

- Facilita el proceso de Normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y de registro.

### **2.3.3 Limitación del RCM.**

La más alta limitación es el factor humano con que cuenta la organización, ya que de este depende el éxito de la metodología. En este sentido el equipo de trabajo juega un papel muy importante, debido a que será este el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía de manera que las personas involucradas con el RCM no vean este cambio como un problema, sino como una solución a sus problemas (Moubray, 2004).

## **2.4 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA AMFE**

Entendiéndose “falla” como “la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que los usuarios quieren que haga” (Moubray, 2004), se basa en el análisis de fallas potenciales en un sistema, clasificados por su gravedad o por sus efectos; es decir, se otorga una prioridad a las fallas dependiendo de qué tan graves sean sus consecuencias, la frecuencia en la que se presentan y la dificultad para ser localizadas. Este proceso de análisis debe tener en cuenta: Funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Los efectos o consecuencias de las fallas son posteriormente evaluados para determinar posibles medios de prevención. Para poder realizar un análisis de modo de falla y efectos, es necesario tener claro los siguientes conceptos.

### **2.4.1 Contexto operacional.**

Para clasificar las funciones deseadas para un equipo, se debe tener un claro entendimiento del contexto operacional en el que funciona el equipo. Datos tales como el ciclo de operación, tipo de proceso, redundancias, estándares de calidad, medio ambiente, riesgos de seguridad, ciclos de trabajo, productos en proceso, disponibilidad y confiabilidad exigida y consecuencias de indisponibilidad, abastecimiento de materias primas, disponibilidad de mano de obra y repuestos, etc. Aunque dos equipos sean idénticos, y si operan en distintas plantas, pueden requerir de planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes.

#### **2.4.2 Funciones y niveles de desempeño.**

En primera instancia, debe establecerse cuál es la función y capacidad con la que debe cumplir el equipo de acuerdo a la visión y necesidades del usuario. Para definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, es necesario clasificarlas en funciones primarias y secundarias.

#### **2.4.3 Funciones primarias.**

Describe el objetivo principal de la adquisición del activo junto con sus características principales de funcionamiento tales como velocidad, presión, temperatura, producción, capacidad de carga, calidad del producto, entre otros. Son generalmente fáciles de reconocer. El nombre de la mayoría de los activos físicos se basa en su función primaria. Para describirlas se debe utilizar un Verbo + Sujeto (Cerrar flujo, contener fluido, transmitir señal, comprimir aire, bombear agua).

#### **2.4.4 Funciones secundarias.**

Según la norma JA 1012, es toda función adicional de la primaria que cumplen los activos físicos, y son establecidas bajo los siguientes once criterios para asegurar que ninguna de estas funciones sea obviada o pasada por alto.

- Integridad Ambiental: Magnitud de cumplimiento del activo con las normas o regulaciones ambientales corporativas.
- Seguridad: Amenazas específicas a la seguridad inherentes al diseño o a la operación del proceso.
- Integridad: Proveer soporte o una cierta seguridad a otro elemento.
- Control: Regular el desempeño del activo. La indicación y la retroalimentación forman un subconjunto importante de las categorías de control de las funciones.
- Contención: Almacenar y contener materiales.
- Confort: proporcionar comodidad física en los activos frente a los operarios y técnicos. Se deben tratar en la fase de diseño.
- Apariencia: brindar comodidad y seguridad visual a operarios y técnicos por medio de código de colores.
- Protección: Evitar, eliminar, o minimizar las consecuencias de la falla de alguna otra función. Estas funciones están asociadas con dispositivos o sistemas que advierten a los operadores de condiciones anormales (luces de advertencia o alarmas), detienen el equipo en caso de una falla funcional (mecanismos de parada), eliminan o relevan las condiciones anormales causadas por una falla funcional (mecanismos de alivio, sistemas contra incendios, preservadores de vida), realizan una función que haya fallado (componentes estructurales redundantes, plantas de emergencia), e Impiden, en primer lugar, el surgimiento de situaciones peligrosas (señales de advertencia, cubiertas protectoras).
- Economía/eficiencia: Controlar los costos globales esperados. Expresados directamente como tasas de consumo de energía y tasa de desgaste de materiales de proceso.

- **Funciones Superfluas:** Incorporar elementos o componentes que no cumplen ni desempeñan ninguna función. Esto sucede cuando el equipo o la manera en la cual es utilizado se ha modificado con el tiempo.
- **Funciones “Confiables”:** De hecho, la confiabilidad no es una función en sí misma, es un desempeño esperado que comprende todas las otras funciones. Las metas de confiabilidad/disponibilidad globales deben ser documentadas en la definición del contexto operacional.

#### **2.4.5 Fallas funcionales o estados de falla.**

Identifican todos los estados inesperados de falla del sistema en donde se vuelve incapaz de desempeñar la función para la que fue concebido. Los estados de falla están directamente relacionados con las funciones deseadas. Según Moubray, “una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario” (2004). Una vez se establezcan todas las funciones deseadas de un activo, identificar las fallas funcionales será mucho más fácil.

#### **2.4.6 Modos de falla.**

Un modo de falla es una de las posibles causas por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla, es decir, cada falla funcional puede tener uno o más modos de falla, y todos deben ser identificados durante el análisis de RCM, listando también la causa raíz para ser más preciso en el “porqué” ocurre la falla. “Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional” (Moubray, 2004, pág. 56).

#### **2.4.7 Estudio de modos de falla.**

Cuando los modos de falla han sido identificados, es posible considerar que sucede cuando ocurre, evaluar las consecuencias y decidir si debería hacerse algo para anticipar, prever, detectar, corregir, o hasta rediseñar (Moubray, 2004, pág. 58). Este estudio consiste en el análisis del historial y a las futuras fallas factibles u ocultas que se han presentado en un elemento en particular, teniendo en cuenta su severidad y efectos en la función de un equipo.

Cuando un equipo deja de realizar la función para la que fue diseñado, es considerado como una falla; por tal motivo es necesario analizar la falla y cuál o cuáles pueden ser sus consecuencias.

#### **2.4.8 Efectos de falla.**

Es una breve descripción de qué pasa cuando ocurre un modo de falla, si es evidente u oculta, y de qué manera puede afectar a los usuarios en cuanto a seguridad, medio ambiente, consecuencias operacionales y no operacionales, daños físicos causados por la falla, y por último, qué se debe hacer para repararla. Cada modo de falla debe ser clasificado en una de estas categorías. También hay que considerar que la meta de establecer efectos de falla es fijar actividades proactivas de mantenimiento sin suponer que ya se estén ejecutando. Cuando se realizan estas descripciones, se debe tener discreción de no confundir las causas con los efectos de falla.

#### **2.4.9 Consecuencias de falla.**

RCM reconoce que las consecuencias son aún más importantes que las características técnicas de la misma, y que la razón principal para realizar cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino reducir sus

consecuencias. Las consecuencias dependerán del grado de importancia de cada falla. Se deben clasificar según el RCM en las siguientes cuatro categorías:

- De fallas ocultas: No tienen un impacto directo. Puede generar fallas múltiples con consecuencias serias.
- Ambientales y para la seguridad: Cuando se infringen normativas estatales o corporativas relacionadas con el medio ambiente. Y en cuanto a la seguridad cuando se causen lesiones personales.
- Operacionales: Que afectan la producción en cuanto a calidad, cantidad, costos operacionales y costos directos generados por la reparación.
- No operacionales: Tienen origen en una cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, pero que afecta sobre el costo de la reparación.

#### **2.4.10 Mantenimiento proactivo.**

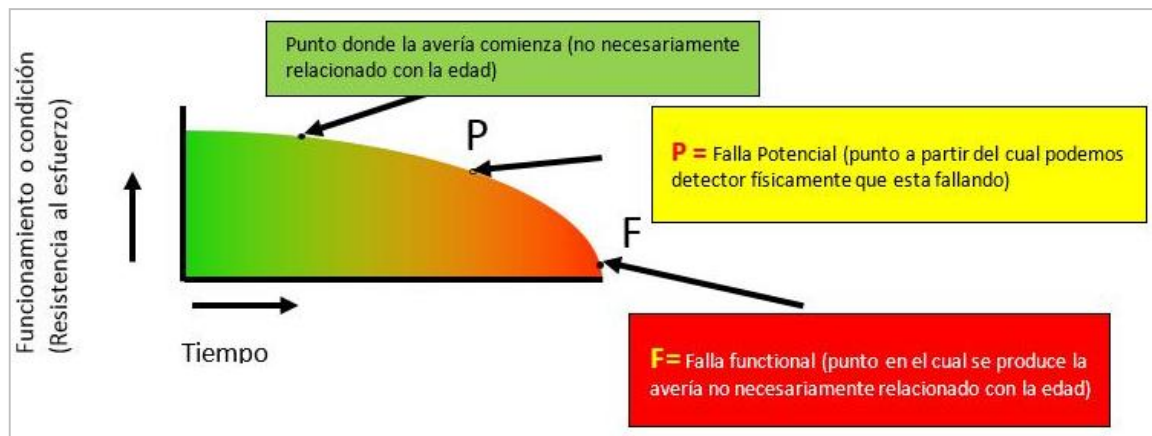
“El Mantenimiento Proactivo, corresponde a técnicas de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros, para tomar acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas que le permitan desempeñarse adecuadamente antes de llegar a un estado de falla. Las tareas que se ejecutan dentro del mantenimiento proactivo se dividen en dos grupos: 1. Predictivas; compuestas por las tareas a condición. 2. Preventivas; compuestas por tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica.

#### **2.4.11 Fallas potenciales y mantenimiento a condición.**

Muchos modos de falla no se relacionan con la edad, y la mayoría de ellos advierten cuando están por ocurrir. Puede ser posible actuar para prevenir que falle por completo y evitar sus consecuencias. Para ilustrar las etapas finales de la falla se

construye la curva P-F. Esta demarca cómo comienza la falla, cómo sufre deterioro hasta el punto en donde puede ser detectada (punto “P”), y por último, si no es detectada y corregida, continúa deteriorándose a una tasa acelerada hasta el punto de falla funcional (“F”).

Fig. 4. Curva P-F.



Fuente. <https://lanotaenergetica.files.wordpress.com/2015/07/img-2-confi-4.jpg>

Cuando se detecta una falla potencial entre el punto P y el punto F, es posible actuar para prevenir o evitar las consecuencias de la falla funcional. Es en esta zona en donde se deben aplicar las tareas proactivas.

#### 2.4.12 Intervalo P-F.

También conocido como el periodo de advertencia, corresponde al intervalo entre el momento que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta llegar a ser falla funcional (ver figura 12).

El intervalo P-F indica la frecuencia con que deben realizarse las tareas a condición, teniendo en cuenta que deben hacerse en un periodo menor al intervalo P-F. En la

práctica es medido en términos de tiempo transcurrido. A continuación se nombran dos ejemplos claros:

- Si el intervalo P-F para un determinado modo de falla es de dos semanas y el elemento se chequea una vez por semana, la falla será detectada. En cambio, si se controla el elemento una vez por mes, es posible que se pase por alto todo el ciclo de la falla.
- Si el intervalo P-F es de tres meses, sería una pérdida de tiempo y de dinero chequear el elemento todos los días. Sería suficiente seleccionar una frecuencia de tarea igual a la mitad del intervalo P-F.

Los criterios que deben satisfacer las tareas a condición, para que sean técnicamente factible se cumplen si:

- Es posible definir una condición clara de la falla potencial.
- El intervalo P – F es razonablemente consistente.
- Es práctico monitorear el elemento en periodos menores al intervalo P-F.
- El intervalo P- F neto es lo suficientemente largo como para actuar a fin de reducir o eliminar las consecuencias de la falla funcional.

#### **2.4.13 Tareas a condición.**

Según la norma 13306, “es aquel mantenimiento preventivo basado en el monitoreo del desempeño de un sistema o de parámetros significativos para su funcionamiento y sobre el control de alertas consecuentemente determinadas” (Asociación Española de normalización y certificación, 2011). El mantenimiento predictivo es considerado, en la misma norma, como mantenimiento según condición seguido de un pronóstico derivado del análisis y de la sucesiva evaluación de parámetros significativos relacionados con el deterioro del sistema que se analiza. La práctica

más extendida es la de llegar a la primera fase del mantenimiento Predictivo que es el mantenimiento según condición. Otro nombre que se le puede dar a estas tareas es mantenimiento basado en condición, porque las acciones correctivas se basarán en la evaluación de la condición del elemento. Las tareas a condición deben ser realizadas antes que aparezcan las fallas potenciales y que por el decaimiento se conviertan en fallas funcionales.

#### **2.4.14 Tarea de reacondicionamiento cíclico.**

Conocidas también como re trabajo cíclico, “consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento antes o en límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento” (Moubray, 2004, pág. 138). Para que sea propiamente una tarea de reacondicionamiento cíclico debe hacerse a intervalos fijos sin importar la condición o estado en que se encuentre el componente. Bajo este tipo de tarea también se ejecutan revisiones para prevenir modos de falla específicos relacionados con la edad en las cuales es imposible recuperar la capacidad inicial del elemento una vez se haya alcanzado el fin de la vida útil.

#### **2.4.15 Tarea de sustitución cíclica.**

“Consiste en descartar un elemento o componente antes, o en límite de edad definida, independientemente de su condición en este momento” (Moubray, 2004, pág. 139). Cuando reacondicionar un elemento es mucho más costoso que uno nuevo, se evalúa la posibilidad de remplazarlo. Las tareas de sustitución se realizan en intervalos de tiempo calculados de acuerdo al ciclo de vida del componente.

#### **2.4.16 Acciones “a falta de”.**

Se relacionan directamente con el estado de falla, y son seleccionadas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones “a falta de” incluyen tareas cíclicas de búsqueda de fallas, rediseño y ningún mantenimiento proactivo que serán definidas con la ayuda del diagrama de decisión.

#### **2.4.17 Búsqueda de falla.**

Diseñadas para verificar si algo todavía funciona como debe sin tener en cuenta la apariencia. Aplica solo a las fallas ocultas o no reveladas que a su vez solo afectan a dispositivos de protección. El objetivo es dar la tranquilidad que un dispositivo de seguridad proveerá la protección requerida si fuese necesario. “Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse” (ALADON LTDA., 2004, pág. 20).

#### **2.4.18 Ningún mantenimiento proactivo.**

En este caso los elementos son dejados en servicio hasta que ocurra una falla funcional. Simplemente la modificación y/o el reemplazo de los componentes se dan hasta este momento.

Según la norma SAE JA1011, “Cualquier política de operar hasta fallar seleccionada debe satisfacer los criterios apropiados como sigue:

A. En casos donde la falla es oculta y no hay ninguna tarea programada apropiada, la falla múltiple asociada no debe tener consecuencias en la seguridad ni el ambiente.

B. En casos donde la falla es evidente y no hay ninguna tarea programada apropiada, el modo de falla asociado no debe tener consecuencias en la seguridad ni en el ambiente.” (SAE JA1011, Sección 5.8.2).

#### **2.4.19 Rediseño.**

Significa cualquier cambio de especificaciones que se generen en los componentes. Esta acción “a falta de” se aplica en el caso que las fallas presenten riesgo o consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, con el objetivo de reducir la probabilidad de ocurrencia de la falla hasta un nivel tolerable. También es necesario un rediseño cuando se requiere del equipo una confiabilidad superior a la propia, cuando no se puede encontrar tareas de mantenimiento que suplan las fallas y, cuando, dependiendo de las consecuencias es más económico rediseñar que mantener.

#### **2.4.20 Diagrama de decisión.**

El diagrama de decisión es una herramienta que permite seleccionar actividades adecuadas de mantenimiento para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos. Se debe identificar el tipo de actividad de mantenimiento adecuada, y posteriormente la acción de mantenimiento concreta a ejecutar junto con la frecuencia de ejecución de la misma. Este diagrama reúne todos los procesos de decisión en uno de los documentos centrales en la aplicación de RCM, y se encuentra dentro de lo anexos A para una mejor lectura y comprensión. Corresponde a figura 52.

Las respuestas a las preguntas formuladas en el diagrama de decisión deben ser consignadas en la hoja de decisión de la figura 13 expuesta a continuación.

### 2.4.21 Hoja de decisión.

La hoja de decisión se divide en dieciséis columnas. Las primeras tres nombradas como:

- Función (F).
- Falla Funcional (FF).
- Modo de falla (MF).

Estas son la referencia de información que permiten reconocer e identificar exactamente el modo de falla que se está evaluando en esa fila.

Fig. 5. Hoja de decisión.

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL - UNC										HOJA DE DECISION RCM II																			
ELEMENTO: Instalación de envasado aséptico de frascos										Realizado por: LIM I - Fábrica							Fecha Realización: 2011												
COMPONENTE: Entrada de Máquina Envasadora de FRascos										Revisado por: LIM I - Fábrica																			
Referencia Información	Evaluación de consecuencias			Tareas "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s" "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"				TAREAS PROPUESTAS							FRECUENCIA INICIAL	REALIZA LA TAREA													
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16							
1	A	1	S	N	N	S	S																			Detección de ruidos, vibraciones, sobretemperatura y pérdidas de aceite. Estado de cables y conexiones.	Semanal	Operador del equipo	
																										Detección de vibraciones a través de un instrumento tipo datalogger. Medición de temperatura con termómetro infrarrojo.	Anual	Operador especializado	
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N																	Ningún mantenimiento programado.			
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N																		Ningún mantenimiento programado.		
1	A	4	S	N	N	N	S																				Controlar alineación y limpieza de sensor.	Semanal	Operador del equipo
1	A	5	S	N	N	N	S																				Controlar alineación y limpieza de sensor.	Semanal	Operador del equipo
1	B	1	S	N	N	S	N	N	N																		Ningún mantenimiento programado.		

