ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNOLOGOS

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS LABORATORIOS NIFA S.A.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

YESSENIA CECILIA ANDRANGO CALVACHI

E-MAIL: yesse_7@yahoo.es

DIRECTOR: ING. WILLAN MONAR

E-MAIL: william.monar@epn.edu.ec

QUITO, NOVIEMBRE 2010

DECLARACIÓN

Yo Yessenia Cecilia Andrango Calvachi, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

YESSENIA ANDRANGO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Yessenia Cecilia Andrango Calvachi, bajo mi supervisión.

Ing. Willan Monar

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi luz en el camino y darme una familia unida, luchadora e incondicional donde me enseñaron a luchar por cumplir mis metas y objetivos a pesar de las dificultades de la vida.

A mi madre Cecilia que se sacrifico por mí, brindándome la oportunidad de estudiar en la mejor universidad del país, que creyó en mí y nunca se desanimo dándome el ejemplo en el que yo me he guiado toda mi vida.

A una persona muy especial en mi vida que me brinda su apoyo incondicional desde el día que le conocí Jaime Changoluisa.

A mis profesores de la carrera, que supieron inculcarme sus conocimientos, pero sobretodo muy agradecida con el Ing. Willan Monar, Ing. Mario Granja, Ing. Darwin Pazmiño y Sra. Gracielita Molina.

DEDICATORIA

A mi mamita Cecilia que ha sido: madre, padre, maestra y amiga siempre me brindo su apoyo incondicional, con su ejemplo, consejo, comprensión, para que salga adelante no solo en los estudios sino en la vida como personas.

Mi abuelita Rosita que en vida me fortaleció con sus bendiciones y oraciones, aunque sé que ya no está físicamente aquí sus recuerdos permanecerán siempre conmigo.

Mis hermanas Vero, Moni y Patito que siempre han estado junto a mi durante mis estudios brindándome no solo su apoyo sino también estaban pendientes de mis necesidades.

Gracias

YESSENIA C. ANDRANGO CALVACHI

PRESENTACIÓN

En nuestro país en los últimos años el sector farmacéutico ha tenido un crecimiento notable, de ahí que la producción de muchas fábricas haya aumentado de forma sorprendente, resultando esto un problema para algunas.

En la mayor parte de casos, los sistemas de aire acondicionado NIFA no cuenta con el personal especializado para realizar el montaje, mantenimiento y reparación de estos equipos, por lo que se ha creado un monopolio en este mercado, las empresas que venden o importan estos equipos envían a sus técnicos a instalar estos equipos y luego se hacen contratos de mantenimiento y de reparaciones ocasionales, en estos contratos las empresa que brindan estos servicios fijan precios extremadamente altos, el problema en si es cuando los equipos no se encuentran de venta en el país y por ello es necesario adquirirlos en el exterior y se necesita traer técnicos extranjeros, resultando un costo demasiado elevado en la empresa.

Este trabajo está encaminado a ser un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de aire acondicionado, para el mantenimiento y reparación de las averías más frecuentes que suelen presentarse en los equipos.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación cuenta con cinco capítulos, en los cuales se ha incluido la información de mayor relevancia, de una forma clara y resumida.

El capitulo 1 hace referencia a la empresa NIFA S.A. donde se expone, una breve reseña histórica, los departamentos que la conforman, las clases de medicamentos que se manufacturan y la maquinaria existente.

El capítulo 2 estudia el mantenimiento industrial, explicando cómo se originó. Analizando los tipos de mantenimientos, teoría de Pareto, herramientas que se requieren para establecer un plan de mantenimiento.

El capítulo 3 presenta el estudio de los procesos productivos de la empresa, haciendo referencia a los principios de refrigeración y conceptos fundamentales. Así también se introduce los funcionamientos de equipos de los sistemas de aire acondicionados.

En el capítulo 4 se realiza el plan de mantenimiento preventivo con la ayuda del análisis de Pareto para detectar los equipos que más problemas y pérdidas ocasionan. Se prepara los mantenimientos, las inspecciones y overhault, en cada una se describe lo que debe realizarse en los equipos y como capítulo final 5 se desarrollan las conclusiones y recomendaciones de trabajo investigativo.

CONTENIDO

CAPÍTULO I ____ **1**

CONSIDERACIONES GENERALES DE LA EMPRESA NIFA S.A. ____ **1**

1.1 RESEÑA HISTÓRICA ____ 1

1.2 DEPARTAMENTOS ____ 2

1.2.1 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO ____ **2**

1.2.2 DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ____ **3**

1.2.3 DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD ____ **4**

1.2.4 DEPARTAMENTO DE ASISTENCIA INDUSTRIAL ____ 5

1.2.5 DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN ____ **5**

1.2.6 DEPARTAMENTO DE MATERIALES ____ 5

1.2.7 DEPARTAMENTO DE BODEGA ____ **5**

1.2.8 DEPARTAMENTO DE TALENTO HUMANO ____ 5

1.2.9 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ____ 6

1.2.10 DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD ____ 6

1.3 PRODUCTOS NIFA S.A. ____ **7**

1.4 NORMAS DE MEDICAMENTOS GENÉRICOS ____ 7

1.5 FUNCIÓN DE LOS MEDICAMENTOS GENÉRICOS EN LOS PROGRAMAS DE SALUD ___ 8

1.6 DIFERENCIAS ENTRE MEDICAMENTOS GENÉRICOS Y DE MARCA ____ 8

1.7 VENTAJAS DE LOS MEDICAMENTOS GENÉRICOS ____ 9

1.8 MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN ____ **10**

1.9 MAQUINARIA DE BETALACTÀMICOS ____ 16

1.10 EQUIPOS QUE SE UTILIZAN EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO ____ 20

CAPÍTULO II ____ **21**

INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ____ **21**

2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO ____ 21

2.2 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO ____ 23

2.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO ____ 24

2.4 CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO 24
2.4.1 SEGÚN EL PROPÓSITO 24
2.4.2 SEGÚN EL MÉTODO DE EMPLEO 24
2.4.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO 25
2.4.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO 25
2.4.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO 26
2.5 IDENTIFICACIÓN Y PRIORIDAD A LOS PROBLEMAS MÁS SIGNIFICATIVOS DE UN PROCESO DE MANTENIMIENTO. 27
2.6 DEFINICIÓN DE PARETO 28
2.6.1 CONSTRUCCIÓN E INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO 29
2.6.2 PROPÓSITOS GENERALES DEL DIAGRAMA DE PARETO 29
2.7 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA 30
2.8 BITÁCORA 31
2.9 PLANOS DE UBICACIÓN 31
2.10 IDENTIFICACIÓN DE MAQUINARIA 32
2.11 TARJETAS DE MANTENIMIENTO 33
2.12 ORDEN DE TRABAJO 34
2.13 SELECCIÓN DE MÁQUINAS PARA UNA INSPECCIÓN PREVIA 36
2.14 PUNTOS A INSPECCIONAR 36
2.14.1 PROCESO DE INSPECCIÓN 36
2.14.2 FRECUENCIA DE INSPECCIÓN 37
2.15 PRIORIZACIÓN 38
2.16 ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 38
2.16.1 FICHA DE INSPECCIÓN 38
2.16.2 INFORME Y FECHA DE INSPECCIÓN 39
2.16.3 CAPACIDAD DE LOS TRABAJADORES 39
2.16.4 ECONÓMICO 39
2.16.5 AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL TRABAJO 39
2.16.6 REPUESTOS 40
2.16.7 INFORME DEL TRABAJO REALIZADO 40

CAPÍTULO III 41
TEORÍA DE PROCESOS PRODUCTIVOS Y EQUIPOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO 41

3.1 PROCESO PRODUCTIVO _____ *41*

3.1.1 HUMEDAD _____ *42*

3.1.2 TEMPERATURA _____ *43*

3.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE REFRIGERACIÓN _____ *43*

3.3 TERMINOLOGÍA USADA EN REFRIGERACIÓN _____ *48*

3.4 REFRIGERACIÓN MECÀNICA _____ *50*

3.5 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO REFRIGERANTE _____ *51*

3.6 CICLO TERMODINÁMICO DE REFRIGERANTE (DIAGRAMA PRESIÓN- HUMEDAD, P-H) _____ *53*

3.7 COMPONENTES DEL CIRCUITO _____ *56*

3.7.1 EL COMPRESOR _____ *56*

3.7.1.1 LUBRICACIÓN DE LOS COMPRESORES _____ *57*

3.7.2 EL CONDENSADOR _____ *58*

3.7.3 VÁLVULA DE EXPANSIÓN _____ *59*

3.7.4 EVAPORADOR _____ *60*

3.7.5 PRESOSTATOS _____ *61*

3.7.6 MIRILLA DEL REFRIGERANTE _____ *62*

3.7.7 SECADORES _____ *62*

3.7.8 VÁLVULA SOLENOIDAL _____ *63*

3.8 ESPECIFICACIÓN DE DUCTOS Y ACCSESORIOS _____ *65*

3.8.1 DUCTOS DE LÁMINA GALVANIZADA _____ *65*

3.8.2 CODOS _____ *66*

3.8.3 PIEZAS DE TRANSICIÓN _____ *66*

3.8.4 SOPORTES _____ *66*

3.8.5 ACCESORIOS Y COMPUERTAS DE REGULACIÒN _____ *66*

3.8.6 AISLAMIENTO _____ *67*

3.9 DESCRIPCIÓN DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO _____ *67*

3.10 UNIDAD CONDENSADORA DE AIRE (UCA) _____ *68*

3.11 UNIDAD MANEJADORA DE AIRE (UMA) _____ *70*

3.11.1 FUNCIONAMIENTO _____ *71*

3.12 DEHUMIFICADORES _____ *73*

3.12.1 DESHUMIDIFICACIÓN POR ENFRIAMIENTO 74
3.13 FILTROS HEPA 76
3.14 CHILLER 77
3.15 VENTILADOR DE EXTRACCIÒN (UVE) 77
3.16 CRÍTERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO 78
3.17 EQUIPOS EXISTENTES EN LOS SISTEMAS DE AIRE DE LOS LABORATORIOS NIFA 79
CAPÍTULO IV 80
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 80
4.1 Propósito 80
4.2 Objetivo 80
4.3 Metodología de análisis y aplicación 80
4.4 INFORMACIÓN 81
4.5 INFORME DE DAÑOS OCURRIDOS DURANTE EL PERÍODO DE MARZO A NOVIEMBRE 2009 82
4.5.1 AREA DE PRODUCCIÓN 82
4.5.1.1 Pérdidas directas 82
4.5.1.2 Pérdidas indirectas 83
4.6 Análisis de frecuencia de fallas. 83
4.7 Cuantificación de costos de fallas 84
4.8 Análisis de la información 86
4.8.1 Análisis de Pareto 86
4.8.2 Análisis de cantidad de fallas. 87
4.8.3 Análisis de los costos producidos 88
4.9 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE 93
4.9.1 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL 94
4.9.2 ACTIVIDADES PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SISTEMA DE AIRE 97
4.9.2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS DE SEGURIDAD 97
4.9.2.1.1 IDENTIFICACION DE RIESGOS 97
4.9.2.1.1 EFECTOS POTENCIALES A LA SALUD 98
4.9.2.1.1 MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS 98
4.9.2.1.1 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL 99
4.9.2.2 ACCIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS 99
4.9.2.2.1 INSPECCION DE UMA 99

4.9.2.2.2 Inspección de Área de Ventilación _____ *100*
4.9.2.2.3 MANTENIMIENTO DE UMAS _____ *101*
4.9.2.2.4 MANTENIMIENTO DEL SERPENTIN _____ *101*
4.9.2.2.5 MANTENIMIENTO DE UCAS _____ *102*
4.9.2.2.6 MANTENIMIENTO VENTILADORES _____ *103*
4.9.2.2.7 CAUSAS DEL RUIDO EN VENTILADORES _____ *105*
4.9.2.2.8 INSPECCIÓN DIARIA _____ *105*
4.9.2.2.9 MANTENIMIENTO MOTORES ELÉCTRICOS _____ *106*
4.10 GUIA DE PROBLEMAS DE LOS SISTEMAS DE AIRE _____ *106*
4.11 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS _____ *108*

CAPÍTULO V _____ *110*
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____ ***110***

5.1 CONCLUSIONES _____ *110*
5.2 RECOMENDACIONES _____ *111*
BIBLIOGRAFÍA _____ *112*
ANEXOS _____ ***113***
ANEXO 1 _____ *11**4***
ANEXO 2 _____ *12**1***
ANEXO3 _____ *12**3***

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES DE LA EMPRESA NIFA S.A.

La empresa NIFA S.A. está encargada del proceso de manufactura de medicinas genéricas en tabletas y cápsulas, el mismo que se detallará en el presente proyecto de titulación; es necesario recalcar que NIFA S.A. sólo se encarga de la manufactura de los medicamentos, mientras que la comercialización de los mismos está a cargo de otra empresa que es GARCOS S.A quien se dedica específicamente a la comercialización del producto terminado.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

NIFA S.A. es un laboratorio farmacéutico que se fundó en 1.975 y posee una moderna infraestructura que está ubicada en Sangolquí, Ecuador; la misma que cumple su objetivo fundamental que es el de contribuir al bienestar de la salud de nuestra población, por ser una compañía generadora de productos de alta calidad y seguros para uso terapéutico, pues trabaja con: Materias primas seguras, procesos óptimos, personal profesional para las diferentes áreas , investigación continua y control de calidad eficiente.

Posee el BPM “Certificado Internacional de Buenas Prácticas de Manufacturas” [1] Puesto que no existe proceso que no sea auditado, no existe lote de medicamento que no sea rigurosamente controlado, y se verifican todas las normas de calidad y asepsia.

[1] CALVOPIÑA Veloz, Elizabeth. Manual de buenas prácticas de manufactura (BPM) para los trabajadores de la Industria Farmacéuticas. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. 1999.

Por ser la industria farmacéutica generadora de productos para la salud, en la planta de producción laboran de manera ardua y consciente un conjunto de científicos e investigadores especializados en biología, química, farmacia, tecnología farmacéutica y medicina.

Posee personal, seleccionado de prestigiosas instituciones académicas, que se capacitan y actualizan sus conocimientos constantemente dentro y fuera del país. Al gran conocimiento que poseen los diferentes técnicos se suma la sofisticada infraestructura existente en la planta industrial, lo cual permite generar productos de alta calidad y fiabilidad.

1.2 DEPARTAMENTOS

Los departamentos de la empresa NIFA S.A. se conforman de la siguiente manera: investigación y desarrollo, producción, control de calidad, asistencia industrial, planificación, materiales, bodega, talento humano, mantenimiento y aseguramiento de calidad.

1.2.1 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En el Departamento de Investigación y Desarrollo, los profesionales químico – farmacéuticos investigan y ensayan de manera minuciosa nuevas formulaciones, metodologías analíticas y todos los procesos de investigación para mejorar la composición de los medicamentos genéricos ya existentes y de esta manera brindar un mejor producto para el consumo de la población; el mismo que se inicia con la selección y calificación de los proveedores de las materias primas e insumos de calidad probada a nivel mundial, las que son analizadas con rigurosos ensayos y finalmente son validadas para su uso.

La planta piloto, a través de su sofisticada tecnología, permite que los técnicos del departamento de investigación y desarrollo realicen todos los ensayos necesarios para obtener un lote piloto que cumpla estrictamente con todas las regulaciones nacionales e internacionales que garanticen su calidad y efecto terapéutico.

Una vez demostrada la óptima calidad de los lotes piloto, se procede al escalamiento (el mismo que consiste en preparar las composiciones y equipos en gran medida), control y validación de los respectivos procesos y finalmente, se realiza la producción industrial a gran escala.