Fuente: <http://www.e2energiaeficiente.com/wp-content/uploads/2014/12/hoja-de-desicion.png>.

Las siguientes cuatro columnas corresponden a la evaluación de las Consecuencias:

- Consecuencia de falla oculta (H).

- Consecuencia para la seguridad (S).
- Consecuencias para el medio ambiente (E).
- Consecuencias operacionales (O).

En las columnas ocho a diez se registrarán las tareas de la siguiente manera:

- H1/S1/O1/N1: Utilizada si fue posible encontrar una tarea a condición apropiada.
- H2/S2/O2/N2: Utilizada si fue posible encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico.
- H3/S3/O3/N3: Utilizada si fue posible encontrar una tarea de sustitución cíclica.

Las columnas H4, H5, S4 serán utilizadas para registrar las respuestas a las a tres acciones “a falta de” descritas anteriormente. Son seleccionadas si debe hacerse una tarea de búsqueda de fallas, un rediseño, una combinación de tareas o ningún tipo de mantenimiento proactivo.

En las últimas tres columnas se registra la tarea propuesta, intervalo de tiempo y quién se hará cargo de la tarea.

La hoja de decisión RCM muestra no sólo qué acción se ha seleccionado para tratar cada modo de falla, sino que también muestra porqué se ha seleccionado, y las actividades propuestas a seguir.

## **2.5 CONFIABILIDAD**

Blanchard y otros (citado por MORA, 2012) expone que es “la probabilidad que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno”.

## **2.6 DISPONIBILIDAD**

Navarro y otros (citados por MORA, 2012) argumentan que disponibilidad es “la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico. Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un equipo. Como lo explica MORA, (2012), según la expectativa de la empresa, se manejan las siguientes:

### **2.6.1 Disponibilidad genérica.**

Utilizada en organizaciones que no predicen ni manejan CMD<sup>10</sup>, la información que se maneja solo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, razón ni tipo).

### **2.6.2 Disponibilidad inherente o intrínseca.**

Útil cuando se quiere controlar las actividades de mantenimiento no planeados (correctivos y/o modificativos). Su uso es posible cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los tiempos de no funcionalidad y los tiempos de retraso o demora administrativos físicos son mínimos o tienden a cero.

---

<sup>10</sup> Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

Sus parámetros son MTBF y MTTR. Solo tienen en cuenta daños o fallas, pérdidas de funcionalidad por razones propias al equipo y no exógenas al mismo.

### **2.6.3 Disponibilidad alcanzada.**

Su utilización es excelente cuando se desean controlar las tareas planeadas de mantenimiento (proactivas, preventivas, predictivas) y las correctivas por separado. No le interesan los tiempos de espera (demora) ni los registra obligatoriamente. Requiere un manejo detallado y preciso.

### **2.6.4 Disponibilidad operacional.**

Adecuada cuando se desea vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos, trabaja con las actividades planeadas (preventivas o predictivas) y no planeadas (correctivas o modificativas) de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos. Utiliza los mismos parámetros de la anterior alcanzada más los correspondientes a demoras.

### **2.6.5 Disponibilidad operacional generalizada.**

Básicamente se usa cuando se predice el CMD en equipos con mucho tiempo de operación en que funcionan mas no producen. Trabaja con los mismos parámetros de la Operacional, solo que los tiempos en que la máquina funciona, pero que no produce (denominados en ingles *Ready Time*) se les agrega a los tiempos útiles más cercanos en fecha; para de esta manera aumentar los tiempos útiles que si no

se registrasen los *Ready Time*. Es la más compleja y completa de las disponibilidades, pero la más exigente y costosa de implementar, aparte de que la empresa debe tener ya mucha experiencia en el tema.

### **3. DESARROLLO CONCEPTUAL**

#### **3.1.1 HEMODIALISIS.**

En medicina, la hemodiálisis es un procedimiento de sustitución renal extracorpóreo, consiste en extraer la sangre del organismo y pasarla a un dializador de doble compartimiento, el primero por el cual pasa la sangre y el segundo por donde pasa el líquido de diálisis, ambos están separados por una membrana semipermeable. Por este método se elimina de la sangre residuos como potasio y urea, así como agua en exceso cuando los riñones son incapaces de realizar ello.

#### **3.1.2 PRINCIPIO DE LA HEMODIÁLISIS**

El principio de la hemodiálisis implica la difusión de solutos a través de una membrana semipermeable. La hemodiálisis confía en el transporte convectivo y utiliza el flujo de contracorriente en donde, en el circuito extracorpóreo, el dializado fluye en la dirección opuesta al flujo sanguíneo. Los intercambios de contracorriente mantienen en un máximo el gradiente de concentración a través de la membrana y aumentan la eficacia de la diálisis

### 3.1.3 Máquina de Hemodiálisis

Fig. 6. Máquina de hemodiálisis 4008s.



Fuente: Manual documentación técnica Fresenius Medical Care 4008 S (Versión V10) Edition: 8A-2013.

La máquina de diálisis consta de los siguientes elementos:

### 3.1.4 Bomba de Sangre.

La bomba de sangre moviliza la sangre desde el acceso vascular al filtro de hemodiálisis y luego la retorna al paciente. El flujo habitual en los pacientes adultos es de 200 a 350 ml/minuto. Está formada por una bomba peristáltica que tiene dos rodillos que presionan la manguera y al girar impulsan la sangre. Para el control de la bomba se utiliza un encoder óptico que mide la velocidad de giro del motor la cual es controlada a través de un circuito electrónico independiente.

### **3.1.5 Bomba de heparina.**

La sangre al salir del organismo del paciente, tiende a coagularse, principalmente en el filtro. Para evitar este efecto indeseado se inyecta a la sangre una sustancia anticoagulante, llamada heparina. Una bomba de avance presiona a un ritmo constante una jeringa conteniendo la sustancia a inyectar. El control electrónico de la bomba de heparina debe ser muy preciso y cuenta con un sensor de fin de carrera que normalmente es un micro interruptor o un sensor inductivo.

### **3.1.6 Sistema de distribución de la solución de diálisis.**

Existen dos tipos de sistemas para distribuir la solución de diálisis:

- Distribución Central, donde toda la solución de diálisis requerida por la unidad de diálisis es producida por una sola máquina y es bombeada a través de cañerías a cada hemodializador.
- Distribución Individual, donde cada máquina de diálisis produce su propio dializado (solución de diálisis).

En ambos sistemas, la solución de diálisis debe ser calentada por la máquina hasta una temperatura entre 34 y 39 °C, antes de ser enviada al dializador.

Para la preparación de la solución de diálisis se emplean alrededor de 120 litros de agua durante cada sesión. Todas las sustancias de bajo peso molecular presentes en el agua tienen un acceso directo a su torrente sanguíneo (como si fuesen administradas por vía intravenosa). Por esta razón es importante que la pureza del agua utilizada sea conocida y controlada. Además, los cultivos de bacterias deben mantenerse por debajo de 200 colonias/ml.

### **3.1.7 Dializador.**

El dializador es el elemento principal para realizar una hemodiálisis y pretende suplir la función de los glomérulos, que son las células esenciales del riñón.

Es un recipiente cilíndrico de 40cm. de largo. Está formado por un recipiente externo de plástico dentro de la cual está la membrana de diálisis (existen de diferentes tipos) que es semipermeable, que separa los dos compartimentos. Por un comportamiento circula la sangre que viene del paciente cargado de desechos y agua. Por el otro circula el dializado o baño de diálisis. El dializado es una mezcla de agua casi pura con una cantidad de sales conocida, que se indica para cada paciente de acuerdo a sus exámenes de laboratorio. La membrana semipermeable que separa ambos compartimentos es porosa. De este modo la membrana permite el paso solamente de algunos elementos, por ejemplo sodio, urea, potasio, creatinina y fósforo entre otros. Los glóbulos rojos, los glóbulos blancos, las bacterias y las proteínas sanguíneas, no pasan.

### **3.1.8 Detector de burbuja de aire.**

En el circuito por donde fluye la sangre, es probable que ingresen burbujas de aire que pueden luego ingresar al paciente y producir la muerte por embolia gaseosa. Para evitar esto se utiliza un sensor ubicado en el retorno de sangre al paciente, el cual detecta burbujas de aire que pasan por un bulbo colocado en el sensor, utilizando para ello un circuito electrónico por ultrasonido: el transmisor emite una señal de alta frecuencia que pasa por la sangre, pero al pasar por el aire (otro medio) sufre un desfase que será detectado en el receptor. En ese momento se paraliza la bomba de sangre y se activa la alarma.

### **3.1.9 Detector de fuga sanguínea.**

Algunas veces la membrana del filtro de hemodiálisis se rompe por exceso de presión sobre la membrana, o por el exceso de uso de la misma. De ocurrir este evento la sangre pasa al lado de la cámara del líquido dializante y luego va al desagüe, lo que lleva a una pérdida de sangre a lo que se llama fuga sanguínea. Para detectar oportunamente este problema, se coloca un sensor que detecta el cambio de coloración del agua. Para esto se utiliza un red rojo brillante y una fotorresistencia (LDR) en posición frente a frente, y entre ellos fluye el líquido que, al cambiar el color por la presencia de sangre, hace que la fotorresistencia cambie su valor de impedancia. Una vez detectado se envía una señal al sistema de control central para activar las señales de alarma correspondientes.

### **3.1.10 Control de presión en el filtro**

Para controlar el gradiente de presión en las cámaras del filtro, una micro bomba con cabezal de aspas giratorias produce una presión hidráulica controlada en la cámara de líquido dializante. El sistema controlará la velocidad de la bomba según la cantidad de agua que se requiera extraer del paciente.

### **3.1.11 Electro válvula de bypass**

Es un elemento electromecánico de seguridad para el paciente, compuesto principalmente por un solenoide y una válvula de una entrada y dos salidas. Está ubicado en el circuito de solución de diálisis, antes que este líquido ingrese al filtro. Su función es desviar hacia el desagüe la solución de diálisis que no cumple con los parámetros adecuados de temperatura y conductividad.

### **3.1.12 Conductividad de la solución de diálisis**

La máquina de hemodiálisis debe ser capaz de mezclar los concentrados con el agua ultra pura y obtener la solución de diálisis adecuada. Para esto se utilizan bombas peristálticas y sensores de conductividad con electrodos de platino.

### **3.1.13 Sistema de control de temperatura**

La solución de diálisis tiene que tener la misma temperatura que la sangre del paciente, de no ser así y no calentarse el agua, el paciente puede sufrir de hipotermia. Para esto se utiliza un calentador en la entrada de la solución dializante, dos o más sensores de temperatura (generalmente NTC de coeficiente negativo) cesan la temperatura de la solución en diferentes puntos y actúan sobre el calentador (filamento de Nicrom aislado dentro de un bulbo de acero inoxidable). El control de la potencia del calentador normalmente se realiza a través del control del ángulo de disparo de los triacs y la detección del cruce por cero voltios de la señal alterna. (Rolando, 2011)

#### **4. MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM EN EQUIPOS DE DIÁLISIS MODELO 4008S DE LA EMPRESA FRESENIUS MEDICAL**

Para Fresenius Medical Care Colombia y en especial para la unidad renal de Tunja esta estrategia debe garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos que conforman este centro de atención para pacientes en diálisis. Adicionalmente, servirá como motivación hacia las personas conforman el departamento de servicio técnico y de lo que se debe hacer para poder mantener la función primaria de la máquina de diálisis.

La confiabilidad operativa de las máquinas es el propósito fundamental de buscar el origen de los fallos en los equipos, trabajando sobre las causas y no sobre sus efectos, esto tiene la característica de ser una metodología que se adelanta a las fallos sin embargo también se puede aplicar cuando los fallos acurran.

Uno los beneficios importantes que obtendremos con esta estrategia y de los que más se destacan será aumentar la disponibilidad de las máquinas de forma efectiva, mejorando así el indicador de MTBF y lo cual también nos llevara a bajar los costos financieros del departamento de servicio técnico de forma significativa, mejorara nuestra competitividad, uno de los requisitos del mantenimiento de clase mundial.

Todo esto se lograra disminuyendo los gastos innecesarios relativos al mantenimiento de los equipos, al evitar las fallas, haciendo que las máquinas cumplan con su función mediante el análisis y cálculos para realizar los mantenimientos óptimos y necesarios que necesitan los equipos.

Finalmente el personal que trabaja con esta metodología se volverá experto en el funcionamiento de los equipos analizados, además de profesionalizar al

departamento de mantenimiento, al proponer nuevas soluciones para evitar los fallos, al ser el RCM un proceso de mejora continua basado en hechos y evaluando riesgos proporciona una política de mantenimiento sólida, ayudando a limpiar así, la imagen de “mal necesario” que tradicionalmente se le da a esta área.

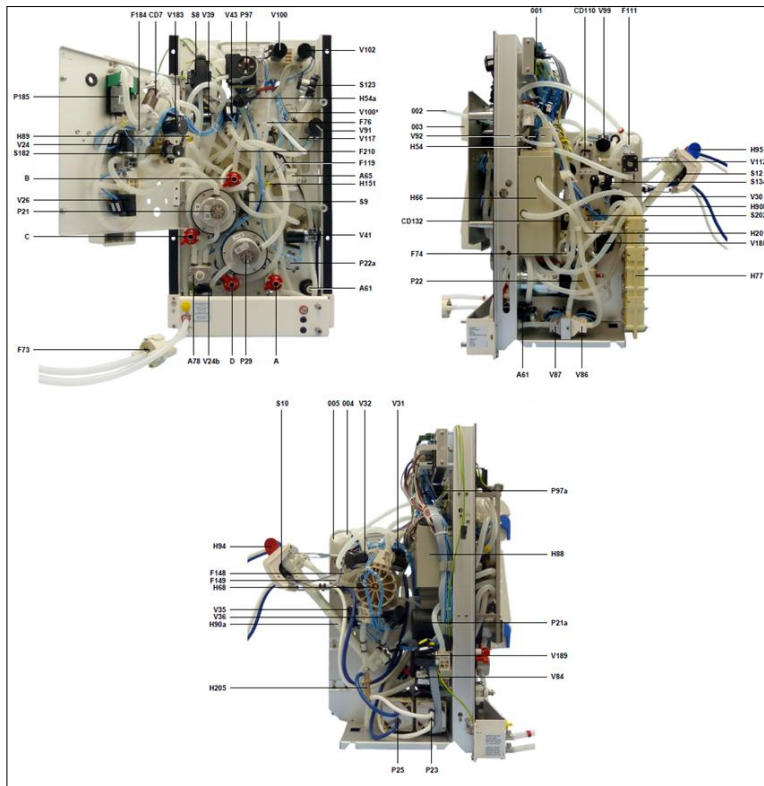
Para lograr una mejor aplicación de la estrategia RCM se propone la siguiente metodología, basada en la norma la norma SAE JA 1011 y SAE JA 1012

- Fase 0: Listado y codificación de los equipos.
- Fase 1: Listado y funciones de sus especificaciones.
- Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.
- Fase 3: Determinación de los modos de fallo.
- Fase 4: Estudio de las consecuencias de los fallos. Criticidad.
- Fase 5: Determinación de las medidas preventivas.
- Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas.

#### **4.1 Listado y codificación de los equipos**

Listado de elementos y equipos que componen el sistema de la parte hidráulica de la máquina de diálisis, recopilación de esquemas, diagramas funcionales y diagramas lógicos.

Fig. 7. Elementos de la hidráulica.



Fuente: Manual documentación técnica Fresenius Medical Care 4008 S (Versión V10) Edition: 8A-2013.

Fig. 8. Descripción elementos de la hidráulica.

<b>Hydraulics measurement points</b>			
A	Reduced water inlet pressure		
B	Loading pressure		
C	Flow pump pressure		
D	Degassing pump pressure		
<b>Setting elements</b>			
A61	Pressure reducing valve		
A65	Loading pressure valve		
A78	Relief valve		
<b>Conductivity cells</b>			
CD7	Conductivity cell		
CD110	OCM conductivity cell		
CD132	bibag® conductivity cell		
<b>Filter</b>			
F71	Filter / concentrate (in H84)		
F72	Filter / bicarbonate (in H85)		
F73	Filter / dialysate		
F74	Filter / UF		
F76	Filter / fill valve		
F111	Hydrophobic filter		
F119	Concentrate filter		
F148	Filter (rinse valve 100)		
F149	Filter (rinse valve 99)		
F184	Hydrophobic filter		
F210	Filter		
<b>Hydraulic components</b>			
H54	Heater rod		
H54a	Heater rod connection		
H86	Heater block		
H88	Balancing chamber		
H77	Heat exchanger		
H88	Multifunction block		
H89	Degassing orifice		
H90a	Concentrate rinse chamber		
H90b	Bicarbonate rinse chamber		
H94	Concentrate suction rod		
H95	Bicarbonate suction tube		
H151	Control valve		
H201	Air separation chamber, concentrate		
H203	Air separation chamber, bicarbonate (hidden by H201)		
H205	Mixing point, concentrate/bicarbonate		
<b>Pumps</b>			
P21	Flow pump		
P21a	Flow pump drive		
P22	UF pump		
P22a	UF pump adjusting screw		
P23	Concentrate pump		
P25	Bicarbonate pump		
P29	Degassing pump		
P97	Air separation pump		
P97a	Air separation pump drive		
P185	Compressor		
<b>Temperature sensors</b>			
PT2	Temperature sensor (in H86)		
PT3	Temperature sensor (in CD7)		
PT4	OCM temperature sensor (in CD110)		
PT109	Temperature sensor (in CD7)		
PT133	bibag® temperature sensor (in CD132)		
<b>Other sensors</b>			
S5	Float switch (in H86)		
S6	Level sensor (in H88)		
S8	Blood leak detector		
S9	Pressure transducer		
S10	Concentrate reed contact		
S12	Bicarbonate reed contact		
S115	Disinfection valve sensor (hidden, on V84)		
S123	Pressure switch for V102		
S134	bibag® pressure transducer		
S182	Pressure transducer 2		
S202	Concentrate level sensor		
S204	Bicarbonate level sensor (hidden by S202)		
<b>Valves</b>			
V24	Dialyzer inlet valve		
V24b	Dialyzer outlet valve		
V26	Bypass valve		
V30	Outlet valve		
V31	Balancing chamber valve 1		
V32	Balancing chamber valve 2		
V33	Balancing chamber valve 3 (hidden by V31)		
V34	Balancing chamber valve 4 (hidden by V32)		
V35	Balancing chamber valve 5		
V36	Balancing chamber valve 6		
V37	Balancing chamber valve 7 (hidden by V35)		
V38	Balancing chamber valve 8 (hidden by V36)		
V39	Negative pressure valve		
V41	Water inlet valve		
V43	Fill valve		
V84	Disinfection valve		
V86	Recirculation valve		
V87	Drain valve		
V91	Rinse valve		
V92	Ventilation valve		
V98	Rinse valve		
V99	Rinse valve		
V100	Rinse valve		
V100*	Alternative V100 location if CDS option not provided		
V102	Central Delivery System concentrate valve (option)		
V112	Vent valve		
V117	Concentrate check valve		
V130	bibag® emptying valve (hidden by V188)		
V183	Test valve		
V188	Evacuation valve		
V189	Retentate valve		
<b>Miscellaneous</b>			
001	Hydraulic processing unit		
002	Overflow tube		
003	DIASAFE® plus connector		
004	Port to bibag® connector		
005	Port from bibag® connector		
V92	Vent valve		

Fuente: Manual documentación técnica Fresenius Medical Care 4008 S (Versión V10) Edition: 8A-2013.

## 4.2 Listado funciones y especificaciones

### 4.3 SUB-SISTEMA BLOQUE DE CALENTAMIENTO 66

Este subsistema tiene la función de controlar, calentar y almacenar el flujo de entrada de agua, este bloque consta de 3 cámaras (cámara A de entrada agua, cámara B de la barra calentador y la cámara C de flotador).

Cuando se abre la V41, ingresa agua a través de un "espacio de caída libre", a una presión ligeramente positiva (cerca de 300 mbar), que se acumula en la cámara A, el agua pasa a través del intercambiador de calor 77, a la cámara B. El fluido se calienta a lo largo de la barra del calentador 54, esta temperatura es medida por el sensor de temperatura NTC 2b. El líquido fluye sobre la superficie superior de la cámara C, donde el flotador interruptor 5 asegura de que el volumen que fluye del bloque de calentamiento se sustituye mediante válvula de 41.

#### 4.3.1 Equipos significativos:

**Filtro de entrada de agua 63:** filtro mecánico que tiene la función de retener partículas y la materia en suspensión. La carcasa tiene un cartucho de filtro tamaño de poro de 20 micras.

**Válvula reductora de presión 61:** Tiene la función de limitar la presión admisible de entrada de agua (que puede estar entre 1,5 y 6 bar antes de la válvula 61) a 0,9 a 1,4 bar Detrás de la válvula 61, y puede ajustarse mecánicamente. Precaución: La presión en el punto de medición A es válida cuando V 41 está cerrado.

**Punto de medición A:** Su función es permitir el acople de un manómetro para poder medir la presión de entrada de agua y se ajustada por medio del regulador de presión 61 en un rango de 0.9 a 1.4 Bares.

**Válvula de entrada de agua 41:** Válvula solenoide de 24 voltios que permite el paso de permeado hacia el bloque calefactor, es controlada por el interruptor flotador 41, cuando se ajuste la presión de entrada de agua esta válvula debe estar cerrada para permitir la lectura de la presión.

**Barra calentadora 54:** Su función es calentar el agua en el bloque calefactor compartimiento b, (1300W) Opera en modo de pulso, es decir, se enciende y se apaga según la energía necesaria. El control del calentador lo realiza la tarjeta electrónica LP 639, un TRIAC actúa como interruptor.

**Válvula check 92:** Tiene la función de permitir que la presión positiva en el bloque calefactor no escape, pero en el caso de un fallo de suministro de agua a presión negativa, ingrese aire a la cámara. Y luego escape en la cámara C, esto con el fin de impedir una presurización en la cámara b y c.

**Interruptor flotador 5:** El flotador tiene la función de controlar la entrada de permeado por medio de la válvula de entrada de agua 41, se hunde cuando se vacía el líquido de la cámara 66c, que es de aprox. 30 ml cada vez que los interruptores de la cámara de compensación. Un imán incorporado en el flotador cierra el contacto, y la válvula de entrada de agua 41 se abre a través de la electrónica de a bordo salida LP 634. El agua sigue fluyendo hasta que el flotador ha alcanzado el "punto de conmutación superior" de nuevo (1 a 1,5 s) y V 41 se cierra.

**Sensor de temperatura 2:** Tiene la función de indicar la temperatura actual de la barra calentadora 66b a la cámara de control del calentador en el LP 639.

**Intercambiador de calor:** Tiene la función de transferir parte de la energía térmica del dializado usado al permeado de entrada.

**Filtro pre-orificio desgasificador 210:** este filtro evita que el orificio de desgasificación sea bloqueado por las partículas. La dirección del flujo está señalada con una flecha impresa en el filtro.

**Orificio o paso calibrado 151:** este orificio tiene la función de reducir el ruido o burbujas grandes generadas por el flujo de permeado sobre la válvula de presión 65, antes de volver a ingresar a la cámara del bloque calefactor b.

**Válvula reguladora de presión 65:** Pos 65, la válvula de carga de presión Una válvula mecánica con presión de resorte ajustable en el circuito de recirculación de la bomba de desgasificación. La presión positiva generada se denomina "presión de carga" y se requiere para la "carga" de la cámara de equilibrado con dializado fresco. La presión puede medirse en el punto B y la medición se calibra a un valor entre 1,4 a 1,5 bares.

**Punto de medición B:** Su función es permitir el acople de un manómetro para poder medir la presión de carga y se ajustada por medio del regulador de presión 65 en un rango de 1.4 a 1.5 Bares.

#### **4.4 SUB-SISTEMA SISTEMA BLOQUE MULTIFUNCIÓN 88**

Este subsistema tiene la función de desgasificar el agua, separar el aire secundario y primario que se genera en circuito hidráulico proveniente del agua de entrada (primario) o el fluido líquido dializante usado (secundario) que proviene del filtro

dializador. Consta de 3 cámaras: una cámara A de desgasificación, cámara B de separación de aire secundario y cámara C de separación de aire primario.

La bomba desgasificadora 29 arrastra continuamente de 1300 a 1500 ml/min aproximadamente de líquido de la cámara A. Este retroflujo es restringido por orificio 89. Esto crea una presión negativa en el intervalo de 0,81 a 0,83 bares. Esta presión negativa hace que el aire físicamente unido en el agua se separe, formando burbujas de aire en la cámara y la bomba de desgasificación se las dirige a la cámara C. Desde aquí se elevan en la dirección del bloque calentador 66 b/c y escapan hacia la atmósfera a través del tubo de ventilación en el panel trasero de la máquina.

El dializado usado desde el dializador fluye hacia la cámara b. Cualquier aire presente, resultante de la post desgasificación o Fugas, es detectado por el sensor de nivel 6 y transportado durante el llamado proceso de "separación de aire secundario" Por medio de la bomba 97. Si el aire está presente en cantidades mayores, tal como, por ejemplo, cuando se conecta un nuevo dializador, si la separación de aire antes mencionada no es suficiente, conmuta al programa de llenado.

#### **4.4.1 Equipos significativos:**

**Bomba desgasificadora 29:** Bomba de engranajes con un motor de 24 voltios que es impulsado a través de un acoplamiento magnético. Su velocidad se calibra en el menú de servicio para una presión de 0,81-0,85 bares, y el medida en el punto de medición de la presión D. Esto hace que el aire físicamente atado en el dializado a disolverse, y las burbujas de aire se volvió al bloque calentador 66 y dado de alta al exterior a través del tubo de ventilación.

**Celda de conductividad 110:** Celda de conductividad para medir la conductividad después del dializador. Necesario para OCM.

**Sensor de temperatura 4:** Se requiere para compensar la conductividad medida por celda de conductividad 110 (por OCM).

**Separadora de aire 97:** bomba de rodillos línea para separación de aire secundario (es decir, posterior al dializador). La bomba se pone al sensor de nivel de 6 señales "aire" y transporta el aire en la dirección de la tubería (ver 88b). Esto no interrumpe el programa de diálisis en curso. Cuando el sensor de nivel de 6 detecta líquido otra vez, la bomba es parada después de un corto tiempo de funcionamiento de correos del"" (1,5 a 2,5 s). El proceso de separación de aire es de duración limitada: s 13, 7.5 o 4.5 correspondientes a los flujos de diálisis de 300, 500 o 800 ml/min. El 4008 cambia al programa de "relleno" si se exceden estos tiempos.

**Válvula de llenado 43:** Válvula de solenoide separada por medios de comunicación (24 voltios) del diseño convencional que se utiliza en máquinas 4.008. La V43 se llama "válvula de llenado", ya que abre durante el programa de llenado (ver 6 Sensor de nivel 30 y la válvula de salida). Sin embargo, también se abre durante el "tiempo muerto" (tiempo de traslape) cuando los interruptores de cámara de compensación si el real TMP valor está fuera de los límites de alarma definidos, liberando así la presión a la atmósfera (véase 68 Equilibrio cámara).

**Filtro válvula de llenado 76:** Filtro 76 se ha incluido para eliminar la posibilidad de un mal funcionamiento causado por partículas que fluyen de nuevo en el sistema hidráulico de V43. Está inscrita en la lista de comprobación de mantenimiento.

**Transductor de presión 9:** Es un puente de resistencia que determina la presión de dializado a través de una membrana. Este valor,  $P_{dial}$  está vinculada a la presión de retorno venosa presión venosa y se muestra como presión transmembrana

(TMP). El transductor de presión está montado en la cámara 88b (canales descendentes dializador). SUB-SISTEMA PUNTO DE MEZCLA

#### **4.5 SUB-SISTEMA CAMARA DE BALANCE 68:**

Este subsistema tiene la función de proporcionar y enviar el dializado fresco al filtro dializador y recibir el dializado usado para luego ser enviado al drenaje, Dos cámaras idénticas, con una capacidad de 30 ml cada una, están hechas de 4 mitades. Ambas cámaras están divididas en dos compartimientos por un elástico, pero impermeable, diafragma de goma, el dializado fresco siempre está activado. El dializado fresco está a la Derecha (verde) y el dializado usado a la izquierda (azul).

De este modo, a la deflexión máxima del diafragma de caucho a la izquierda, es decir, cuando está completamente plano contra él Esta cámara está completamente llena (30 ml) con dializado usado. El volumen de afluencia de El dializado fuerza la misma cantidad de dializado nuevo, que estaba en la cámara, al dializador en una proporción de 1: 1, por ejemplo. V 38 y V 33 abiertas, V 34 y V 37 cerradas. Comenzando simultáneamente, pero terminando antes, el compartimiento de la cámara de equilibrado de la izquierda llena, en este ejemplo, Con dializado fresco (V 35 y V 32 abiertos, V 34 y V 31 cerrados). El punto de conmutación correcto para las válvulas de la cámara de equilibrado se alcanza cuando, como en el Membrana está situada en la mitad derecha de la cámara de equilibrado. Esta condición se detecta como resultado del "aumento de corriente" en el motor de la bomba de flujo 21 y, por lo tanto, proporciona el impulso de conmutación para la válvula de la cámara de equilibrado. Todas las válvulas abiertas están ahora desenergizadas y están cerradas por (V 32, V 33, V 35, V 38). Antes de que las válvulas se abran para el ciclo invertido (V 31, V 34, V 36, V 37), el Electrónica de conmutación proporciona un "tiempo muerto" (tiempo de superposición) de 100 ms para garantizar un tiempo

suficiente para todos los Válvulas para cerrar mecánicamente antes de las válvulas para el ciclo invertido abierto. El proceso alterna continuamente. La combinación de cámara de equilibrado, membrana de goma y válvula solenoide asegura que el dializador siempre esté Dentro de un sistema "cerrado", pero todavía se proporciona continuamente dializado fresco. La membrana de goma evita Contacto entre el dializado usado y el dializado fresco y asegura que los dos fluidos no se mezclen (contaminación). Los El sistema "cerrado" permite una ultrafiltración volumétrica precisa (véase 22 bombas UF).

#### **4.5.1 Equipos significativos**

**Válvulas 31 a 38:** Válvulas de cámara equilibrio Medios separados por válvulas de solenoide (24 voltios) del diseño convencional que se utiliza en máquinas. En ciclos alternos que controlan el volumen a ser equilibrado que entra y es expulsado de la cámara, ya sea de equilibrio compartimento de dializado utilizado cuando se sustituye por dializado nuevo. Las válvulas con números pares controlan la vía del dializado utilizado mientras que aquellos con números impares controlan la vía del dializado fresco. La fila inferior (35, 36, 37, 38) son válvulas de entrada y la fila superior (31, 32, 33, 34) son válvulas de descarga.

**Válvula de salida 30:** Una válvula de solenoide separada por medios de comunicación (24 voltios) del diseño convencional que se utiliza en máquinas 4.008. Cierra sólo durante el programa de llenado, cuando una falta de líquido en la cámara 88b se "reponía" través de la cámara de equilibrio. En todos los demás programas de la válvula 30 está abierta.

**Válvula de drenaje 87:** Una válvula de solenoide separada por medios de comunicación (24 voltios) del diseño convencional que se utiliza en máquinas 4.008. Se cierra cuando se abre V 86 para su recirculación en programas de lavado.

**Válvula de recirculación 86:** Una válvula de solenoide separada por medios de comunicación (24 voltios) del diseño convencional que se utiliza en máquinas 4.008. Conmuta inversamente con la válvula de drenaje 87. Siempre se abre cuando el sistema hidráulico se establece en recirculación en un programa. La recirculación se selecciona sólo en enjuague caliente, desinfección de calor, y los programas de desinfección químicos.

**Bomba de flujo 21:** Una bomba de engranajes con un motor de 24 voltios que es impulsado a través de un acoplamiento magnético. Su velocidad depende del flujo de dializado seleccionado: 300, 500 o 800 ml / min. Actual del motor se evalúa electrónicamente. Si su valor aumenta (aumento de la corriente), esto indica que la cámara 68 de equilibrio está completamente lleno de líquido de diálisis usado. El pulso resultante se utiliza para cambiar las válvulas de equilibrado de la cámara en el momento justo. La calibración de la bomba de flujo se realiza con el programa de calibración (CAL FLOW) en el menú de servicio.

**Válvula limitadora de presión 78:** Una válvula mecánica con presión de resorte ajustable, similar a la válvula de presión de carga 65. Se limita el flujo de presión de la bomba antes de que la cámara de compensación - que sería demasiado alto para una velocidad de flujo de 800 ml / min. La limitación de la presión se ajusta a un valor entre 2.15 a 2.25 bares y se puede medir en el punto de medición C. La velocidad de flujo debe ser de 800 ml / min.

**Punto de medición C:** Su función es permitir el acople de un manómetro para poder medir y calibrar la presión desgasificadora, ajustada por medio del regulador de presión 78 en un rango de 2.15 a 2.25 Bares

#### **4.6 SUB-SISTEMA FILTRO DE DIALIZADO 114**

Este subsistema de filtrado (DIASAFE) tiene la función de filtrar el líquido dializaste antes de ser enviado al filtro dializador. Un filtro que consiste en una membrana de polisulfona que retiene sustancias nocivas (pirógenos, endotoxinas) que Pueden estar presentes en el dializado. Se conmuta como un "filtro de flujo cruzado", es decir, el retenido se enjuaga del filtro cuando el 4008 está en derivación (V24 cerrado, V 26 abierto).

##### **4.6.1 Equipos significativos:**

**Sensor de temperatura 109:** Sensor de temperatura adicional que soporta el sistema de control del calentador cuando hay una pérdida de temperatura entre la varilla del calentador de la cámara y el conector del dializador, causados por flujos diferentes, deben ser compensados. Usando un BTM, este sensor proporciona la señal de temperatura.