1.2.2 DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

Laboratorios NIFA S.A. manufactura medicamentos genéricos que cumplen con los requerimientos oficiales (OMS, MSP-Reg Oficial No. 59 Código de la Salud, Farmacopea Estadounidense UPS).

Para el efecto aplica las Normas de Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM) certificadas por el Ministerio de Salud Pública; además tiene implementado el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 y los Códigos de Responsabilidad Integral (seguridad de procesos, protección ambiental, preparación para respuestas a emergencias, salud ocupacional). Todo lo que garantiza la calidad de los medicamentos.

La planta se compone de dos zonas de producción: Área de antibióticos beta-lactámicos y área de productos de otras aplicaciones terapéuticas; en ella se manufactura productos sustentados en procesos validados y controlados a través a normas internacionales, con infraestructura y tecnología de punta.

1.2.3 DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

La calidad de la producción de medicamentos es responsabilidad del departamento de control de calidad, el mismo que verifica los procesos necesarios para el cumplimiento de todas las especificaciones de calidad y asepsia con la subsecuente liberación del producto en cada una de sus etapas de manufactura.

Una vez que el producto cumple con todos los requerimientos de calidad es aprobado para su distribución; se vigila y supervisa el cumplimiento de todas las normas de calidad con las cuales debe trabajar el personal en los diferentes procesos del sistema de gestión de calidad:

Capacitación, ejecución y control de la producción; control de documentos y registros; administración de cambios; evaluación y desarrollo de proveedores; administración de compras, instalación y mantenimiento; validación de todos los métodos de manufactura y control de los equipos de medición.

1.2.4 DEPARTAMENTO DE ASISTENCIA INDUSTRIAL

Asistencia industrial es el encargado de definir estándares para todas las áreas productivas y operativas con el fin de normalizar el trabajo y mejorar los rendimientos, colocando metas alcanzables para el cumplimiento eficiente del trabajo.

Además está dedicado salvaguardar la vida y preservar la salud y la integridad física de los trabajadores por medio del establecimiento de normas encaminadas tanto a proporcionar condiciones adecuadas para el trabajo, como a capacitarlos y adiestrarlos para que se eviten, dentro de lo posible, las enfermedades y los accidentes laborales.

1.2.5 DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN

Es el encargado de organizar un conjunto de actividades, proyectos y acciones vinculadas entre sí, previstas anticipadamente con el propósito de alcanzar objetivos y metas específicos, mediante el uso adecuado de medios y recursos disponibles durante el proceso de adquisición, manufactura, entrega y almacenamiento.

1.2.6 DEPARTAMENTO DE MATERIALES

Es el encargado de buscar, seleccionar, calificar proveedores de materias primas, bienes e insumos, una vez que ha sido validada la documentación involucrada se realiza la adquisición de las mismas, además gestiona la documentación referente a compras.

1.2.7 DEPARTAMENTO DE BODEGA

Este departamento se encarga de la recepción y almacenamiento de la materia prima y del producto terminado, llevando un registro completo de las entradas y salidas de los productos que tienen a su cargo.

1.2.8 DEPARTAMENTO DE TALENTO HUMANO

Este departamento es el encargado de administrar las capacidades, habilidades del talento humano; conquistar y mantener personas en la empresa que trabajen y den el máximo de sí mismas con una actitud positiva y favorable que apoyen al cumplimiento de las metas de la empresa.

La Gestión del Talento humano consiste en planear, organizar, desarrollar, coordinar y controlar técnicas capaces de promover el desempeño eficiente del personal, al mismo tiempo que el departamento representa el medio que permite a las personas que colaboran en ella alcanzar los objetivos individuales relacionados directa o indirectamente con la empresa. El principal objetivo es mejorar las contribuciones productivas del personal a la empresa, de forma que sean responsables desde el punto de vista estratégico, ético y social.

1.2.9 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento se encuentra conformado por un grupo de profesionales calificados, que permanentemente se capacitan con la finalidad de aplicar los nuevos conocimientos para el eficiente desarrollo en las etapas del proceso productivo, que consiste en el diseño, construcción, implantación, puesta en servicio y explotación de los sistemas productivos con el fin de llegar a un objetivo deseado.

Para disponer de equipos eficientes, productivos, el departamento de mantenimiento sigue un plan anual el mismo que consiste en hacer mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria de la empresa; emplear el capital mínimo en instalaciones, maquinaria y mano de obra para obtener los mayores beneficios en la productividad y optimización de los recursos de la empresa.

1.2.10 DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

El Aseguramiento de la Calidad consiste en tener y seguir un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas, implantadas dentro del Sistema de Calidad de la empresa. Estas acciones deben ser demostrables para proporcionar la confianza adecuada (tanto a la propia empresa como a los clientes) de que se cumplen los requisitos del Sistema de la Calidad.

1.3 PRODUCTOS NIFA S.A.

Los productos NIFA S.A. son medicamentos que se registran y se comercializan con la denominación común internacional del principio activo, propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los medicamentos genéricos poseen actividad terapéutica demostrada y comprobada por largos años, ya que contienen los mismos principios activos que los equivalentes productos de marca comercial.

1.4 NORMAS DE MEDICAMENTOS GENÉRICOS

Todos los preparados farmacéutico, sean medicamentos de marca comercial o genéricos, deben poseer un mínimo de cualidades que les permita satisfacer los requisitos técnicos y analíticos contenidos en las farmacopeas mundiales. Las farmacopeas constituyen normas oficiales que deben de ser cumplidas por todos los laboratorios farmacéuticos que deseen ser autorizados para comercializar sus medicamentos.

Estas exigencias de calidad, seguridad y eficacia son iguales para los medicamentos, sean de marcas comerciales o genéricas, y se expresan a través del Registro Sanitario. Solo los medicamentos que tienen este registro vigente pueden ser utilizados en el Ecuador; cuando el Estado autoriza el empleo de un medicamento en el país, después de evaluar su utilidad y poder terapéutico, se convierte en garante de la calidad de ese producto sea de marca comercial o genérico.

1.5 FUNCIÓN DE LOS MEDICAMENTOS GENÉRICOS EN LOS PROGRAMAS DE SALUD

En los procesos de recuperación de la salud, el medicamento cumple un papel fundamental y para que eso ocurra debe ser: Escrupulosamente seleccionado, apropiadamente descrito, correctamente dispensado, convenientemente utilizado, y adecuadamente evaluado.

Sin embargo, cualquier medicamento (genérico o de marca comercial) no es un instrumento milagroso que soluciona todos los problemas de salud, como equivocadamente puede considerar la población; además, no siempre están exentos de reacciones adversas.

De la inversión en salud que hacen los gobiernos de países pobres como el nuestro, el gasto en medicamentos es aproximadamente el 60%, esto significa que los gobiernos deben disminuir la cobertura y retrasar el proceso de modernización tecnológica. En este contexto, los medicamentos genéricos tienen una gran ventaja, son de bajo precio. Por ello el consumo de genéricos beneficia a los presupuestos de salud, no solo porque un amplio grupo de la población puede adquirirlos, sino también porque el ahorro estatal permite derivar esos recursos a otros gastos y en especial a infraestructura sanitaria. Un programa integral de salud, destinado a los sectores socialmente más desprotegidos así como a los grupos más vulnerables, requieren de medicamentos de cantidad, calidad y oportunidad compatibles con un proceso de abastecimiento seguro y sostenible.

1.6 DIFERENCIAS ENTRE MEDICAMENTOS GENÉRICOS Y DE MARCA

Los medicamentos de marca tienen generalmente un precio mayor que los genéricos porque necesitan hacer inversiones importantes para ser

promocionados, vendidos, recetados y utilizados. Además, los fabricantes de preparados farmacéuticos innovadores deben recuperar las inversiones que se han realizado para poder inventar, desarrollar y producir un medicamento. Estos procesos son costosos, largos y demandan fuertes inversiones.