**Celda de conductividad 7:** Este sistema monitorea la mezcla correcta del dializado. El valor de conductividad se genera en la placa de entrada LP 633 y se muestra en la pantalla.

**Sensor de temperatura 3:** Su señal es procesada por la placa de entrada LP 633. Requerido para la temperatura Compensación en la pantalla de conductividad. Este valor también se transfiere a la pantalla y muestra Temperatura del dializado en

relación con la conexión del dializador. Si esta temperatura está fuera de los límites de alarma (33,5 ° a 40 ° C), la máquina 4008 iniciará una alarma y cambiará a bypass!

**Transductor de presión 182:** Un puente de medición de resistencia que - a través de una membrana - determina la presión del dializado. Su señal de medición (positiva Presión) para probar la integridad de las membranas hidrófilas del filtro DIASAFE (114) y de la línea ONLINE FILTRO (190). Esta señal se utiliza también cuando se llena el sistema de línea de sangre y cuando se administra un bolo.

**Válvula de dializado 24:** Válvula de dializador 1 Una electroválvula separada por medios (24 voltios) del diseño convencional utilizado en máquinas 4008. Abierta durante la diálisis cuando no hay mal funcionamiento, permite que el dializado entre al dializador. V 24 se cierra en el modo de derivación (Alarma de temperatura o conductividad). V 26 abre la válvula de derivación cuando se conmuta inversamente.

**Válvula de prueba 183:** Válvula de prueba Una electroválvula separada por medio (24V) del diseño convencional usado en máquinas 4008. Se abre cuando se prueba la integridad de las membranas de filtro del DIASAFE (114) y del FILTRO EN LÍNEA (190), para permitir El compresor (185) para crear una presión positiva en el sistema.

**Compresor 185:** Este Compresor Proporciona presión positiva (aproximadamente 1 bar) para la prueba de la integridad de la DIASAFE (114) y de la línea ONLINE FILTRO (190), así como vaciar los filtros durante el programa de intercambio de filtros.

**Filtro 184:** Filtro de anticontaminación que permite el aire, que se requiere para probar la integridad de la "DIASAFE (114) y la línea FILTRO "(190),

**Válvula de muestreo 116:** Una pequeña pieza en T equipada con una abrazadera y un conector Luer-lock para la extracción directa de una muestra de dializado para Inspección de laboratorio.

**Filtro 73:** Este filtro tiene una pantalla de malla relativamente amplia que es fácilmente accesible. Ubicado en la línea de drenaje del dializador, Asegura que ninguna partícula pueda entrar en el dispositivo por esta vía. Esto evita cualquier mal funcionamiento de las válvulas de solenoides.

**Válvula de dializado 24b:** Una electroválvula separada por medios (24 voltios) del diseño convencional utilizado en máquinas 4008. Ubicado en el Flujo de dializadas aguas abajo del dializador y no hace parte del circuito de derivación. Sólo cierra y aísla el dializador Junto con V24 durante la "prueba de mantenimiento de presión cíclica", o cuando se ha producido un error en el programa de llenado.

**Detector de fuga de sangre 8:** Componente opto electrónico que inicia una alarma si  $\geq 0,5$  ml / min. Sangre (hematocrito 0.25) pasa de la Sangre del dializador al lado del dializado debido a una pérdida en la membrana del dializador. Una señal de dos colores Alternando rojo y verde) se pasa a través de una celda de medición situada en la salida del dializador. El detector utiliza Esta señal de dos colores para distinguir entre turbidez causada por, por ejemplo, suciedad, calcificación o aire, o una "real" Alarma de sangre y también lo indicará en la frontal.

#### 4.7 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA AMFE

La metodología propuesta por el RCM parte de un análisis tipo FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), desarrollado en un formato denominado “Hoja de Información RCM”, donde se describe para cada equipo la siguiente información:

- Función.
- Fallo Función.
- Modo de falla.
- Efecto de la falla.

A partir de la Hoja de Información y utilizando el “Diagrama de Decisión RCM” (Anexo A), a través de una secuencia lógica de análisis se obtiene el listado de las tareas de mantenimiento a desarrollar. Para cada fallo de función establecido en la Hoja de Información, se recorre el diagrama de decisión desde la parte superior izquierda hacia la parte derecha y hacia abajo respondiendo a las preguntas planteadas en dicho diagrama (Moubray, 1997).

Las actividades o tareas de mantenimiento según RCM pueden ser:

- Tareas Proactivas (preventivas), que corresponden a una estrategia de prevención de fallas:
  - ✓ Sustitución y Reacondicionamiento Cíclico (Time Based Maintenance).
  - ✓ Condicionales o Predictivas (Conditional Based Maintenance).
- Acciones a falta de una tarea proactiva efectiva, que corresponden a una estrategia de acción contra la falla:

- ✓ Búsqueda de fallas ocultas.
- ✓ Rediseño.
- ✓ Mantenimiento a rotura o avería.

Como resultado de este análisis se elabora la “Hoja de Decisión” (Ver en Anexos), en la cual para cada modo de falla se define la actividad de mantenimiento correspondiente.

Finalmente se establece el “Plan de Mantenimiento” (Ver anexo FF) resultante de la aplicación del método, en un formato lo más simple posible, donde se especifica el listado de tareas de mantenimiento, su frecuencia de implementación y frecuencia estimada de ejecución.

Todos los documentos mencionados precedentemente se encuentran en los anexos para facilitar su análisis.

#### **4.7.1 Desarrollo en hoja de trabajo y hoja de decisión RCM.**

Para la ejecución de este análisis en los equipos que componen máquina de diálisis modelo 4008s, se tomaron como referencia los sistemas que se verifican en el test inicial del equipo. (Ver fig. 11)



Fig. 10. Hoja de trabajo RCM sistema Bypass.

HOJA DE TRABAJO RCM							
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS		equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica	
SUBSISTEMA		BYPASS		Aprobado por:		Fecha de realización	
C.F.	FUNCION	C.F.F	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)	
1	Comprobación de las funciones siguientes: - relé calefactor - bypass (eléctrico) - control de conmutación del rango de temperatura	1A	F 01 Bypass	1A1	Relé calefactor desconectado	- Confirmación (H_REL_W, X639/A12) → X632/A10 no 0V.	
		1B	F 02 Bypass	1B1	Relé calefactor no puede ser desconectado por CPU2	- Confirmación (H_REL_W, X639/A12) → X632/A10 no 12V. - Línea de control (EM_H_OFF, X632/A9) → X639/A17 no 12V.	
		1C	F 03 Bypass	1C1	Rango de medición de temperatura está en lavado caliente	- Línea de control (HOTRINSE, X634R/C24) → X639/A20 no 0V. - Confirmación (HOTRINSE, X634R/C24) → X632/A26 no 0V.	
		1D	F 04 Bypass	1D1	La función bypass extendida no puede ser conmutado correctamente por CPU2 (V24 = Off, V26 = En, V24B = Off).	- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no 0V. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no 24V. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no 0V.	
		1E	F 05 Bypass	1E1	La función bypass extendida no puede ser desconectado correctamente por CPU2 (V24 = En, V26 = Off, V24B = En).	- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no 0V. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no 24V. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no 0V.	
		1F	F 06 Bypass	1F3	CPU1 no puede fijar el control de temperatura en lavado caliente.	- Línea de control (HOTRINSE, X634R/C24) → X639/A20 no 12V. - Confirmación (HOTRINSE, X634R/C24) → X632/A26 no 12V.	
		1G	F 07 Bypass	1G4	La función bypass extendida no puede ser conmutado correctamente por CPU1 (V24 = Off, V26 = En, V24B = Off).	- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no 24V. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no 0V. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no 24V.	
		1H	F 08 Bypass	1H5	CPU1 no puede reponer el control de temperatura a diálisis.	- Línea de control (HOTRINSE, X634R/C24) → X639/A20 no 0V. - Confirmación (HOTRINSE, X634R/C24) → X632/A26 no 0V.	
		1I	F 09 Bypass	1I6	La función bypass extendida no puede ser desconectado correctamente por CPU1 (V24 = En, V26 = Off, V24B = En).	- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no 0V. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no 24V. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no 0V.	

Fuente: Norma SAE JA 1012.

La Figura 13 muestra la Hoja de Decisión, obtenida a partir del empleo del Diagrama de Decisión, que define la actividad de mantenimiento para cada modo de falla.

Fig. 11. Hoja de decisión.

HOJA DE DECISIÓN															
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS						equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017	
SUBSISTEMA		BYPASS						Aprobado por:		fecha de aprobación					
Ref.	Evaluación de consecuencia			Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
														F	FF
1	A	1	S	N	N	S	S				a condición	Realizar soplado y limpieza a fuente de alimentación y realizar mediciones de voltajes	6 meses	Técnico	
1	B	1	S	N	N	S	S				a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico, verificar el voltaje.	3 meses	Técnico	
1	C	1	S	N	N	S	S				a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico, medir voltaje de fuente	3 meses	Técnico	
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S		Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero	
1	E	1	S	N	N	S	N				Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero	
1	F	1	S	N	N	S	N				a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico	3 meses	Técnico	
1	G	1	S	N	N	S	N	N	S		Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero	
1	H	1	S	N	N	S	N				a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico y verificado los LEDs de estado	3 meses	Técnico	
1	I	1	S	N	N	S	N				Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero	

Fuente: Norma SAE JA 1012.

Dicho desarrollo se consigna en los anexos de este documento para facilitar la lectura y análisis.

#### 4.7.2 Análisis plan de mantenimiento propuesto.

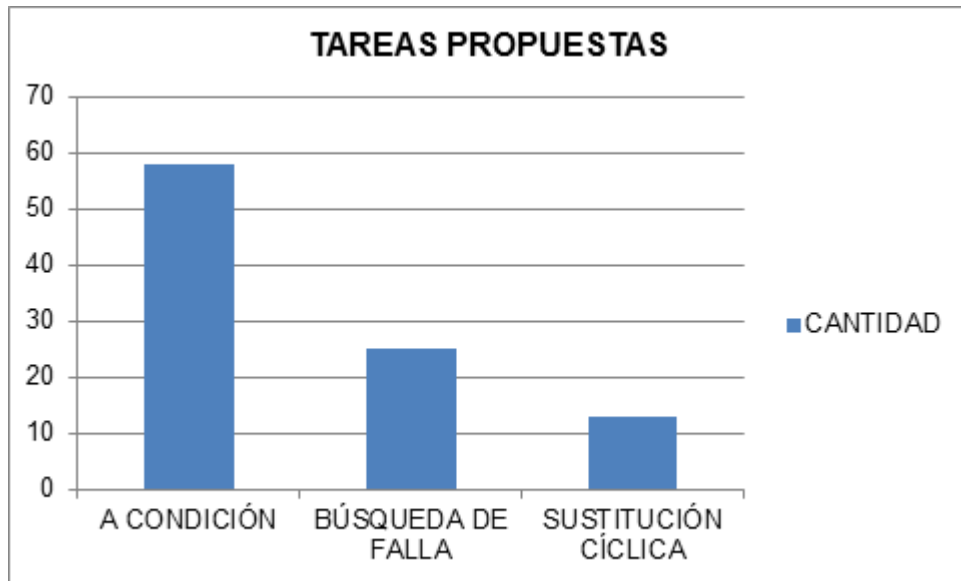
Tomando como base el desarrollo realizado en las hojas de decisión de los diferentes sistemas y subsistemas se obtuvo el tipo de tareas propuestas, especificadas en la tabla 1

Tabla 1. Tareas propuestas en plan de mantenimiento

TIPO DE TAREAS PROPUESTAS	CANTIDAD	PORCENTAJE
A CONDICIÓN	58	60%
BÚSQUEDA DE FALLA	25	26%
SUSTITUCIÓN CÍCLICA	13	14 %
TOTAL	96	

Fuente: Del autor.

Tabla 2. Tareas propuestas en plan de mantenimiento.



Fuente: Del autor.

## 5. CONCLUSIONES

- Se logró aplicar la metodología RCM en los equipos de diálisis modelo 4008s de la empresa Fresenius Medical de la unidad renal ubicada en la ciudad de Tunja la cual arrojó resultados positivos para el desempeño de los equipos de diálisis.
- Por medio del análisis de modos y efectos de fallas se logró identificar los malos actores que estaban afectando la confiabilidad de la máquina.
- Gracias a los resultados del análisis del RCM se modificaron los planes de mantenimiento para la máquina de diálisis, el cual fue más efectivo y se centró en mantener la función de los equipos que componen la máquina.
- Se realizaron rutinas de mantenimiento gracias a la técnica diagrama lógico de RCM y se logró realizar las listas de chequeo de mantenimiento preventivo con los intervalos de mantenimiento adecuados.
- Con el desarrollo de esta propuesta basada en el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM el departamento logró mejorar el desempeño de los equipos, además de generar un conocimiento más técnico por parte del personal de mantenimiento al momento de intervenir las máquinas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

ALADON LTDA. Mantenimiento Planificado. Recuperado el 24 de julio de 2016, [http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos\\_rcm\\_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf)

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Norma Española UNE EN 13306. Madrid, España: AENOR. 2011.

CABRERA, Octavio. Confiabilidad y análisis estadístico para la predicción de fallas, seguridad, riesgo, costo y garantía de los equipos. Recuperado el 11 de septiembre de 2016, de <https://gestionmantenimientomentefactusupq.wikispaces.com/file/view/Weibull.pptx>

ELSEVIER. Application of RCM to a medium scale industry. Editorial Elsevier. Reliability engineering and system safety. p. 13.

GIL, Isaac. Recuperado el 11 de Septiembre de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/52058609/Distribucion-de-Weibull>.

MARKS, John. Combining TPM and reliability focused maintenance RCM, reliability centered maintenance, electric maintenance and repair. Journal of mechanical engineering. Volumen 211. USA: 1997.

MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Medellín: Coldi LTDA. 2012.

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Asheville, North Carolina: Aladon LLC. 2004.

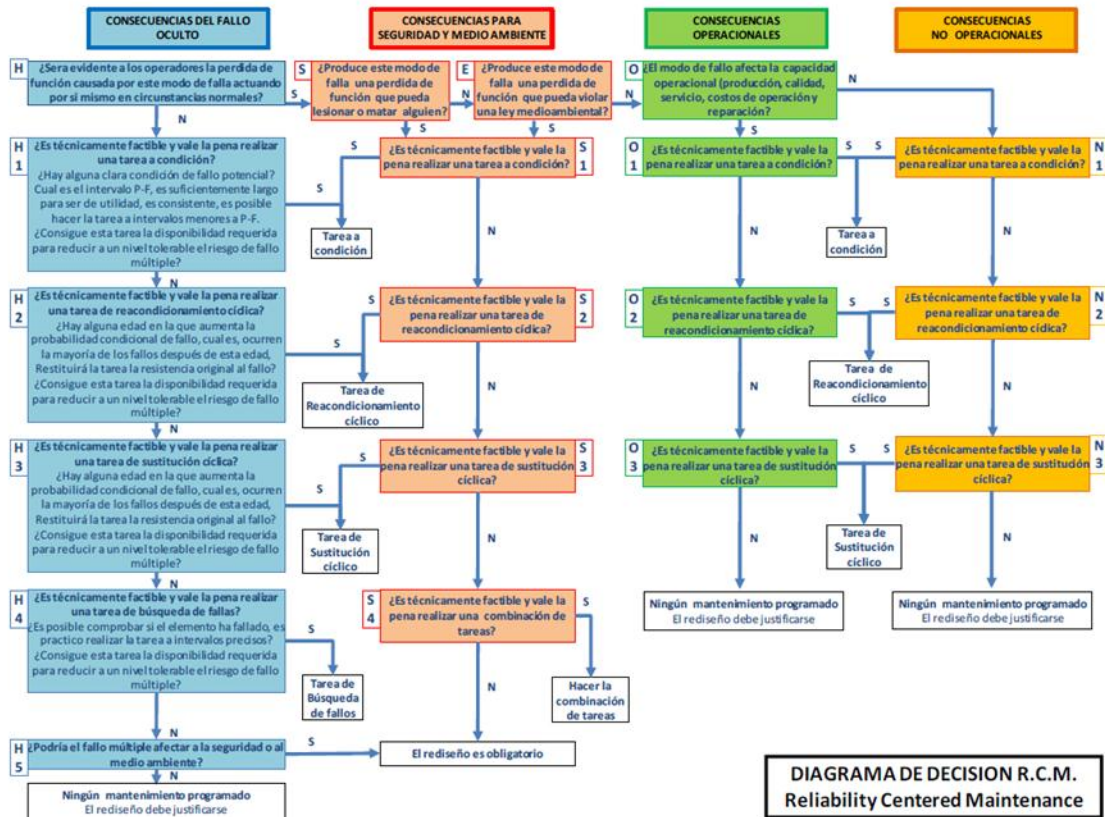
REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la Lengua Española. Madrid: España. 2014.

SACMI IMOLA. Compression Technology for plastic closures. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de [http://www.sacmi.com/System/00/01/30/13001/ed\\_enUS/Depliant%20ClosuresEnCinRus.pdf](http://www.sacmi.com/System/00/01/30/13001/ed_enUS/Depliant%20ClosuresEnCinRus.pdf)

SAE INTERNATIONAL. Practicas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie. Recuperado el 05 de mayo de 2016, de SAE JA1012: [http://standards.sae.org/ja1012\\_200201/](http://standards.sae.org/ja1012_200201/)

# ANEXOS

Anexo A. Diagrama de decisión RCM.