Los fabricantes de medicamentos genéricos, por su parte emplean principios activos y excipientes conocidos y de utilidad comprobada, por ello no necesitan hacer inversiones para inventar, limitándose a adaptar lo ya conocido a sus posibilidades técnicas de producción y comercialización. Los procesos, tecnología de control y evaluación para estos principios activos ya están definidos y son aplicables de manera más fácil y segura, tanto por los fabricantes para producirlos, como por las autoridades para controlarlos. Esta diferencia de inversión y costos determinan que los medicamentos genéricos sean de precio menor y, en consecuencia, más accesibles a la comunidad.

1.7 VENTAJAS DE LOS MEDICAMENTOS GENÉRICOS

El uso de los medicamentos genéricos como una alternativa responsable para la atención de la salud ha sido adoptado, de modo sistemático, progresivo e institucional, en importantes países del mundo. Con el uso de los medicamentos genéricos se beneficia el sistema de salud, porque podrá optimizar el empleo de los recursos financieros asignándolos para medicamentos.

Además es beneficiado el paciente consumidor de medicamentos genéricos quien podrá acceder con mayor facilidad a ellos, y así podrá cumplir con el tratamiento prescrito sin renunciar a la calidad y seguridad que los medicamentos requieren, beneficios que con los medicamentos de marca no se obtiene por el alto precio que resulta adquirirlos.

1.8 MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN

Para el proceso de manufactura se comienza por el área de pesaje, en donde se dispone de balanzas de precisión para pesar la materia prima, y luego ser llevado a sus respectivos mezcladores, en los cuales las sustancias se mezclan homogéneamente, posteriormente se traslada a las áreas de tableteado, donde por medio de máquinas tableteadoras se da forma al polvo en diferentes tamaños de pastillas, de acuerdo a las procedimientos emitidos por los protocolos de fabricación de medicamentos. Una vez que se producen las tabletas, son llevadas al área de recubrimiento, en donde se recubren por un cierto tiempo con una laca de grado alimenticio.

Finalmente se procede a sellar las tabletas en maquinas blíster, en ciertos casos se sellan en ristras (tabletas selladas en dos capas de aluminio), o pasan a ser sellados en sachets dependiendo del producto. Mientras en las codificadoras, previo a sellarse se codifican los aluminios con la fecha de elaboración, fecha de caducidad, número de lote, nombre comercial y registro sanitario.

Una vez concluido el proceso de pesado, mezcla, tableteado, recubrimiento, sellado, conteo y empaque, el producto terminado es analizado en el departamento de control de calidad para su respectiva liberación y distribución.

Las tablas 1.1 hasta 1.7 indican las especificaciones técnicas de las maquinarias utilizadas en esta área de producción, así como se observa en las figuras de 1.1 a la 1.7.

MAQUINARIA DEL ÁREA DE PESAJE: Balanzas de precisión de 0.03 mg. Para pesar materia prima.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
BALANZA DE PRECISIÓN	CSC	T300	3 g	N/D	N/D

TABLA 1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS BALANZAS DE PRECISIÓN (10 unidad)

FIGURA 1.1 BALANZA DE PRESICIÓN

MAQUINARIA DEL ÁREA DE MEZCLADORES: Mezcladores tipos bicónicos. Mezcla de materia prima.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
MEZCLADOR BICÓNICO	LLEALSDADAMMA	BC600	600 lt	1665 RPM	N/D

TABLA 1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MEZCLADORES BICÓNICOS (2 unidad)

FIGURA 1.2 MEZCLADOR BICÓNICO

MAQUINARIA DEL ÀREA DE TABLETEADO: Tableteadoras doble tolva (HORN), rotativa de revolver (PICCOLA, STOKES), mono punzón. Elaboración de tabletas.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
TABLETEADORA PICCOLA	RIVA	B / 10	30000 tab/hor	VARIADOR FRECUENCIA	360 Kg

TABLA 1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TABLETEADORAS PICCOLA (2)

FIGURA 1.3 TABLETEADORA PICCOLA

MAQUINARIA DEL ÁREA DE RECUBRIMIENTO: Bombos de recubrimientos (ACINDEC). Recubren las tabletas.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
BOMBO DE RECUBRIMIENTO 36”	CIP MACHINE	COATING 2003	80 KG	N/D	800KG

TABLA 1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS BOMBOS DE RECUBRIMIENTOS CIP(3)

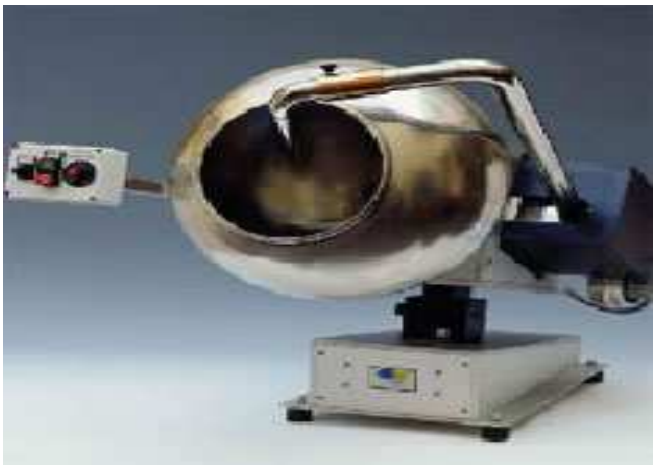

FIGURA 1.4 BOMBO DE RECUBRIMIENTO CIP

MAQUINARIA DEL ÁREA DE SELLADO: Selladora de ristras (BLISTER ULHMANN) y selladora de sachets (SIEBLER). Sellado de tabletas, evitando contacto del producto con agentes ambientales externos.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
SELLADORA SIEBLER	JULIUS GROSSMANN	90	800-1200u/min	26 golpes/min	N/D

TABLA 1.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SELLADORA DE SACHETS SIEBLER (1)

.

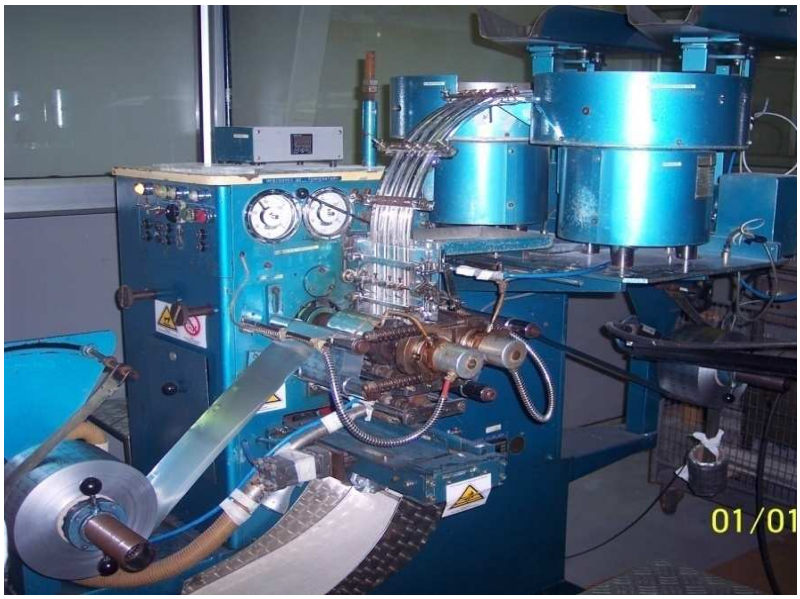

FIGURA 1.5 SELLADORA DE SACHETS SIEBLER

MAQUINARIA DEL ÁREA DE LÍQUIDOS: Agitadores (SILVERSON), marmitas, llenadora de líquidos y tapadoras de frascos (HERGO). Mezcla de materias primas durante elaboración de medicamentos en estado líquido (jarabes, cremas y jaleas).

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
AGITADOR	SILVERSON	EX60	N/D	N/D	95 KG

TABLA 1.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE AGITADORES SILVERSON (2)

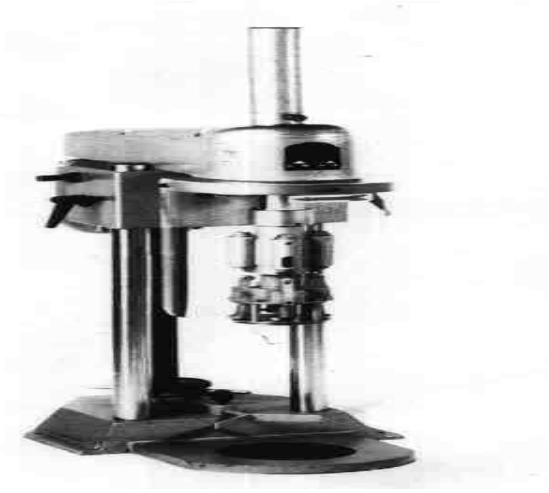

FIGURA 1.6 AGITADOR SILVERSON

MAQUINARIA DEL ÁREA DE ETIQUETADO: Codificadoras FLEXOGRÁFICA. Codificado de fecha de elaboración caducidad y número de lote en estuches, impresión en aluminio del nombre comercial y registro sanitario de medicamentos.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
IMPRESORA FLEXOGRÁFICA ROTATIVA CONTÍNUA	D. FAINGOLD	PLATINO 200/1	12 mt/min	1400 rpm	100 kg

TABLA 1.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE IMPRESORAS FLEXOGRAFICAS (2)

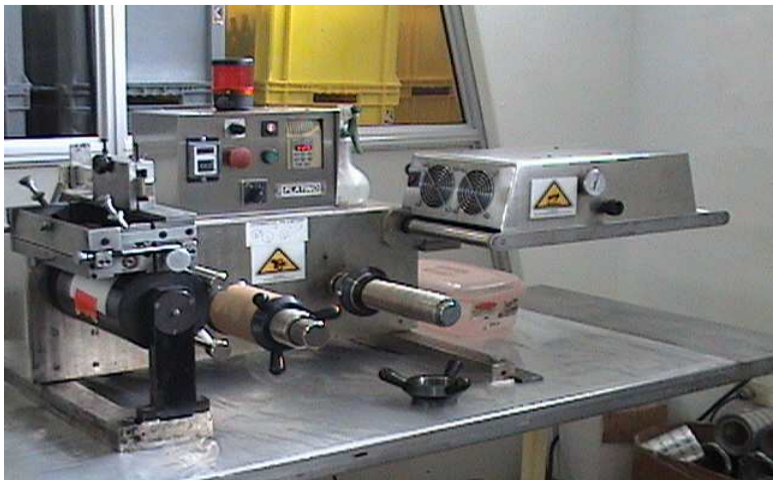

FIGURA 1.7 IMPRESORA FLEXOGRÁFICA ROTATIVA CONTÍNUA

1.9 MAQUINARIA DE BETALACTÁMICOS

El proceso de manufactura es similar al área de producción la diferencia es que en esta área se realiza medicamentos en comprimidos (tabletas) y capsulas, este tipo de medicamento no se somete a recubrimiento. Concluido el proceso de pesado, mezcla, tableteado, recubrimiento, sellado, el producto terminado es analizado en el departamento de control de calidad para su respectiva liberación y distribución.

Las tablas 1.8 hasta 1.12 indican las especificaciones técnicas de las maquinarias utilizadas en esta área de betalactámicos, así como se observa en las figuras de 1.8 a la 1.12.

MAQUINARIA DEL ÁREA DE PESAJE: Balanzas de precisión de 0.03 mg, cuya función es pesar materia prima.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
BALANZA DE PRECISIÓN	CSC	T500	5g	N/D	N/D

TABLA 1.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS BALANZAS DE PRECISIÓN (5 unidad)

FIGURA 1.8 BALANZA DE PRECISIÓN

MAQUINARIA DEL ÁREA DE TABLETEADO: Tableteadora (STOKES NEUMÁTICA). Elaboración de comprimidos (tabletas).

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
TABLETEADORA	STOKES	900- 550-1 B2	250-620 KG	1800 RPM	N/D

TABLA 1.9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TABLETEADORA STOKES (2 U)

FIGURA 1.9 TABLETEADORA STOKES

MAQUINARIA DEL ÁREA DE ENCAPSULADO: Encapsuladora (ZANASI). Llenado automático de materia prima en cápsulas.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
ENCAPSULADORA	ZANASINIGRIS	DS-71	20000 CAP/HORA	6-14 RPM	760 KG

TABLA 1.9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ENCAPSULADORA ZANASINIGRIS (1)

FIGURA 1.10 ENCAPSULADORA ZANASI

MAQUINARIA DEL ÁREA DE RECUBRIMIENTO: Bombos de recubrimientos (ACINDEC). Recubrimientos de tabletas.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
BOMBO DE RECUBRIMIENTO 42”	ACINDEC	NIFA COATING 01	70 KG	4000RPM	N/D

TABLA 1.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBO DE RECUBRIMIENTO ACINDEC (3)

FIGURA 1.11 BOMBO DE RECUBRIMIENTO ACINDEC

MAQUINARIA DEL ÁREA DE SELLADO: Selladora de ristras (BLISTER ULHMANN). Sellado de tabletas, evitando contacto del producto con agentes ambientales externos.

NOMBRE	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	PESO
SELLADORA BLISTER	UHLMAN	UPS 300	50-35 CADENCIAS/MIN	31 GOLPES/MIN	1300KG

TABLA 1.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SELLADORAS BLISTER (2)

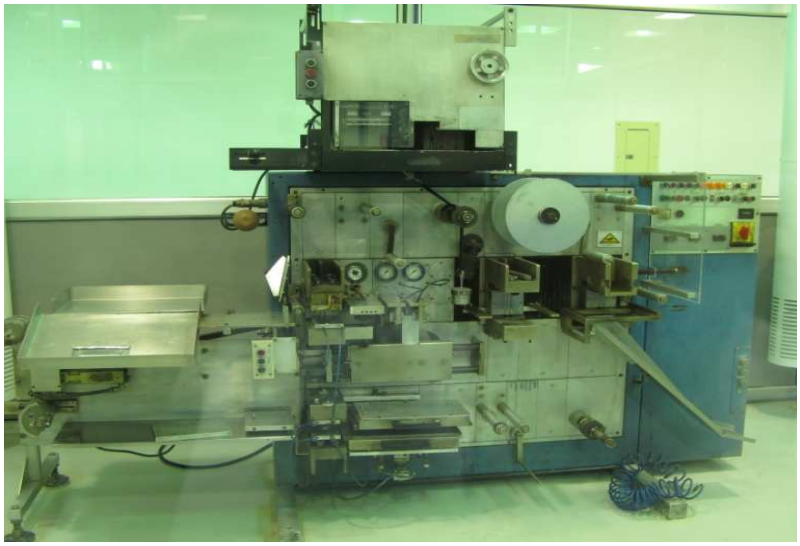

FIGURA 1.12 SELLADORA DE BLISTER

1.10 EQUIPOS QUE SE UTILIZAN EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

El sistema de aire acondicionado usado en las diferentes áreas, se divide en tres secciones detalladas de la siguiente manera:

- Unidad manejadora de aire (UMA), Unidad condensadora de aire (UCA), Ventilador de extracción aire (UVE), Dehumificadores (UDH) y Chiller.

- Unidad manejadora de aire (UMA), Unidad condensadora de aire (UCA), Ventilador de extracción aire (UVE) y Dehumificadores (UDH), (Área de betalactámicos) y

- El área de bodega de materia prima, Unidad manejadora de aire (UMA), Unidad condensadora de aire (UCA) y Ventilador de extracción aire (UVE).

Este es una referencia de los equipos que existen en las áreas nombradas; equipos que serán detallados en el tercer capítulo.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO[2]

Desde el principio de los tiempos, el Hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener su equipo, aún las más rudimentarias herramientas o aparatos. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo. A eso se le llamaba Mantenimiento de Ruptura o Reactivo

Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos.

Esta nueva tendencia se llamó Mantenimiento Preventivo. Como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones claves para prevenir daños al equipo. Aún cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, el Mantenimiento Preventivo era una alternativa costosa. La razón: Muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo. También se aplicaban demasiadas horas de labor innecesariamente.