Fuente: Norma SAE JA 1012.

## Anexo B. Hoja de Trabajo Bypass.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		BYPASS			Aprobado por:				Fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION	C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA				EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)	
1	Comprobación de las funciones siguientes: - relé calefactor - bypass (eléctrico) - control de conmutación del rango de temperatura	1A	F 01 Bypass	1A1	Relé calefactor desconectado				- Confirmación (H_REL_W, X639/A12) → X632/A10 no OV.	
		1B	F 02 Bypass	1B1	Relé calefactor no puede ser desconectado por CPU2				- Confirmación (H_REL_W, X639/A12) → X632/A10 no 12V. - Línea de control (EM_H_OFF, X632/A9) → X639/A17 no 12V.	
		1C	F 03 Bypass	1C1	Rango de medición de temperatura está en lavado caliente				- Línea de control (HOTRINSE, X634R/C24) → X639/A20 no OV. - Confirmación (HOTRINSE, X634R/C24) → X632/A26 no OV.	
		1D	F 04 Bypass	1D1	La función bypass extendida no puede ser conmutado correctamente por CPU2 (V24 = Off, V26 = En, V24B = Off).				- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no OV. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no 24V. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no OV.	
		1E	F 05 Bypass	1E1	La función bypass extendida no puede ser desconectado correctamente por CPU2 (V24 = En, V26 = Off, V24B = En).				- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no OV. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no 24V. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no OV.	
		1F	F 06 Bypass	1F3	CPU1 no puede fijar el control de temperatura en lavado caliente.				- Línea de control (HOTRINSE, X634R/C24) → X639/A20 no 12V. - Confirmación (HOTRINSE, X634R/C24) → X632/A26 no 12V.	
		1G	F 07 Bypass	1G4	La función bypass extendida no puede ser conmutado correctamente por CPU1 (V24 = Off, V26 = En, V24B = Off).				- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no 24V. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no OV. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no 24V.	
		1H	F 08 Bypass	1H5	CPU1 no puede reponer el control de temperatura a diálisis.				- Línea de control (HOTRINSE, X634R/C24) → X639/A20 no OV. - Confirmación (HOTRINSE, X634R/C24) → X632/A26 no OV.	
		1I	F 09 Bypass	1I6	La función bypass extendida no puede ser desconectado correctamente por CPU1 (V24 = En, V26 = Off, V24B = En).				- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no OV. - Confirmación (V26, X637/C2) → X632/A6 no 24V. - Confirmación (V24B, X637/C23) → X632/A5 no OV.	

## Anexo C. Hoja de decisión Bypass

HOJA DE DECISION																	
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017						
SUBSISTEMA		BYPASS			Aprobado por:				Fecha de aprobación								
Ref. información	Evaluación de consecuencia					Decisión				TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE				
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2					H3 S3	H4	H5	S4
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Realizar soplado y limpieza a fuente de alimentación y realizar mediciones de voltajes	6 meses	Técnico
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico, verificar el voltaje.	3 meses	Técnico
1	C	1	S	N	N	S	S							a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico, medir voltaje de fuente	3 meses	Técnico
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero
1	E	1	S	N	N	S	N							Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero
1	F	1	S	N	N	S	N							a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico	3 meses	Técnico
1	G	1	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero
1	H	1	S	N	N	S	N							a condición	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico y verificados los LEDs de estado	3 meses	Técnico
1	I	1	S	N	N	S	N							Sustitución	Verificar que la impedancia se encuentre entre 59 ohm < R < 130 ohm; cuerpo sin rajaduras, deterioro por fuerte sulfatación u oxidación: en caso contrario reemplaza	16.000 horas	Ingeniero

### Anexo D. Hoja de trabajo detector óptico.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		DETECTOR OPTICO			Aprobado por:				fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION	C.F.F	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)		
1	Atenuación del detector óptico y Comprobación del reconocimiento del detector óptico.	1A	F01 Detect. Óptico	1A1	El detector óptico es visto de forma diferente por CPU1 y CPU2.			- Confirmación (OD_OUT, X633L/C7) → X632/A30 y entrada digital en la placa LP633 miden niveles distintos.		
		1B	F02 Detect. Óptico	1B1	CPU2 no reconoce sangre en el sistema.			- Confirmación (OD_OUT, X633L/C7) → X632/A30 no 0V. - Desajuste (LDSA, X632/C16) → X351/10 no 12V.		
		1C	F03 Detect. Óptico	1C1	CPU1 no reconoce sangre en el sistema.			- Confirmación (OD_OUT, X633L/C7) → entrada digital en la LP633. - Desajuste (LDSA, X632/C16) → X351/10 no 12V.		

### Anexo E. Hoja de decisión detector óptico.

HOJA DE DECISION																	
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS					equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017			
SUBSISTEMA		DETECTOR OPTICO					Aprobado por:					fecha de aprobación					
Ref. información	F	FF	MF	Evaluación de consecuencia			Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
				H	S	E	O	H1	H2	H3	S1	S2					S3
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Desmontar modulo venoso, soplado y limpieza con limpiador electrónico a tarjeta de control, verificar cable de conexión del detector óptico.	12 meses	Ingeniero
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar conector del modulo venoso y aplicar limpiador electrónico	12 meses	Ingeniero
1	C	1	N				N	N	N	S				Búsqueda de falla	Verificar antes de iniciar test que el detector este limpio y no le este dando luz directa	diario	Usuario

### Anexo F. Hoja de trabajo circuito sanguíneo.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		CIRCUITO DE SANGRE			Aprobado por:				fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION	C.F.F	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)		
1	Comprobación de las funciones siguientes: - Confirmación de la alarma de sangre - Desconexión de la bomba de sangre	1A	F09 Circuito sang.	1A1	Confirmación CPU2 detecta bomba de sangre arterial inactiva (BS está parada).			- Confirmación (BPSB_ART, X348a/6) → X632/A11 no 12V. - Línea de control (BPSST_A, X634L/B14) → X348a/1 no 12V o (BPST_ART, X634L/A14) → X348a/3 no 12V.		
		1B	F10 Circuito sang.	1B1	Confirmación CPU1 detecta bomba de sangre arterial inactiva (BS está parada).			- Confirmación (BPSB_ART, X348a/6) → X633L/A11 no 12V. - Línea de control (BPSST_A, X634L/B14) → X348a/1 no 12V o (BPST_ART, X634L/A14) → X348a/3 no 12V.		
		1C	F11 Circuito sang.	1C1	La bomba de sangre arterial no puede ser parada por CPU1. CPU2 detecta que la bomba de sangre arterial permanece activa.			- Línea de control (BPSST_A, X634L/B14) → X348a/1 no 0V y (BPST_ART, X634L/A14) → X348a/3 no 0V. - Confirmación (BPSB_ART, X348a/6) → X632L/A11 no 0V.		
		1D	F12 Circuito sang.	1D1	La bomba de sangre arterial no puede ser parada por CPU1. CPU1 detecta que la bomba de sangre arterial permanece activa.			- Línea de control (BPSST_A, X634L/B14) → X348a/1 no 0V y (BPST_ART, X634L/A14) → X348a/3 no 0V. - Confirmación (BPSB_ART, X348a/6) → X633L/A11 no 0V.		

## Anexo G. Hoja de decisión circuito sanguíneo.

HOJA DE DECISIÓN																
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS					equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización				
SUBSISTEMA		CIRCUITO DE SANGRE					Aprobado por:			fecha de aprobación		15/04/2017				
Ref. información		Evaluación de consecuencia			Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 N1	H2 S2 N2	H3 S3 N3	H4					H5	S4
1	A	1	N	N	N	S	N	N	S				Búsqueda de fallos	Verificar que la rolle tenga los imanes	Trimestral	Técnico
1	B	1	N	N	N	S	N	N	S				Búsqueda de fallos	Verificar el estado de los rodillos de la bomba.	Trimestral	Técnico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Sustitución	Cambiar el stepper motor bomba arterial, Verificar que la actualización a 4 polos este cumplida	15.000 horas	Ingeniero
1	D	1	S	N	N	S	S						a condición	Desmontar modulo arterial y verificar que el conector de stepper motor no este sulfatado o defectuoso, aplicar limpiador electrónico y limpiar con cepillo de cerdas suaves.	Trimestral	Técnico

## Anexo H. Hoja de trabajo presión venosa.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		PRESION VENOSA			Aprobado por:		fecha de aprobación			
C.F.	FUNCIÓN	C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)		
1	Comprobación del valor límite inferior mediante control del punto cero venoso. Mediante desajuste de la unidad de presión venosa en sentido positivo, se comprueba el valor límite superior. (Durante la ejecución del test, la pinza de cierre de la línea venosa estará cerrada.)	1A	F01 Venosa	1A1	CPU1 (placa de entrada) muestra una desviación del punto cero venoso mayor de ±12 mmHg (60 seg.).			-Control (VENT_V, X634R/C18) → X351/1 de la Válvula de ventilación en el detector de aire defectuoso. -Confirmación (P_VEN, X351/4) → X633L/B5 valor de tensión fuera de tolerancia del punto cero. -P venosa no calibrada.		
		1B	F02 Venosa	1B1	CPU2 muestra una desviación del punto cero venoso mayor de ±12 mmHg (60s).			-Control (VENT_V, X634R/C18) → X351/1 de la Válvula de ventilación en el detector de aire defectuoso. -Confirmación (P_VEN, X351/4) → X633L/C177 valor de tensión fuera de tolerancia del punto cero. -P venosa no calibrada.		
		1C	F03 Venosa	1C1	Con desajuste en sentido positivo, la variación de indicación venosa alcanzada es menor de 100 mmHg (7 seg.).			-Desajuste de test defectuoso (PV_DET, X632/C18) → X351/2. -Confirmación (P_VEN, X351/4) → X633L/B5 variación de tensión insuficiente. -P venosa no calibrada.		
		1D	F04 Venosa	1D1	La desviación del valor de medición entre CPU1 y CPU2 es mayor de ±12 mmHg (para Pven > 100 mmHg).			-Confirmación (P_VEN, X351/4) → X633L/B5 y X632/C17 miden valores de tensión diferentes. -P venosa no calibrada.		
		1E	F95 Venosa	1E1	Error de sistema			Error de sistema		

**Anexo I. Hoja de decisión presión venosa.**

HOJA DE DECISIÓN																
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS					equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017		
SUBSISTEMA		PRESION VENOSA					Aprobado por:			fecha de aprobación						
Ref. información		Evaluación de consecuencia			Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 N1	H2 S2 N2	H3 S3 N3	H4					H5	S4
1	A	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Verificar el punto cero en mmHg, (+-12mmHg) con presión al ambiente, de lo contrario calibrar	Semestral	Ingeniero
1	B	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Verificar el estado de la válvula de ventilación, que no este obstruida o con sangre, de ser necesario cambiarla.	Semestral	Ingeniero
1	C	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Verificar el estado de las mangueras presurizarlas para verificar que no existan fugas o perdida de presión	Semestral	Ingeniero
1	D	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Presurizar el sistema, aplicar 100mmhg, y verificar que la presión no se caiga por debajo de 12 mmHg.	Semestral	Ingeniero

## Anexo J. Hoja de trabajo detector de aire.

HOJA DE TRABAJO RCM						
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS		equipo de trabajo:	Ing. De Zona y Técnico de Clínica	Fecha de realización
SUBSISTEMA		DETECTOR DE AIRE		Aprobado por:		Fecha de aprobación
C.F.	FUNCION	C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)
1	- Test del detector de aire mediante comprobación del estado de alarma. - Desconexión de la pinza de dierre de la línea venosa en el módulo de detector de aire.	1A	F01 Detector aire	1A1	Señal de detector de aire se ve de forma distinta por CPU1 y CPU2.	- Confirmaciones (LDA1, X351/14) → X632/C13 y X633L/C10 reconocen diferentes niveles de señal.
		1B	F02 Detector aire	1B1	La alarma del detector de aire no es reconocida por CPU2.	- Confirmación (LDA1, X351/14) → X632/C13 no 0V. - Atenuación de emisión (LDSA, X632/C16) → X351/10 no 12V.
		1C	F03 Detector aire	1C1	Confirmación pinza detector de aire (CPU2) activada (pinza cerrada).	- Confirmación (LDA2, X351/6) → X632/C14 no 24V. - Control de pinza (CLP_CTL, X634L/C14) → X351/8 no 12V. - Control de pinza (CLP_CTL, X632/C10) → X351/8 no 12V.
		1D	F04 Detector aire	1D1	Confirmación pinza detector de aire (CPU1) activada (pinza cerrada).	- Confirmación (LDA2, X351/6) → X633L/C13 no 24V. - Control de pinza (CLP_CTL, X634L/C14) → X351/8 no 12V. - Control de pinza (CLP_CTL, X632/C10) → X351/8 no 12V.
		1E	F05 Detector aire	1E1	Señal de alarma de sangre no borrada (indica alarma).	- Confirmación (BL_AL, X634L/C15) → X632/C21 no 12V. Esta señal no se comprueba en la opción HDF (función especial).
		1F	F06 Detector aire	1F3	No es posible cerrar la pinza del detector de aire a través de la línea de control de la CPU2.	- Control de pinza (CLP_CTL, X632/C10) → X351/8 no 0V. - Confirmación (LDA2, X351/6) → X632/C14 no 0V.
		1G	F07 Detector aire	1G4	No es posible abrir la pinza del detector de aire a través de la línea de control de la CPU2.	- Control de pinza (CLP_CTL, X632/C10) → X351/8 no 12V. - Confirmación (LDA2, X351/6) → X632/C14 no 24V.
		1H	F08 Detector aire	1H5	No es posible cerrar la pinza del detector de aire a través de la línea de control de la CPU1 o confirmación CPU2 incorrecta.	- Control de pinza (CLP_CTL, X634L/C14) → X351/8 no 0V. - Confirmación (LDA2, X351/6) → X632/C14 no 0V.
		1I	F09 Detector aire	1I6	No es posible cerrar la pinza del detector de aire a través de la línea de control de la CPU1 o confirmación CPU1 incorrecta.	- Control de pinza (CLP_CTL, X634L/C14) → X351/8 no 0V. - Confirmación (LDA2, X351/6) → X632/C13 no 0V.
		1J	F10 Detector aire	1J7	Falta mensaje alarma de sangre.	- Confirmación (BL_AL, X634L/C15) → X632/C21 no 0V. Esta señal no se comprueba en la opción HDF (función especial).
		1K	F11 Detector aire	1K8	Confirmación pinza detector de aire (CPU2) activada (pinza cerrada).	- Confirmación (LDA2, X351/6) → X632/C14 no 24V. - Control de pinza (CLP_CTL, X634L/C14) → X351/8 no 12V. - Control de pinza (CLP_CTL, X632/C10) → X351/8 no 12V.
		1L	F12 Detector aire	1L9	Confirmación pinza detector de aire (CPU1) activada (pinza cerrada).	- Confirmación (LDA2, X351/6) → X633L/C13 no 24V. - Control de pinza (CLP_CTL, X634L/C14) → X351/8 no 12V. - Control de pinza (CLP_CTL, X632/C10) → X351/8 no 12V.
		1M	F13 Detector aire	1M10	Señal de alarma de sangre no borrada (indica alarma).	- Confirmación (BL_AL, X634L/C15) → X632/C21 no 12V. Esta señal no se comprueba en la opción HDF (función especial).

**Anexo K. Hoja de decisión detector de aire.**

HOJA DE DECISIÓN																
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS						equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	15/04/2017		
SUBSISTEMA		DETECTOR DE AIRE						Aprobado por:			fecha de aprobación					
Ref. información		Evaluación de consecuencia				Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 N1	H2 S2 N2	H3 S3 N3	H4	H5					S4
1	A	1	S	N	N	S	S						a condición	Revisar falsos conectores, aplicar limpiador electrónico y ajustar	6 meses	Ingeniero
1	B	1	S	N	N	S	S						a condición	Revisar estado del sensor ultrasónico, que no encuentre bien ajustado.	6 meses	Ingeniero
1	C	1	N				N	N	N	S			a búsqueda de falla	Desmontar modulo de aire, soplar y aplicar limpiador electrónico a tarjeta LP450	6 meses	Ingeniero
1	D	1	N				N	N	N	S			a búsqueda de falla	Desmontar sensor ultrasónico y verificar conexiones que no se encuentren sulfatadas	12 meses	Ingeniero
1	E	1	S	N	N	S	S						a condición	Soplar y aplicar limpiador electrónica tarjeta LP632	3 memes	Ingeniero
1	F	1	S	N	N	S	S						a condición	Verificar el estado de la pinza del detector de aire que se mueva libremente	diario	usuario
1	G	1	S	N	N	S	S						a condición	Soplar y aplicar limpiador electrónica tarjeta LP632	6 meses	técnico
1	H	1	S	N	N	S	S						a condición	Desmontar sensor ultrasónico y verificar conexiones que no se encuentren sulfatadas	12 meses	Ingeniero
1	I	1	S	N	N	S	S						a condición	Verificar antes de encender el equipo que la pinza se mueva libremente	diario	usuario
1	J	1	S	N	N	S	S						a condición	Desmontar tarjeta LP 634 soplar y aplicar limpiador electrónico	3 memes	técnico
1	K	1	S	N	N	S	S						a condición	Desmontar tarjeta LP 634 soplar y aplicar limpiador electrónico	12 meses	Ingeniero
1	L	1	S	N	N	S	S						a condición	Desmontar tarjeta LP 634 soplar y aplicar limpiador electrónico	12 meses	Ingeniero
1	M	1	S	N	N	S	S						a condición	Desmontar tarjeta LP 634 soplar y aplicar limpiador electrónico	12 meses	Ingeniero

### Anexo L. Hoja de trabajo pantalla.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		PANTALLA			Aprobado por:				fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION		C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)	
1	Comprobación de displays e indicadores en el frente del monitor - Test de pantalla - LED Estado - LED Alarma - Display de 7 segmentos todos apagados - Display de 7 segmentos todos 8888 - Gráfico de barras - Sonido de alarma CPU1/CPU2		1A	F01 Pantalla	1A1	La CPU1 no ha iniciado el test de pantalla en un espacio de tiempo de 5 seg.			- Falta información «Test iniciado» a través de la interface en serie.	
			1B	F02 Pantalla	1B1	La CPU1 no ha finalizado el test de pantalla en un espacio de tiempo de 120 seg.			- Falta información «Test finalizado» a través de la interface en serie.	