---

[2] www.evoluciondemantenimiento

En 1930, se introduce el MPP (Mantenimiento Preventivo Planificado), en algunos países de Europa y en 1940 comienza la aplicación del MPP en la antigua Unión Soviética que constituía el país más desarrollado del extinguido Bloque Socialista. Siete años más tarde se propaga el MPP al resto de países socialistas de Europa, las cuales ya tenían un modelo económico y de gestión industrial muy distinto al de los restantes países del Bloque Socialistas.

En 1964 se introduce experimentalmente el MPP en la industria cubana, la cual solamente mostraba algún desarrollo en las ramas azucarera, eléctrica y del combustible, aunque existía tendencia al Mantenimiento programado en fabricas de gas, níquel y refinerías de petróleo, sin embargo la industria mecánica trabajaba solamente contra averías.

En 1961, con el surgimiento del ministerio de industrias, se comienza a dar los primeros pasos en la creación de reglamentaciones, normas y normativas, para el mantenimiento, de esa forma cada ministerio creó y adaptó el MPP a sus condiciones y particularidades concretas.

El mantenimiento correctivo evolucionó desde el imprevisto hacia el mantenimiento correctivo programado, donde a pesar de que se sigue realizando la reparación después de la avería, esta última es esperada con todos los medios necesarios preparados para disminuir el tiempo de parada del equipo; elevando la disponibilidad, en comparación con el correctivo no programado.

Este tipo de mantenimiento no planificado no satisfizo las necesidades de la producción y se comenzó a trabajar conjugando el mantenimiento correctivo (programado y no programado) con el mantenimiento preventivo, conocido fundamentalmente en nuestro país como MPP, el cual se basa en la planificación de trabajos y actividades para lograr mantener el buen estado de la capacidad de trabajo e intervenir con anterioridad a la falla. Dicha planificación se realiza teniendo en cuenta las experiencias del operario, los históricos de las máquinas y siguiendo las normas y especificaciones de los fabricantes o proveedores. Aquí se abarca la lubricación, la limpieza y pintura así como reemplazos y modificaciones

que garanticen la función del activo productivo a un costo competitivo. En resumen se presenta en la siguiente tabla:

EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA

Antes de 1914	El mantenimiento tenía importancia secundaria.
Iniciación 1914 hasta 1930	Surgió la necesidad de las primeras reparaciones
Primera generación Entre 1930 - 1950	Gestión de mantenimiento hacia la maquina
Segunda generación Entre 1950 – 1960 (aprox-)	Gestión de mantenimiento hacia la producción
Tercera generación Entre 1960 - 1980	Gestión de mantenimiento hacia la productividad
Cuarta generación Entre 1980 - 1999	Gestión de mantenimiento hacia la competitividad.
Quinta generación Entre 2000 – 2003	Gestión de mantenimiento hacia la organización e innovación tecnológica industrial.
Sexta generación Entre 2003 - Actualidad	Gestión del mantenimiento en busca de la mejora contínua.

Tabla 2.1 RESUMEN DE EVOLUCIÓN DE MANTENIMIENTO

2.2 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO

Mantenimiento es el conjunto de actividades para asegurar el buen funcionamiento de instalaciones, equipos y maquinaria con la finalidad de que se asegure una adecuada confiabilidad en la operación y seguridad del personal.

El mantenimiento es una técnica de direccionamiento que provee los medios necesarios para la conservación de los medios físicos constituyentes de una empresa, poder ampliar la vida útil de estos elementos con una buena organización y planificación, para que en condiciones de operación su funcionamiento sea con la máxima eficiencia, seguridad y economía.

2.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización debe siempre tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos. Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplado con gran prudencia en evitar, precisamente, que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución.

En el caso del Mantenimiento su organización e informatización debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

Optimización de la disponibilidad del equipo productivo, disminución de los costos de mantenimiento, optimización de los recursos humanos y maximización de la vida útil de las máquinas.

2.4 CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Según su forma de ejecución y sus características particulares se pueden encontrar diferentes formas de aplicaciones del mantenimiento que son las siguientes:

2.4.1 SEGÚN EL PROPÓSITO

Mantenimiento Correctivo.- Son actividades encaminadas a devolver el sistema a su estado normal cuando la avería se ha producido, esto se debe evitar.

Mantenimiento Preventivo.- Son actividades destinadas a impedir el estado de la avería o daño.
Mantenimiento Predictivo.- Son actividades destinadas a intuir una posible avería.

2.4.2 SEGÚN EL MÉTODO DE EMPLEO

Mantenimiento Planificado.- Con programación de actividades.

Mantenimiento no Planificado.- En función de las contingencias ocurridas.

Mantenimiento según el estado.- Control de la fiabilidad; estado del sistema bajo mantenimiento.

2.4.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este mantenimiento también es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, se dará en el caso de que, por falta de recursos económicos no se pueda comprar los repuestos en el momento deseado. La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

2.4.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado

inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

El mantenimiento preventivo permite detectar fallas repetitivas, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costes de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación. Aunque el mantenimiento preventivo es considerado valioso para las organizaciones, existen una serie de riesgos como fallas de la maquinaria o errores humanos a la hora de realizar estos procesos de mantenimiento. El mantenimiento preventivo planificado y la sustitución planificada son dos de las tres políticas disponibles para los ingenieros de mantenimiento.

Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

Con la finalidad de mitigar las consecuencias de las fallas del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran, las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar las fallas en el equipo antes de que estos ocurran.

2.4.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones, permitiendo que se tomen decisiones antes de que ocurra la falla: cambiar o reparar la máquina en una parada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos.

Este mantenimiento está basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de los tipos de equipo y sistema productivo.

Se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, dando un seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

2.5 IDENTIFICACIÓN Y PRIORIDAD A LOS PROBLEMAS MÁS SIGNIFICATIVOS DE UN PROCESO DE MANTENIMIENTO.

- Identificar y dar prioridad a los problemas más significativos de un proceso.

- Evaluar el comportamiento de un problema, comparando los datos entre el antes y el después.

- Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo.

- Reunir datos. La utilización de un Check List puede ser de mucha ayuda en este paso.

- Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor.
- Totalizar los datos para todas las categorías.

- Calcular el porcentaje del total que cada categoría representa

- Trazar los ejes horizontales (x) y verticales (y primario - y secundario)

- Trazar la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia (de 0 al total, según se calculó anteriormente)

- De izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden descendente. Si existe una categoría “otros”, debe ser colocada al final, sin importar su valor. Es decir, que no debe tenerse en cuenta al momento de ordenar de mayor a menor la frecuencia de las categorías.

- Trazar la escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulativo, comenzando por el 0 y hasta el 100%

- Trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría (la más alta)

- Dar un título al gráfico, agregar las fechas de cuando los datos fueron reunidos y citar la fuente de los datos.

- Analizar la gráfica para determinar los pocos vitales.

2.6 DEFINICIÓN DE PARETO[3]

El Diagrama de Pareto es una forma especial de gráfico de barras verticales que separa los problemas muy importantes de los menos importantes, estableciendo un orden de prioridades.

Fue creado sobre la base del principio de Pareto, según el cual, el 80% de los problemas son provenientes de apenas el 20% de las causas. Vilfredo Pareto fue un economista italiano que, en el siglo XIX, presentó una fórmula que mostraba la desigualdad en la distribución del capital.

---

[3] www.pareto.com

2.6.1 CONSTRUCCIÓN E INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras que enumera las categorías en orden descendente de izquierda a derecha, el cual puede ser utilizado por un equipo para analizar causas, estudiar resultados y planear una mejora continua.

Dentro de las dificultades que se pueden presentar al tratar de interpretar el Diagrama de Pareto es que algunas veces los datos no indican una clara distinción entre las categorías, especialmente cuando todas las barras son más o menos de la misma altura. Otra dificultad es que se necesita más de la mitad de las categorías para sumar más del 60% del efecto de calidad, por lo que un buen análisis e interpretación depende en su gran mayoría de un buen análisis previo de las causas y posterior recogida de datos.

La interpretación de un Diagrama de Pareto se puede definir completando las siguientes oraciones de ejemplo: Existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Se debe procurar estas (número) categorías pocos vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para los esfuerzos.

2.6.2 PROPÓSITOS GENERALES DEL DIAGRAMA DE PARETO

La Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa al permitir identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis se descarta las mayorías triviales.

Algunos ejemplos de tales minorías vitales serían:

La minoría de clientes que representen la mayoría de las ventas.

La minoría de productos, procesos, o características de la calidad causantes del grueso de desperdicio o de los costos de trabajos.
La minoría de rechazos que representa la mayoría de quejas de los clientes.
La minoría de vendedores que está vinculada a la mayoría de partes rechazadas.
La minoría de problemas causantes del grueso del retraso de un proceso.
La minoría de productos que representan la mayoría de las ganancias obtenidas.
La minoría de elementos que representan la mayor parte del costo de un inventario etc.

2.7 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA

La necesidad de organizar adecuadamente el Servicio de Mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo nace hace varias décadas en base, fundamentalmente, al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores. Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa la necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos.

La exigencia que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, calidad, como de cambio rápido de producto, conduce la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. Todo ello ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información. Sin embargo la introducción de la informática en ese ámbito se ha producido con cierto retraso en comparación con otros ámbitos de la empresa, en parte por la existencia de otras prioridades y en parte quizás por la lejanía del mantenimiento con respecto a los propietarios de los recursos informáticos. Desde hace unos años, la gran expansión de los recursos informáticos y la mayor facilidad de su uso han incrementado enormemente la presión para la

informatización del mantenimiento, tanto desde los servicios informáticos como desde el propio servicio de mantenimiento.

2.8 BITÁCORA

Usualmente en el mantenimiento se lo conoce como libro diario de actividades de mantenimiento, todas las empresas tienen ese tipo de registros. En el pasado a este tipo de información solo tenían acceso los jefes del departamento de mantenimiento pero al transcurrir el tiempo en la actualidad estos registros también son utilizados por casi todo el personal de mantenimiento. Este libro contiene toda la información de las actividades realizadas durante el día, así como también los registros de todas las reparaciones efectuadas a los equipos o maquinarias desde su funcionamiento.

En el libro de actividades diarias deben constar las fallas que se producen en el equipo o maquinaria con sus respectivos elementos de repuestos que se utilizaron en esa actividad, también debe constar la hora en que sucedió la fallas y la hora de reparación, posiblemente se podrá registrar que manual se utilizó para asesoramiento técnico en el caso de haber recurrido a estos como catálogo de fabricación, libros técnicos, revistas, etc.

Con el análisis y revisión de la bitácora se podrá sacar varias conclusiones para en las futuras reparaciones saber cuáles fueron las causas de las averías, cuantos daños frecuentes ha tenido el equipo, con sus respectivas soluciones, y hacerse una idea general de que equipo sufre demasiados paros innecesarios.

2.9 PLANOS DE UBICACIÓN

Este tema algunos jefes de mantenimiento no lo consideran y no dan la importancia necesaria a estos planos, en la actualidad según algunos expertos

con las experiencias vividas, este punto debe considerarse también para un plan de mantenimiento preventivo, para facilitar algunos aspectos como: el control del personal de mantenimiento, conocimiento de las instalaciones internas de la planta como por ejemplo instalaciones eléctricas, neumáticas, agua, vapor, etc. Y las diferentes dependencias de la empresa como administrativo, talleres, centrales eléctricas, bodegas, etc., para conocer, la ubicación de equipos o máquinas en la planta, saber en qué lugar se encuentra realizando un trabajo una persona determinada, para realizar posibles ampliaciones de la empresa en el futuro, para realizar un croquis general de todas las áreas de trabajo de la empresa.

2.10 IDENTIFICACIÓN DE MAQUINARIA

Para un mejor control del equipo o maquinaria se debe elaborar una identificación adecuada a cada máquina componente de la planta industrial, y también de todos los equipos encargados al área de mantenimiento. Esta identificación puede servir para un inventario al final de cada año, sirve para ubicar y especificar a los equipos o máquinas, y con esto lograr mayor facilidad para localizar un determinado equipo en la planta industrial, se lo realiza a través de placas que pueden ser metálicas usualmente usadas en las empresas:

Para optimizar el inventario se puede designar a cada elemento su respectiva placa de identificación (se recomienda que se utilice un acero inoxidable) en el cual vaya registrado el código administrativo, código del área de mantenimiento para el control al realizar una actividad de mantenimiento en ese equipo, serie del equipo, y datos adicionales de acuerdo a su importancia.

Elaborar y controlar un cuadro general con las máquinas relacionadas con el área de producción y otros departamentos de la empresa. Realizar una lista general de quipos o máquinas de apoyo como por ejemplo: en calderos, compresores, tornos, etc. También sacar una lista general de las instalaciones existentes en la industria ya que por su complejidad de instalar una placa de identificación se

hace necesario realizar una lista de identificación como por ejemplo: instalaciones de vapor, instalaciones de aire, instalaciones de agua, etc.

2.11 TARJETAS DE MANTENIMIENTO

Este tipo de tarjeta de mantenimiento sirve para recopilar todos los datos necesarios de un equipo, máquina, o instalación como sus respectivas características, las diferencias de los equipos, etc. Cada empresa cuenta con este tipo de información que es de mucha ayuda a la hora de realizar labores de mantenimiento preventivo para poder ir controlando el funcionamiento del equipo.

Esta tarjeta de mantenimiento o también conocido como una hoja de vida de la máquina, equipo e instalación es controlada y aplicada a todas las áreas encargadas en el departamento de mantenimiento como:

Equipos de producción: maquinarias de producción, sus componentes respectivos, tales como motores, instalaciones adicionales, equipos auxiliares, etc. En general todo lo que esté relacionado con el proceso de fabricación de la empresa.

Equipos de servicio como: calderos, generadores eléctricos, distribución de aguas, aire vapor, montacargas, compresores, bombas de aguas, ascensores, sanitarios, etc.

Equipos auxiliares como: tanques de almacenamiento, cisternas, tanques de combustibles, tanques de aire, tuberías de agua, drenajes instrumentos de medición calibradores, etc.

Equipos de seguridad como: tableros de distribución, protectores, válvulas, fusibles, etc.

Equipos contra incendios como: extintores, bombas de emergencia, mangueras, hachas, picos, trajes contra incendios, cascos y edificaciones: techos, ventanas, puertas, pisos, escaleras, sótanos, bodegas, instalaciones lumínicas de toda la empresa, etc. A todos estos elementos de la empresa hay que realizar una hoja de vida, e ir controlando a cada equipo, máquina e instalación.

2.12 ORDEN DE TRABAJO

Existen una variedad de formatos de estas órdenes. Se deberá estudiar detenidamente cuales son las más adecuadas para evitar mucho papeleo, dependiendo esto básicamente de la estructura administrativa de la planta, las órdenes de trabajo se las puede clasificar en: Permanentes, de ronda y cruzadas

Ordenes permanentes.- Son las que se emiten una sola vez en el periodo, que puede ser cada mes, estableciendo la frecuencia del servicio y los trabajos a ejecutarse durante el mismo.

Ordenes de ronda.- Estas son las que se emiten en las respectivas secciones de la planta y pasan al Departamento de Mantenimiento para su análisis. Es una forma de encuesta en la cual la sección informa que ha detectado algún síntoma de posible fallo, entonces es necesario hacer una inspección para determinar la prioridad del mismo, urgente o extra urgente.

Ordenes cruzadas.- La emite el Departamento de Mantenimiento con el visto bueno del Departamento de Producción, para ejecutar los servicios indicados en las órdenes de ronda. Estas órdenes cruzadas se las utilizan también para los servicios emergentes.