### Anexo M. Hoja de decisión pantalla.

HOJA DE DECISIÓN																	
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS					equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017			
SUBSISTEMA		PANTALLA					Aprobado por:					fecha de aprobación					
Ref. información		Evaluación de consecuencia					Decisión			Tareas "a falta de"		TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5					S4	
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Inspeccionar que el cable este conectado correctamente, limpiar con cepillo y aplicar limpiador electrónico	3 meses	técnico
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar conexiones y estado de cintas conectoras de pantalla	3 meses	técnico

### Anexo N. Hoja de trabajo arterial.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		ARTERIAL			Aprobado por:				fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION		C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)	
1	Test de la unidad de presión arterial mediante desajuste electrónico en sentido positivo o negativo.		1A	F01 Arterial	1A1	Con desajuste en sentido negativo, la variación de indicación arterial alcanzada es menor de 100 mmHg (2 seg.).			- Confirmación (P_ART, X348A/7) → X633L/B12 variación de tensión insuficiente. - Desajuste de test defectuoso (PA_DET, X632/A17) → X348A/9.	
			1B	F02 Arterial	1B1	Con desajuste en sentido positivo, la variación de indicación arterial alcanzada es menor de 100 mmHg (2 seg.).			- Confirmación (P_ART, X348A/7) → X633L/B12 variación de tensión insuficiente. - Desajuste de test defectuos (PA_DET, X632/A17) → X348A/9.	

### Anexo O. Hoja de decisión arterial.

HOJA DE DECISIÓN																	
SISTEMA	MAQUINA DE DIALISIS						equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	15/04/2017				
SUBSISTEMA	ARTERIAL						Aprobado por:			fecha de aprobación							
Ref. información	Evaluación de consecuencia						Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5					S4
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Revisar que no haya presión en las líneas durante el test, debido a cebado.	diario	usuario
1	B	1	N				N	N	N	S				Búsqueda de fallo	Aplicar 100 mmHg y verificar que la presión se mantenga por 10 Seg..	12 meses	Ingeniero

### Anexo P. Hoja de trabajo batería.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA	MAQUINA DE DIALISIS				equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA	BATERIA				Aprobado por:		fecha de aprobación			
C.F.	FUNCION			C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)
1	Comprobación de la tensión de la batería bajo carga.			1A	F01 Batería	1A1	La CPU1 no ha finalizado el test de batería en un espacio de tiempo de 5 seg.			- Falta información «Test finalizado» a través de la interface en serie.
				1B	F02 Batería	1B1	La carga de la batería no es suficiente para un funcionamiento de emergencia de 15 min (eventualmente no hay batería conectada).			- Tensión de batería (U_ACCU,...) → X633L/B21 ha bajado por debajo de 17,6 V. - Confirmación (U_ACCU,...) → X633L/B21 de la tensión de batería defectuosa.
				1C	F03 Batería	1C1	Circuito de test en la placa LP 639 defectuoso.			- Nivel de test incorrecto (TESTBATT, X634R/C23) → X639/A10 sin impulso 12V (100 mseg.)

### Anexo Q. Hoja de decisión batería.

HOJA DE DECISIÓN																	
SISTEMA	MAQUINA DE DIALISIS						equipo de trabajo:			Ing. Royert y Técnico de Clínica		Fecha de realización	15/04/2017				
SUBSISTEMA	BATERIA						Aprobado por:			fecha de aprobación							
Ref. información	Evaluación de consecuencia						Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5					S4
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Observar voltaje de batería en CALIBRACION (> 20 V ).	6 meses	Técnico
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar estado del fusible de la batería	3 meses	Técnico
1	C	1	S	N	N	S	S							a condición	Medir el voltaje de la batería (> 20 V )	12 meses	Técnico

## Anexo R. Hoja de trabajo fuga de sangre.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		FUGA DE SANGRE			Aprobado por:				fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION	C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)		
1	Comprobación del detector de fuga de sangre mediante reducción de la potencia del diodo emisor.	1A	F01 Fuga de sangre	1A1	Durante el test T1, el detector de fuga de sangre no está sin alarma.			- Confirmación (BLL, X637/A18) → X633L/B10 valor de tensión dentro del intervalo de alarma.		
		1B	F02 Fuga de sangre	1B1	No se detecta alarma fuga de sangre durante el desajuste del test.			- Confirmación (BLL, X637/A18) → X633L/B10 valor de tensión no dentro del intervalo de alarma. - Desajuste de test (BLL_DET, X632/A25) → X633L/B27 no 5V.		
		1C	F03 Fuga de sangre	1C1	Después del desajuste de test, el detector de fuga de sangre no vuelve a estar sin alarma.			- Confirmación (BLL, X637/A18) → X633L/B10 valor de tensión dentro del intervalo de alarma. - Desajuste de test (BLL_DET, X632/A25) → X633L/B27 no 0V.		

## Anexo S. Hoja de decisión fuga de sangre.

HOJA DE DECISIÓN																	
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS					equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017			
SUBSISTEMA		FUGA DE SANGRE					Aprobado por:					fecha de aprobación					
Ref. información	Evaluación de consecuencia					Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	H4					H5	S4
								S1	S2	S3							
								O1	O2	O3							
								N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar la conexión del Sensor de fuga de sangre, limpiar conector y limpiar la probeta.	12 meses	Ingeniero
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar que los voltajes del sensor BLD estén en 5 voltios, de lo contrario calibrar	6 meses	Ingeniero
1	C	1	S	N	N	S	S							a condición	Limpiar con una brocha suave tarjeta LP 630, soplar y aplicar limpiador electrónica, verificar que no se encuentren contactos sulfatados	6 meses	Ingeniero

## Anexo T. Hoja de trabajo temperatura.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		TEMPERATURA			Aprobado por:				fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION	C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)		
1	Comprobación del valor límite de alarma superior mediante desajuste electrónico de la indicación de temperatura en sentido positivo.	1A	F01 Temperatura	1A1	Intervalo de medición de temperatura no está en diálisis.			- Línea de control (HOTRINSE, X634R/C24) → X639/A20 no 0V. - Confirmación (HOTRINSE, X634R/C24) → X632/A26 no 0V.		
		1B	F02 Temperatura	1B1	Temperatura real inferior a 35,0 °C (tiempo de ejecución del test > 15 minutos).			- Ajustar temperatura. - Fallo de calefactor tubular. - Confirmación (T_DIAL1, X633L/B16) → X632/A24 tensión bloqueada.		
		1C	F03 Temperatura	1C1	Temperatura real superior a 39,0 °C (tiempo de ejecución del test > 15 minutos).			- Ajustar temperatura. - Fallo del sensor de regulación (NTC-2). - Confirmación (T_DIAL1, X633L/B16) → X632/A24 tensión bloqueada.		
		1D	F04 Temperatura	1D1	La temperatura no se ha estabilizado dentro de 15 minutos.			- Confirmación (T_DIAL1, X633L/B16) → X632/A24 cambia continuamente (variación > 0,3 °C/15 s).		
		1E	F05 Temperatura	1E1	Desajuste en sentido positivo no mayor de 3 °C (10 s).			- Confirmación (T_DIAL1, X633L/B16) → X632/A24 variación de tensión insuficiente. - Desajuste (T_DETADI, X632/A23) → X633R/C21 insuficiente.		
		1F	F06 Temperatura	1F3	Sensor monitor muestra valor constante.			- NTC-3 defectuoso.		
		1G	F07 Temperatura	1G4	Falta habilitación del test (tiempo de ejecución máximo del test 10 minutos).			- Problema de tiempo de ejecución (software).		

**Anexo U. Hoja de decisión temperatura.**

HOJA DE DECISIÓN																
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS						equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017	
SUBSISTEMA		TEMPERATURA						Aprobado por:			fecha de aprobación					
Ref. información		Evaluación de consecuencia				Decisión		Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 N1	H2 S2 N2	H3 S3 N3	H4					H5	S4
1	A	1	S	N	N	S	S						a condición	Realizar soplado y limpieza de tarjeta electrónica LP632	6 meses	Ingeniero
1	B	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Comprobar la temperatura nominal de 37 °C ± 0,5 °C con la ayuda de un instrumento de referencia conectado entre los conectores del dializador. Las posibles desviaciones serán corregidas mediante el programa de calibración.	6 meses	Ingeniero
1	C	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Verificar físicamente el estado del sensor de temperatura revisar que no existan fugas	6 meses	técnico
1	D	1	S	N	N	S	S						a condición	Verificar el estado del conector de sensor NTC2 que no se encuentre sulfatado, limpiar y aplicar limpiador electrónico	6 meses	Ingeniero
1	E	1	S	N	N	S	S						a condición	Soplar y aplicar limpiador electrónico a la tarjeta de conexión del sensor	6 meses	Ingeniero
1	F	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Verificación del estado del sensor NTC3, si presenta fugas cambiarlo	6 meses	Ingeniero
1	G	1	S	N	N	S	S						a condición	Desmontar, soplar y aplicar limpiador electrónico a tarjeta de control, verificar visualmente que no existan componentes electrónicos en mal estado.	6 meses	Ingeniero

## Anexo V. Hoja de trabajo presión negativa.

HOJA DE TRABAJO RCM						
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS		equipo de trabajo:	Ing. De Zona y Técnico de Clínica	
SUBSISTEMA		PRESION NEGATIVA		Aprobado por:	Fecha de realización fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION	C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA	
					EFFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)	
1	En un periodo de tiempo definido, el valor real del transductor de presión del líquido dializante sólo debe variar dentro de ciertos límites.	1A	F01 Presión neg.	1A1	Durante la fase de puesta en marcha, se ha producido una presión negativa mayor de 450 mmHg (tiempo de ejecución máximo del test 120 seg.).	- Sistema hidráulico contaminado. - Puesta en marcha de la bomba separadora de aire.
		1B	F02 Presión neg.	1B1	No se ha podido ajustar la presión del líquido dializante a la presión de test (-300 mmHg a -450 mmHg) (tiempo de ejecución máximo del test 120 seg.). Intervalo para la repetición de la medición ampliado a -260 mmHg a 490 mmHg.	- Fuga en el sistema hidráulico. - Bomba de UF defectuosa. - Si se había anulado el test del filtro HDF: desconectar filtro HDF.
		1C	F03 Presión neg.	1C1	No se puede ajustar correctamente el punto de trabajo (116 dígitos) del amplificador diferencial (tiempo de ejecución máximo del test 120 seg.).	- Oscilaciones de presión excesivas. - Convertidor DAC (IC11) en la placa LP 632 defectuoso. - Amplificador operacional (IC1/IC3) en la placa LP 632 defectuoso. - Confirmación (P_DIAL, X633L/B6) → X632/A29 defectuoso. - Falta señal CI (LP 633 → X632/B22).
		1D	F04 Presión neg.	1D1	No se ha podido finalizar la medición de presión (tiempo de ejecución máximo del test 120 seg.).	No se ha podido finalizar la medición de presión (tiempo de ejecución máximo del test 120 seg.).
		1E	F05 Presión neg.	1E1	Puesta en marcha de la bomba separadora de aire durante la fase de medición.	- Confirmación (ACKN_ASP, X634L/B10) → X632/A19 no 0V. - ASP interrumpida eléctricamente.
		1F	F06 Presión neg.	1F3	Test de mantenimiento de presión negativa no superado. La caída de presión del líquido dializante es mayor de ± 40 mmHg (referido a diez cambios de la cámara de balance).	- Fuga en el sistema hidráulico.
		1G	F07 Presión neg.	1G4	No se detectan pulsos de aumento de corriente (mín. 2x).	- Sin pulsos de 5V de la cámara de balance (CI, X634R/A23) → X632/B22.

**Anexo W. Hoja de decisión presión negativa.**

HOJA DE DECISIÓN																
SISTEMA	MAQUINA DE DIALISIS						equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica	Fecha de realización	15/04/2017				
SUBSISTEMA	PRESION NEGATIVA						Aprobado por:					fecha de aprobación				
Ref. información	Evaluación de consecuencia			Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE			
				H1 S1 N1	H2 S2 N2	H3 S3 N3	H4	H5	S4							
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						a condición	Inspeccionar visualmente el sensor de presión, verificar que no tenga fugas en sus mangueras de conexión, si es necesario instalar amarres para impedir la pérdida de presión.	12 meses	Ingeniero
1	B	1	S	N	N	S	S						a condición	Observar el valor de TPM, si esta fuera de rango calibrar	6 meses	Ingeniero
1	C	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Calibrar flujos, verificar estado de bombas de flujo y descalificadora	6 meses	Ingeniero
1	D	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Revisar válvulas de la cámara de balance, que no se encuentren sulfatadas u oxidadas.	12 meses	Ingeniero
1	E	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Realizar el cambio del kit de mantenimiento, donde incluye el segmento de la bomba separadora de aire, además de esto verificar el estado de los rodillos	12 meses	Ingeniero
1	F	1	S	N	N	S	N	N	S				Sustitución	Realizar el cambio del kit de mantenimiento	12 meses	Ingeniero
1	G	1	N				N	N	N	S			Búsqueda de falla	Verificar el estado de las válvulas de la cámara de balance que no existan fugas, ajustar mangueras con amarres plásticos	12	Ingeniero

## Anexo X. Hoja de trabajo presión positiva.

HOJA DE TRABAJO RCM						
SISTEMA	MAQUINA DE DIALISIS	equipo de trabajo:	Ing. De Zona y Técnico de Clínica	Fecha de realización		
SUBSISTEMA	PRESION POSITIVA	Aprobado por:		fecha de aprobación		
C.F.	FUNCION	C.F.F.	FALLA FUNCION	E.M.F.	MODDO DE FALLA	EFFECTOS DE LOS MODDO DE FALLA ( que pasa cuando falla)
1	Comprobación del funcionamiento (mecánico) de las válvulas V24, V24b y V26. Test de la unidad de presión PTM mediante desajuste electrónico en sentido positivo. Con el flujo del líquido dializante desconectado, se impulsa el sistema de balance con una presión positiva. El valor real del transductor de presión del líquido dializante se monitoriza durante un período de tiempo definido. Test del segmento de bomba de P97.	1A	F01 Presión pos.	1A1	El programa de llenado obligatorio de CPU1 no se ha finalizado (10 seg.).	-Válvula electromagnética V43 no cerrada.
		1B	F24 Presión pos.	1B1	F24 Presión pos.	- Confirmación (V24, X637/C1) → X632/A4 no 24 V.
		1C	F25 Presión pos.	1C1	Sin aumento de presión superior a 150 mmHg (variación de presión) tras la conmutación de válvula.	-Señales de control V24 intercambiadas con V24b. -Fuga en el sistema externo (tapa bypass, línea de líquido dializante etc.) -Si se había anulado el test del filtro HDF: desconectar el filtro HDF.
		1D	F26 Presión pos.	1D1	No se produce la compensación de presión después de abrir V43 (-125 mmHg a 55 mmHg).	-V24 trabada (mecánicamente abierta). -V43 no abre. -V26 pierde.
		1E	F02 Presión pos.	1E1	La presión de carga no se puede medir a través de la válvula electromagnética V26 en el sistema hidráulico (P-dial. < 600 mmHg, 15 seg.).	-Válvula electromagnética V26 mecánicamente no abierta -Válvula electromagnética V43 mecánicamente no cerrada. Para esta secuencia del test, la cámara de balance se pone en paso; V24, V24B y V43 están cerradas y V26 está abierta.
		1F	F03 Presión pos.	1F3	No se puede purgar el sistema hidráulico a través de la válvula electromagnética V43, punto cero de -125 a 55 mmHg no alcanzado (15 seg.).	-Válvula electromagnética V26 mecánicamente no cerrada -Válvula electromagnética V43 mecánicamente no abierta. -Punto cero no está en el intervalo -125 a 55 mmHg. Para esta secuencia del test, la cámara de balance se pone en paso; V24, V24B y V26 están cerradas y V43 está abierta.
		1G	F04 Presión pos.	1G4	No se puede ajustar el primer punto de trabajo (220 dígitos) del amplificador diferencial.	-Oscilaciones de presión excesivas. -Convertidor DAC (IC11) en la placa LP 632 defectuoso. -Amplificador operacional (IC1/IC3) en la placa LP 632 defectuoso. -Confirmación (P_DIAL, X633L/B6) → X632/A29 defectuosa.
		1H	F05 Presión pos.	1H5	Del desajuste de test resulta una variación del intervalo de medición mayor de 95 mmHg (60 seg.).	-Amplificador operacional (IC2) en la placa LP 632 defectuoso. -Confirmación (P_DIAL, X633L/B6) → X632/A29 variación de tensión excesiva. -Fallo desajuste (P_DETADJ, X632/C20) → X633R/C22. -Válvula de la cámara de balance V36 o V38 (válvula de agua usada) no estanca.
		1I	F06 Presión pos.	1I6	Del desajuste de test resulta una variación del intervalo de medición menor de 85 mmHg (60 seg.).	-Amplificador operacional (IC11) en la placa LP 632 defectuoso. -Confirmación (P_DIAL, X633L/B6) → X632/A29 variación de tensión insuficiente. -Fallo desajuste (P_DETADJ, X632/C20) → X633R/C22.
		1J	F07 Presión pos.	1J7	Tras el desajuste de test resulta una diferencia (dif. P > ± 9 mmHg) entre los amplificadores de pantalla y diferencial.	-Potenciómetro R23/R9 o amplificador operacional IC2 defectuoso. -Amplificador operacional IC1/IC3 defectuoso. -Válvula de la cámara de balance V36 o V38 (válvula de agua usada) pierde.
		1K	F08 Presión pos.	1K8	Del desajuste de test resulta una variación del intervalo de medición mayor de 400 mmHg (20 seg.).	-Amplificador operacional (IC2) en la placa LP 632 defectuoso. -Confirmación (P_DIAL, X633L/B6) → X632/A29 variación de tensión excesiva. -Fallo desajuste (P_DETADJ, X632/C20) → X633R/C22.
		1L	F09 Presión pos.	1L9	Del desajuste de test resulta una variación del intervalo de medición menor de 350 mmHg (20 seg.).	-Fallo del convertidor DAC (IC11) en la placa LP 632. -Confirmación (P_DIAL, X633L/B6) → X632/A29 variación de tensión insuficiente. -Fallo desajuste (P_DET ADJ, X632/C20) → X633R/C22.
		1M	F10 Presión pos.	1M10	El segundo punto de trabajo (116 dígitos) del amplificador operacional no puede ser ajustado correctamente.	-Convertidor DAC (IC11) en la placa LP 632 defectuoso. -Amplificador operacional (IC1/IC3) en la placa LP 632 defectuoso.
		1N	F11 Presión pos.	1N11	Cambio de la presión del líquido dializante después de cerrar la válvula electromagnética V43 (cambio de punto cero de ± 20 mmHg dentro de 15 seg.).	-Válvula electromagnética V24B no cerrada. -Válvula de la cámara de balance V36 o V38 (válvula de agua usada) pierde.
		1Ñ	F12 Presión pos.	1Ñ12	La presión de carga no puede ser medida a través de las válvulas electromagnéticas V24 y V24B en el sistema hidráulico (P dial. < 600 mmHg, 15 seg.).	-Válvula electromagnética V24 o V24B mecánicamente no abierta. Para esta secuencia del test, la cámara de balance se pone en paso; V43 y V26 están cerradas y V24 y V25B están abiertas.
		10	F13 Presión pos.	1013	No se puede purgar el sistema hidráulico a través de la válvula electromagnética V43 (P dial. desigual -125 a 55 mmHg, 20 seg.).	-Válvula electromagnética V24 no cerrada. -Válvula electromagnética V43 no abre eléctrica ni mecánicamente. Para esta secuencia del test, la cámara de balance se pone en paso; V24 y V26
		1P	F14 Presión pos.	1P14	Cambio del punto cero después de cerrar la válvula electromagnética V43 (20 seg.). Estándar: P dial. desigual -125 a 55 mmHg. Opción HDF: P dial. desigual -125 a 60 mmHg.	-Válvula electromagnética V24 no cerrada. Para esta secuencia del test, la cámara de balance se pone en paso; V24, V26 y V43 están cerradas y V24B está abierta.
		1Q	F15 Presión pos.	1Q15	La presión de carga es inferior a 780 mmHg ± 30 mmHg (10 seg.).	-Presión de carga insuficiente.
		1R	F16 Presión pos.	1R16	En la fase de puesta en marcha, la presión ha caído por debajo de 620 mmHg (tolerancia de medición: ± 30 mmHg, tiempo de ejecución máx. del test 120 seg.).	-Fuga importante en el sistema hidráulico. -Muelle de la bomba de UF defectuoso. -Presión de carga baja. -Bomba separadora de aire no ocuye. -Válvula de descarga pierde.
		1S	F17 Presión pos.	1S17	En la fase de puesta en marcha, no es posible reducir la presión del líquido dializante por debajo de 760 mmHg (tolerancia de medición: ± 30 mmHg, tiempo de ejecución del test 120 seg.).	-Presión de carga alta. -Fallo bomba de UF.
1T	F18 Presión pos.	1T18	El punto de trabajo (116 dígitos) del amplificador diferencial no puede ser ajustado correctamente (tiempo de ejecución del test 120 seg.).	-Oscilaciones de presión excesivas en el sistema.		
1U	F19 Presión pos.	1U19	No se ha podido finalizar la medición de presión (tiempo de ejecución máximo del test 120 seg.).	-Convertidor DAC (IC11) en la placa LP 632 defectuoso. -Amplificador operacional (IC1/IC3) en la placa LP 632 defectuoso. -Confirmación (P_DIAL, X633L/B6) → X632/A29 defectuoso.		
1V	F20 Presión pos.	1V20	Test de mantenimiento de presión positiva no superado. Durante la desconexión de flujo se detectó una caída de presión mayor de ± 80 mmHg/min. en el sistema hidráulico.	-Fuga en el sistema hidráulico. -Muelle de bomba de UF defectuoso. -Bomba separadora de aire no ocuye. -Válvula de descarga pierde.		

## Anexo Y. Hoja de decisión presión positiva.

HOJA DE DECISION																	
SISTEMA	MAQUINA DE DIALISIS						equipo de trabajo:	Ing. De Zona y Técnico de Clínica	Fecha de realización	15/04/2017							
SUBSISTEMA	PRESION POSITIVA						Aprobado por:	fecha de aprobación									
Ref. información	Evaluación de consecuencia						Decision			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5					S4
1 A	1			S	N	N	S								sustitución	16.000 horas	Ingeniero
1 B	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 C	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 D	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 E	1			N	N	N	S								sustitución	12 meses	Ingeniero
1 F	1			N			N	N	N	S					Búsqueda de falla	12 meses	Ingeniero
1 G	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 H	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 I	1			S	N	N	S								a condición	6 meses	Ingeniero
1 J	1			S	N	N	S								a condición	6 meses	Ingeniero
1 K	1			S	N	N	S								a condición	6 meses	Ingeniero
1 L	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 M	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 N	1			S	N	N	S								sustitución	24 meses	Ingeniero
1 Ñ	1			S	N	N	S								sustitución	18.000 horas	Ingeniero
1 O	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 P	1			N			N	N	N	S					Búsqueda de falla	6 meses	Ingeniero
1 Q	1			N			N	N	N	S					Búsqueda de falla	6 meses	Ingeniero
1 R	1			N	N	N	S								sustitución	12.000 horas	Ingeniero
1 S	1			N	N	N	S								Búsqueda de falla	12 meses	Ingeniero
1 T	1			N			N	N	N	S					Búsqueda de falla	6 meses	Ingeniero
1 U	1			S	N	N	S								a condición	12 meses	Ingeniero
1 V	1			N	N	N	S								Búsqueda de falla	12 meses	Ingeniero

## Anexo Z. Hoja de trabajo función UF.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		FUNCION UF			Aprobado por:				Fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION	C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)		
1	CPU 1 opera la bomba de UF con un caudal definido. CPU 2 controla la bomba de UF. CPU 2 bloquea la línea de control de la bomba de UF y controla la parada. Control del contador UF.	1A	F01 Función UF	1A1	El tiempo de reposo entre carreras de la bomba de UF1 fue menor de 220 mseg. Debido al retorno demasiado corto, no está asegurado un volumen correcto.			- CPU 1 ha emitido un caudal de bomba demasiado alto.		
		1B	F02 Función UF	1B1	El tiempo del pulso para la bomba de UF1 es inferior a 180 mseg. Debido al tiempo de expulsión demasiado corto, no está asegurado un volumen correcto.			- Flip-flop monoestable en la placa 634 defectuoso (IC42/R82/C47).		
		1C	F03 Función UF	1C1	El tiempo del pulso para la bomba de UF1 es superior a 500 mseg. No se puede conseguir un caudal máximo de 5000 ml/h.			- Flip-flop monoestable en la placa 634 defectuoso (IC42/R82/C47).		
		1D	F04 Función UF	1D1	Bomba de UF1 inactiva durante el test (5 seg.).			- Confirmación (UF_P1, X637/B23) → X632/A7 ausencia de pulsos BAJOS. - Línea de control (UF_P1, X634L/ABC23) → X637/B23 ausencia de pulsos BAJOS.		
		1E	F05 Función UF	1E1	CPU2 no puede parar la bomba de UF1.			- Línea de control (UF_P_EN, X632/C28) → X634R/A22 no 5 V. - Entrada de reseteo en IC42/pin 3 en la placa LP 634 defectuosa.		

## Anexo AA. Hoja de decisión UF.

HOJA DE DECISIÓN																	
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS					equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017			
SUBSISTEMA		FUNCION UF					Aprobado por:					fecha de aprobación					
Ref.	F	FF	MF	Evaluación de consecuencia			Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
				H	S	E	O	H1	H2	H3	S1	S2					S3
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar los pulsos de la bomba UF (60 pulsos = 60 ml)	12 meses	Ingeniero
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Desmontar soplar y aplicar limpiador electrónico a tarjeta electrónica LP 634, verificar estado del monofilo monoflop IC42/R82/C47	12 meses	Ingeniero
1	C	1	N				N	N	N	S				Búsqueda de falla	Soplar y limpiar contactos del conector de la bomba UF	12 meses	Ingeniero
1	D	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar el estado y limpieza de la tarjeta de control LP634 * Cambiar LP 634 (problemas con la entrada de reset en IC42/pin3).	12 meses	Ingeniero
1	E	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar el estado y limpieza de la tarjeta de control LP634 * Cambiar LP 634 (problemas con la entrada de reset en IC42/pin3).	12 meses	Ingeniero

## Anexo BB. Hoja de trabajo conductividad.

HOJA DE TRABAJO RCM										
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización	
SUBSISTEMA		CONDUCTIVIDAD			Aprobado por:				fecha de aprobación	
C.F.	FUNCION		C.F.F	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA			EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)	
1	Comprobación de los valores limite de alarma mediante desajuste electrónico de la conductividad en +5 % o -5%.		1A	F01 Conductividad	1A1	En un plazo de 10 minutos, la conductividad no esta dentro del intervalo de escala o bien no era estable ( $\pm 0,1$ mS/10 seg.).			- Concentrado no conectado. - Confirmación (COND_SIG, X633L/B8) → X632/A22 tensión del intervalo de medición bloqueada o cambia continuamente.	
			1B	F02 Conductividad	1B1	Desajuste en sentido positivo no mayor de 0,5 mS (10 seg.).			- Confirmación (COND_SIG, X633L/B8) → X632/A22 insuficiente. - Desajuste (COND_DET, X632/A21) → X633L/B31 insuficiente.	
			1C	F03 Conductividad	1C1	Desajuste en sentido negativo no mayor de 0,5 mS (10 seg.).			- Confirmación (COND_SIG, X633L/B8) → X632/A22 insuficiente. - Desajuste (COND_DET, X632/A21) → X633L/B31 insuficiente.	
			1D	F04 Conductividad	1D1	Celda de conductividad indica un valor constante			- Celda CD defectuosa.	
			1E	F05 Conductividad	1E1	En el espacio de tiempo de 3 seg. CPU 1 no ha transmitido ningún mensaje de estado del Bibag.			- Problema de tiempo de ejecución (software).	
			1F	F06 Conductividad	1F3	Desajuste CD Bibag no mayor de 1 mS/cm.			- Confirmación (COND_C108, X633R/A12) → MP TP3 en placa LP 633 variación de tensión insuficiente. - Desajuste (COND_DET, X632/A21) → X633L/B31 insuficiente.	
			1G	F07 Conductividad	1G4	Indicación CD Bibag fuera del intervalo de medición (46 – 84 mS/cm).			- Confirmación (COND_C108, X633R/C12) → MP TP3 en placa LP 633. - Conductividad no está dentro del intervalo de desajuste esperado debido a error del concentrado en el conector de bicarbonato o temperatura demasiado baja.	

## Anexo CC. Hoja de decisión conductividad.

HOJA DE DECISIÓN																	
SISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:		Ing. De Zona y Técnico de Clínica		Fecha de realización		15/04/2017						
SUBSISTEMA		CONDUCTIVIDAD			Aprobado por:				fecha de aprobación								
Ref. información	Evaluación de consecuencia			Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE				
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2					H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar la presión de trabajo de la bomba desgasificadora.	6 meses	Ingeniero
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar con el instrumento patrón que la conductividad se encuentre dentro de los valores establecidos	6 meses	Ingeniero
1	C	1	S	N	N	N	S							a condición	Verificar el valor de la temperatura.	6 meses	Ingeniero
1	D	1	S	N	N	N	S							a condición	Verificar el valor de la Celda de conductividad con el instrumento patrón	6 meses	Ingeniero
1	E	1	N				N	N	N	S				Búsqueda de falla	Chequeo funcional del estado de los leds de la tarjeta de control de CD	6 meses	Ingeniero
1	F	1	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución	Realizar el cambio del oring de la tapa de bibag incluido en el kit de mantenimiento	12 meses	Ingeniero
1	G	1	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución	cambio de válvula 100.	16.000 horas	Ingeniero

### Anexo DD. Hoja de trabajo diasafe.

SISTEMA		HOJA DE TRABAJO RCM										
SUBSISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica			Fecha de realización	
C.F. FUNCION		DIASAFE			Aprobado por:						fecha de aprobación	
		C.F.F.	FALLA FUNCION	C.M.F.	MODO DE FALLA				EFECTOS DE LOS MODO DE FALLA ( que pasa cuando falla)			
1	Comprobación de los filtros mediante test volumétrico de los capilares internos y test de mantenimiento de la presión.	1A	F02 Diasafe	1A1	CPU 1 no detiene la cámara de balance (24 seg.).				- Falta comunicación a través de la interface en serie de CPU 1 a CPU 2. - Falta pulso de aumento de corriente (CI, X634R/A23) → X633L/C31 sin impulso 5V.			
		1B	F04 Diasafe	1B1	CPU 1 no ha finalizado una conmutación de la cámara de balance en un espacio de tiempo de 20 seg. (¿menos de 30 ml de líquido extraídos?).				- Falta comunicación a través de la interface en serie de CPU 1 a CPU 2. - Falta pulso de aumento de corriente (CI, X634R/A23) → 633L/C31 sin impulso 5V.			
		1C	F06 Diasafe	1C1	Durante la fase de presurización se ha formado una presión negativa menor de -450 mmHg (24 seg.).				- Válvula del Diasafe sin abrir, línea de control (V_DSAFE, X632/B5) → X637/C16 no 0V.			
		1D	F07 Diasafe	1D1	Después de la extracción máxima de líquido de 145 ml + 30 ml, no se ha formado la presión negativa esperada de -300 mmHg a -450 mmHg.				- Falta de estanqueidad importante de la membrana del filtro Diasafe o de la carcasa del filtro. - Gran falta de estanqueidad de las juntas tóricas en la carcasa del filtro / conectores. - V26 no cerrada eléctrica o mecánicamente.			

### Anexo EE. Hoja de decisión diasafe.

SISTEMA		HOJA DE DECISIÓN															
SUBSISTEMA		MAQUINA DE DIALISIS			equipo de trabajo:			Ing. De Zona y Técnico de Clínica			Fecha de realización						
Ref. información		DIASAFE			Aprobado por:						15/04/2017						
F	FF	MF	H	S	E	O	Decisión			Tareas "a falta de"			TIPO DE DECISION	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
			S1	S2	S3	H4	H5	S4									
1	A	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar el estado y comunicación entre CPU1 y CPU2	12 meses	Ingeniero
1	B	1	S	N	N	S	S							a condición	Verificar el pulso de voltaje (633L/C31 sin impulso 5V.)	6 meses	Ingeniero
1	C	1	S	N	N	S	S							a condición	Energizar la válvula del Diasafe y verificar que este con el voltaje (5V)	6 meses	Ingeniero
1	D	1	S	N	N	S	S							a condición	Presurizar el filtro y medir la pérdida de presión con el equipo patrón	12 meses	Ingeniero

## Anexo FF. Frecuencias y tareas de mantenimiento según RCM.

PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO PARA MAQUINA 4008S		RESPONSABLE	FRECUENCIA		
			3 MESES	6 MESES	12 MESES
SISTEMA BYPASS	Realizar soplado y limpieza a fuente de alimentación y realizar mediciones de voltajes	Técnico			
	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico, verificar el voltaje.	Técnico			
	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico, medir voltaje de fuente	Técnico			
	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico	Técnico			
	Realizar soplado y limpieza a panel de control electrónico y verificados los LEDs de estado	Técnico			
DETECTOR OPTICO	Desmontar modulo venoso, soplado y limpieza con limpiador electrónico a tarjeta de control, verificar cable de conexión del detector óptico.	Ingeniero			
	Verificar conector del modulo venoso y aplicar limpiador electrónico	Ingeniero			
CIRCUITO DE SANGRE	Verificar que la rolle tenga los imanes	Técnico			
	Verificar el estado de los rodillos de la bomba.	Técnico			
	Desmontar modulo arterial y verificar que el conector de stepper motor no este sulfatado o defectuoso, aplicar limpiador electrónico y limpiar con cepillo de cerdas suaves.	Técnico			
PRESION VENOSA	Verificar el punto cero en mmHg, (+-12mmHg)con presión al ambiente, de lo contrario calibrar	Ingeniero			
	Verificar el estado de la válvula de ventilación, que no este obstruida o con sangre, de ser necesario cambiarla.	Ingeniero			
	Verificar el estado de las mangueras presurizarlas para verificar que no existan fugas o perdida de presión	Ingeniero			
DETECTOR DE AIRE	Presurizar el sistema, aplicar 100mmhg, y verificar que la presión no se caiga por debajo de 12 mmHg.	Ingeniero			
	Revisar falsos conectores, aplicar limpiador electrónico y ajustar	Ingeniero			
	Revisar estado del sensor ultrasónico, que no encuentre bien ajustado.	Ingeniero			
	Desmontar modulo de aire, soplar y aplicar limpiador electrónico a tarjeta LP450	Ingeniero			
	Desmontar sensor ultrasónico y verificar conexiones que no se encuentren sulfatadas	Ingeniero			
	Soplar y aplicar limpiador electrónica tarjeta LP632	Ingeniero			
	Soplar y aplicar limpiador electrónica tarjeta LP632	técnico			
	Desmontar sensor ultrasónico y verificar conexiones que no se encuentren sulfatadas	Ingeniero			
	Desmontar tarjeta LP 634 soplar y aplicar limpiador electrónico	técnico			
	Desmontar tarjeta LP 634 soplar y aplicar limpiador electrónico	Ingeniero			
PANTALLA	Inspeccionar que el cable este conectado correctamente, limpiar con cepillo y aplicar limpiador electrónico	técnico			
	Verificar conexiones y estado de cintas conectoras de pantalla	técnico			
ARTERIAL	Aplicar 100 mmHg y verificar que la presión se mantenga por 10 Seg..	Ingeniero			
BATERIA	Observar voltaje de batería en CALIBRACION ( > 20V ).	Técnico			
	Verificar estado del fusible de la batería	Técnico			
	Medir el voltaje de la batería ( > 20 V )	Técnico			
FUGA DE SANGRE	Verificar la conexión del Sensor de fuga de sangre, limpiar conector y limpiar la probeta.	Ingeniero			
	Verificar que los voltajes del sensor BLD estén en 5 voltios, de lo contrario calibrar	Ingeniero			
	Limpieza con una brocha suave tarjeta LP 630, soplar y aplicar limpiador electrónica, verificar que no se encuentren contactos sulfatados	Ingeniero			
TEMPERATURA	Realizar soplado y limpieza de tarjeta electrónica LP632	Ingeniero			
	Comprobar la temperatura nominal de 37 °C ± 0,5 °C con la ayuda de un instrumento de referencia conectado entre los conectores del dializador. Las posibles desviaciones serán corregidas mediante el programa de calibración.	Ingeniero			
	Verificar físicamente el estado del sensor de temperatura revisar que no existan fugas	técnico			
	Verificar el estado del conector de sensor NTC2 que no se encuentre sulfatado, limpiar y aplicar limpiador electrónico	Ingeniero			
	Soplar y aplicar limpiador electrónico a la tarjeta de conexión del sensor	Ingeniero			
	Verificación del estado del sensor NTC3, si presenta fugas cambiarlo	Ingeniero			
	Desmontar, soplar y aplicar limpiador electrónico a tarjeta de control, verificar visualmente que no existan componentes electrónicos en mal estado.	Ingeniero			
PRESION NEGATIVA	Inspeccionar visualmente el sensor de presión, verificar que no tenga fugas en sus mangueras de conexión, si es necesario instalar amarres para impedir la pérdida de presión.	Ingeniero			
	Observar el valor de TPM, si esta fuera de rango calibrar	Ingeniero			
	Calibrar flujos, verificar estado de bombas de flujo y descalcificadora	Ingeniero			
	Revisar válvulas de la cámara de balance, que no se encuentren sulfatadas u oxidadas.	Ingeniero			
	Realizar el cambio del kit de mantenimiento, donde incluye el segmento de la bomba separadora de aire, además de esto verificar el estado de los rodillos	Ingeniero			
PRESION POSITIVA	Realizar el cambio del kit de mantenimiento	Ingeniero			
	Verificar el estado de las válvulas de la cámara de balance que no existan fugas, ajustar mangueras con amarres plásticos	Ingeniero			
	Verificar y medir el estado del cable que conecta las válvulas, verificar que los conectores no estén sulfatados.	Ingeniero			
	Inspeccionar visualmente el estado de los conectores de las V24 y V24b	Ingeniero			
	Verificar la impedancia de las válvulas, V24, V43 y V26, que se encuentre entre 59 ohm, su cuerpo sin rajaduras, deterioro o fuerte sulfatación u oxidación. En caso necesario cambiar.	Ingeniero			
	Desmontar e inspeccionar el estado mecánico de la válvula 26, si es necesario cambiarla	Ingeniero			
	Desmontar tarjeta LP632. soplar y aplicar limpiador electrónico, verificar el estado de los componentes electrónicos	Ingeniero			
	Verificar el estado de los componentes electrónicos de la tarjeta LP 632, Amplificador operacional C2	Ingeniero			
	Revisar que no existan fugas a la salida de la bomba de flujo o en Válvulas , V36 o V38	Ingeniero			
	Soplar y limpiar tarjeta electrónica LP632 * Amplificador operacional IC1/IC3 de LP 632 defectuoso.	Ingeniero			
	Soplar y limpiar tarjeta electrónica LP632 * Amplificador operacional IC1/IC3 de LP 632 defectuoso.	Ingeniero			
	Revisar que no existan fugas en bomba separadora de aire, ajustar mangueras con correa plástica	Ingeniero			
	Soplar y limpiar tarjeta electrónica LP632 * Amplificador operacional IC1/IC3 de LP 632 defectuoso.	Ingeniero			
	Cambiar la V84	Ingeniero			
	Cambiar motor desgaseificados	Ingeniero			
	Inspeccionar que no existan fugas a la entrada o salida del intercambiador de calor, ajustar las mangueras de conexión con corra plástica	Ingeniero			
	Verificar la presión de PTM, debe estar en 0 al ambiente que no sea mayor a 10 mmHg, se lo contrario calibrar	Ingeniero			
Verificar la presión de carga, (1.45 Bar) de lo contrario calibrar con el regulador	Ingeniero				
Cambiar los resortes de la bomba de ultrafiltración .	Ingeniero				
Verificar que la bomba descalcificadora gire libremente	Ingeniero				
Verificar la presión de carga, (1.45 Bar) de lo contrario calibrar con el regulador	Ingeniero				
Desmontar, soplar y limpiar la LP632, verificar que no tenga componentes electrónicos defectuosos	Ingeniero				
Verificar que no existan fugas en el sistema hidráulico, inspecciones estado de mangueras y abrazaderas.	Ingeniero				

FUNCION UF	Verificar los pulsos de la bomba UF (60 pulsos = 60 ml)	Ingeniero			
	Desmontar soplar y aplicar limpiador electrónico a tarjeta electrónica LP 634, verificar estado del monoflop monoflop IC42/R82/C47	Ingeniero			
	Soplar y limpiar contactos del conector de la bomba UF	Ingeniero			
	Verificar el estado y limpieza de la tarjeta de control LP634 * Cambiar LP 634 (problemas con la entrada de reset en IC42/pin3).	Ingeniero			
CONDUCTIVIDAD	Verificar la presión de trabajo de la bomba descalcificadora.	Ingeniero			
	Verificar con el instrumento patron que la conductividad se encuentre dentro de los valores establecidos	Ingeniero			
	Verificar el valor de la temperatura.	Ingeniero			
	Verificar el valor de la Celda de conductividad con el instrumento patron	Ingeniero			
	Chequeo funcional del estado de los leds de la tarjeta de control de CD	Ingeniero			
DIASAFE	Realizar el cambio del oring de la tapa de bibag incluido en el kit de mantenimiento	Ingeniero			
	Verificar el estado y comunicación entre CPU1 y CPU2	Ingeniero			
	Verificar el pulso de voltaje (633L/C31 sin pulso 5 V.)	Ingeniero			
	Energizar la válvula del Diasfe y verificar que este con el voltaje (5V)	Ingeniero			
	Presurizar el filtro y medir la pérdida de presión con el equipo patron	Ingeniero			

**Anexo GG. Lista de chequeo para mantenimiento preventivo máquina de hemodiálisis 4008 según RCM.**

LISTA DE CHEQUEO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAQUINAS DE HEMODIÁLISIS SERIE 4008 SEGÚN RCM					
No.	Descripción	Condición Operación	Corregido	Valor Medido	□
<b>1 Inspección Visual</b>					
1.1	Fusibles exteriores cumplen con los valores indicados	Off	-	-	□
1.2	Adhesivos y rotulaciones presentes y legibles	Off	-	-	□
1.3	La condición mecánica es óptima. No hay señales de daño o contaminación que afecte el funcionamiento correcto	Off	-	-	□
1.4	Limpiar rotor y verificar que las guías del rotor no muestra signos de daño o contaminación y está totalmente funcional y la codificación del color es correcta	Off	-	-	□
1.5	Cable de alimentación principal sin daños	Off	-	-	□
<b>2 Medidas Preventivas - Sistema Hidraulico</b>					
2.1	Realizar programa de desinfección química o caliente	Preparation	-	-	□
2.2	Chequeo por fugas o deterioro en los bloques multifunción, calefactor, bibag y cámara de rinse	ON	-	-	□
2.3	Chequeo por mangueras cristalizadas, oscurecidas o incrustación fuerte. Reemplazar tramo de V87 a conector del drenaje.	Off	-	-	□
2.6	Verifique presencia y funcionamiento de la goma de traba de la lanceta con la cámara de rinse.	Off	-	-	□
2.7	Reemplazar los filtros de las lancetas 71/72	Off	-	-	□
2.8	Ajuste de tornillos de las lancetas.				
2.9	Reemplazar válvula cheque 92; si usa CDS verificar empaques en válvulas cheque (117) y cambiar si es necesario.	Off	-	-	□
2.10	Reemplazar los filtros 74, 76,149 y 148. Si usa CDS, reemplazar filtros y o-rings 119.	Off	-	-	□
2.11	Reemplazar filtro 210 si está presente	Off			□
2.12	Revisar y reemplazar malla filtrante o el filtro completo 73	Off	-	-	□
2.13	Reemplazo de empaques en acoples del dializador (hansen).	Off	-	-	□
2.14	Funcionamiento adecuado de válvula de muestreo	Off	-	-	□
2.15	Reemplazo del segmento de línea en bomba separadora de aire.	Off	-	-	□
2.16	Reemplazo de válvula 84. Cada dos años si puristeril es usado. Limpieza del sensor 115.	Off	Reemplazado SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	-	□
2.17	Reemplazar cámara de equilibrio (solo si la opción diasafe no es usada).Frecuencia de cambio. Cada 12 meses	Off	Reemplazado SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	-	□
2.18	Con HPU o las opciones Diasafe plus y/o On Line Plus está presente en la maquina, reemplace filtro hidrofóbico: 111/184	Off	-	-	□
2.19	Cada cuatro años únicamente, reemplazar acumulador y batería	Off	Reemplazado SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	-	□
2.20	Limpieza general y lubricación del rack del sistema hidráulico	Off			□
<b>3 Revisiones generales</b>					
3.2	Chequeo del sensor de nivel.	Preparación	-	-	□
3.1	Verificar los DIP switches de la tarjeta LP 1631: Sin sistema centralizado (CDS): Arreglo 2 switch:7 está en "ON" Con Sistema centralizado (CDS)  Verificar los DIP switches de la tarjeta LP 632: Arreglo 1, switch: 3 está en "OFF" Arreglo 2, switch 5 está en "OFF"	Off	-	-	□

No.	Descripción	Condición Operación	Corregido	Valor Medido	□
<b>4</b>	<b>Comprobaciones y/o calibraciones de la Hidráulica</b>				
4.1	Verificar presión del agua de entrada (punto A), 0.9 bar a $\pm 1.4$ bar	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.2	Comprobar presión de carga: 1.45 bar $\pm 0.05$ bar.	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.3	Comprobar de presión bomba desgasificadora (punto D). Tener en cuenta SI D1137 para elajuste de acuerdo a altitud del lugar.	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.4	Calibración presión bomba de flujo (punto C); flujo 800, sin suministro de agua. 2.2 bar $\pm 0.05$ bar	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.5	Determinar volumen de la bomba de ultra filtración. 60 ml +/- 0.5 ml	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si		□
4.6	Determinar el volumen de la cámara de balance. El valor promedio medido debe estar 30 +/- 1ml	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si		□
4.7	Calibración volumen bomba concentrado. Según instructivo	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.8	Calibración volumen bomba bicarbonato. Según instructivo	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.9	Calibración flujo de 300.	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.10	Calibración flujo de 500.	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.11	Calibración flujo de 800.	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.12	Bibag		-	-	□
4.12.1	Reemplace o-rings del conector de Bibag	Off	-	-	□
4.12.2	Comprobar Conmutación PSW 134. 130 mbar +30 mbar	DIAGNOSTICOS	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□
4.13	Prueba de "Temperature / conductivity compensation" comprobada. Si la diferencia entre CD7 y CD es $> 0.05$ mS/cm es necesario una calibración del OCM. Si la opción OCM está instalada.	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		□

5 Monitor					
5.1	Limpeza y/o reemplazo del filtro del ventilador.	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
5.2	Limpeza del rack, ajuste de conectores y tarjetas del monitor	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
5.3	Verificar desempeño de: Parlante, ventilador, Horometro e interruptor de modo servicio funcionando apropiadamente	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
5.4	Calibración BLD y DIMNES. 5.0 V +/- 0.1 V	CALIBRACION	-	-	<input type="checkbox"/>
6 Modo Dialisis (máquina cerrada).					
6.1	Temperatura: 36.5 °C verificada con instrumento de referencia: Con OCM tolerancia ( $\pm 0.2$ °C) y sin OCM ( $\pm 0.5$ °C)	CALIBRACION	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	°C	<input type="checkbox"/>
6.2	Presión de dializado: - Punto cero verificado (flujo off) - Ganancia verificada	Dialisis	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	-	<input type="checkbox"/>
6.3	Comprobar la conductividad mostrada en pantalla con instrumento de referencia. (mandatorio usar Bibag ).	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
7 Circuito Extracorpóreo					
7.1	Verificar presión arterial visualizada con instrumento de referencia (IR) : IR +/- 10 mmHg	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
7.2	Verificar Presión venosa con instrumento de referencia (IR) : IR +/- 10 mmHg	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
7.3	Verificación del numero de revoluciones realizada (BP-RATE CHECK) bomba arterial.	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
7.4	Verificar alarma de detención de bomba arterial por cualquier alarma del circuito extracorpóreo	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
7.5	Verificar actuación de la pinza de oclusión venosa después de una alarma de sangre	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
7.6	Presión de aprox. 2 bar en el caza burbujas venoso. La pérdida de presión no puede ser mayor de 0,1 bar en 3min. Minutos.	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>
7.7	Operación módulo de heparina.	Preparación	Fuera de servicio <input type="checkbox"/>	Operando <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 BPM (opcion); Efectuar cada dos años si esta presente la opcion					
8.1	Manguera conexión conectada apropiadamente al dispositivo	Off	-	-	<input type="checkbox"/>
8.2	Modulo de presión arterial interno, tarjetas de circuito impreso y cables de conexión fijados apropiadamente	Off	-	-	<input type="checkbox"/>
8.3	Verificación de fugas: Tasa de fuga de presión menor que 6 mmHg/min	DIAGNOSTICOS	-	-	<input type="checkbox"/>
8.4	Prueba de Presión: (Valor presión / tolerancia)	DIAGNOSTICOS	-	-	<input type="checkbox"/>
	- 250 mmHg / $\pm 3$ mmHg				
	- 200 mmHg / $\pm 3$ mmHg				
	- 150 mmHg / $\pm 3$ mmHg				
	- 100 mmHg / $\pm 3$ mmHg				
	- 50 mmHg / $\pm 3$ mmHg				
8.5	Válvula de alivio o seguridad: Vacía a 320 mmHg $\pm 10$ mmHg	DIAGNOSTICOS	-	-	<input type="checkbox"/>
8.6	Realizar una medición presión arterial	Preparación	-	-	<input type="checkbox"/>