En cada orden debe establecerse el tipo de trabajo, su costo, tiempo muerto, personal ejecutor, etc., esto se puede observar en los formatos de Orden de Trabajo de Mantenimiento adjuntos, ver cuadro. Como se muestra en la siguiente tabla:

NIFA	ORDEN DE TRABAJO MANTENIMIENTO	Nº 000001

SOLICITANTE (USUARIO)

Departamento		Fecha		Grafico:
Area				
Máquina u objeto				
Hora de requisición				
Descripción del problema y razones de la necesidad :				
Causas del problema:				

P R I O R I D A D (USUARIO)

URGENTE	NORMAL			Nombre y firma del solicitante:
		Período:		

M A N T E N I M I E N T O

O.T. Recibido por: (nombre y firma)		Fecha		Hora	
Diagnóstico de fallas:					
Orden repetitiva:	No. Orden:	Tiempo transcurrido:			
Soliitud de cupo:	No.:	Fecha asignada:			
Requerimientos para la realización del trabajo:					
Fecha estimada de entrega		Fecha real de entrega			
Hora estimada de entrega		Hora real de entrega			
Nombre de quién realizó el trabajo		Firma:			
Recomendaciones por parte de Mantenimiento:					

NIVEL DE SATISFACCION (USUARIO)

Nombre de quien recibió el trabajo			Firma:		
Completo	Estètico	Conforme	Incompleto	No estético	No Conforme
Observaciones del solicitante:					
Período estimado de entrega		Período real de entrega			
Observaciones de mantenimiento:					

SEGUIMIENTO DEL TRABAJO REALIZADO (MANTENIMIENTO)

Fecha:
Parámetros a revisar:
Conclusiones:

REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS (MANTENIMIENTO)

EGRESO DE BODEGA Nº			
DEVOLUCION DE MATERIALES NO UTILIZADOS Nº			

Tabla 2.2 FORMATO ORDEN DE TRABAJO

2.13 SELECCIÓN DE MÁQUINAS PARA UNA INSPECCIÓN PREVIA

En este tema todos los elementos que necesiten aplicar un tipo de mantenimiento deben de constar en este registro; todas las máquinas de producción, todos los equipos de aire acondicionado e instalaciones industriales.

Luego de seleccionar los elementos que serán sometidos al mantenimiento preventivo se deberá confeccionar las fichas correspondientes a cada equipo e instalación o tarjetas de mantenimiento con el propósito de tener mayor información acerca del equipo o máquina, y conocer los períodos de inspección y servicio de mantenimiento, previamente a la realización de las fichas de mantenimiento. Es importante llevar registros de cada uno de los elementos con el propósito de contar con información adecuada de cada uno de ellos como: informaciones mecánicas y eléctricas, de averías, repuestos, reparaciones anteriores, del personal quien realizó la actividad, etc.

Los catálogos de fabricación son de mucha importancia para realizar un mantenimiento preventivo, así como también los planos de las máquinas, equipos, e instalaciones como eléctricas, mecánicas, de aire, agua, etc. Este tipo de información se debe tener al alcance del personal de mantenimiento.

2.14 PUNTOS A INSPECCIONAR

Luego de haber seleccionado el equipo, máquina, o instalación se debe analizar los siguientes puntos: procesos de inspección y frecuencia de inspección

2.14.1 PROCESO DE INSPECCIÓN

Los procesos de inspección se realizan de acuerdo con lo siguiente:

Desmontaje de la maquina o equipo, observar y tomar nota de las características técnicas, las condiciones en que se encuentran las piezas o elementos constitutivos de la maquina. Luego se procederá al montaje de equipo o máquina para en la programación del próximo mantenimiento preventivo cambiar las piezas en regular y mal estado de acuerdo al listado previo, en estos dos puntos se debe apuntar también la forma de desmontaje y montaje del equipo para que en la próxima inspección se conozca que pasos hay que seguir para el desmontaje y montaje del equipo. Con la firma del supervisor en la ficha de inspección se garantiza que se realizó la supervisión de la maquina en las que se encuentran los elementos que serán reemplazados antes de que estos fallen.

2.14.2 FRECUENCIA DE INSPECCIÓN

La frecuencia es el número de veces que se debe realizar la inspección del equipo durante un año, ya que algunos elementos necesitan mayor o menor frecuencia de inspecciones a causa de que no todas las piezas componentes de un equipo tienen el mismo desgaste.

El número de veces de una inspección determinada debe verificarse en un periodo de tiempo o en un número determinado de operaciones. Muchas veces este tiempo o periodo de inspecciones las da el fabricante del equipo, otras veces las da la experiencia que adquiere el personal de mantenimiento con la aplicación del mantenimiento preventivo. Hay que tener ciertas precauciones al realizar estas actividades, se deben tomar en cuenta lo siguiente; nunca realizar la inspección, reparación, limpieza, lubricación cuando la máquina se encuentre funcionando. No llevar puesto cadenas ni anillos, pelo largo, mandiles muy anchos, ya que en algún momento ocasionar accidentes fatales.

2.15 PRIORIZACIÓN

Este punto puede ser muy importante, para el análisis de un equipo, máquina o instalación debe realizarse un listado de los puntos de especialidades como mecánicas, eléctricas, neumáticas, etc.

El cuadro de priorización se lo realiza en base a la fecha programada para la inspección previo al mantenimiento preventivo y a la cantidad de problemas que se han producido en una determinada máquina (cantidad de trabajo), recursos económicos, complejidad, etc., y de acuerdo a esto se le da a cada factor un valor los mismos que luego se suman para notificar en que fechas se realiza la inspección de los equipos a realizar los mantenimientos, para realizar la carga del trabajo en la fecha establecida como la ejecución del mismo; la prioridad se da por diversos estudios que se realiza al equipo, tiempo, personal y complejidad. Estos datos se obtienen en el estudio previo a realizar para el mantenimiento preventivo.

2.16 ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO[4]

Un plan previo para realizar el mantenimiento preventivo y evitar posibles problemas puede abarcar los siguientes puntos:

2.16.1 FICHA DE INSPECCIÓN

La calidad de la inspección no es más que realizar un examen minucioso de las piezas y de los componentes del equipo.

[4] www.administraciondemantenimiento.newbrough.com

2.16.2 INFORME Y FECHA DE INSPECCIÓN

El informe y la fecha de inspección dependen de la priorización realizada anteriormente, de acuerdo a este punto, se planificará la fecha de inspección en cuando al informe, el mismo que se lo debe realizar lo más simple y especifico posible, debe incluir la fecha, el equipo inspeccionado, la persona que lo realizó, los detalles de la actividad realizada, etc.

2.16.3 CAPACIDAD DE LOS TRABAJADORES

De acuerdo a la capacidad de los trabajadores ya sean eléctricos, mecánicos, plomeros, etc., sirve para seleccionar a las personas idóneas para el trabajo a realizar.

2.16.4 ECONÓMICO

Es necesario dar las comodidades al personal de mantenimiento para poder realizar un buen trabajo de mantenimiento preventivo, ya que por lo general las actividades de mantenimiento preventivo se las realiza fuera de las horas laborables normales. Se debe dar algunas comodidades al personal como; alimenticia, transporte, materiales, incentivos económicos.

2.16.5 AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL TRABAJO

Para realizar un trabajo de mantenimiento debe contarse con la autorización correspondiente, y luego hacer una coordinación previa con todos los departamentos involucrados como por ejemplo: producción, seguridad, mantenimiento, gerencia. Esto se lo realiza por seguridad para que todos conozcan que trabajo se ejecutará y que fecha se lo realizará.

2.16.6 REPUESTOS

Primeramente antes de realizar una actividad de mantenimiento se debe verificar si se cuenta con los repuestos necesarios para realizar este trabajo de mantenimiento, esta información se la obtiene con un análisis previo a la inspección, con la finalidad de constatar si se cuenta con el stock necesario en bodega, en caso de que no se cuente con estos repuestos en la bodega se debe realizar un pedido anticipado a la Gerencia para comprar estos repuestos, y no salirse del sistema cronológico de actividades de mantenimiento, y con esto se evita molestias al momento de realizar las inspecciones al personal de mantenimiento.

2.16.7 INFORME DEL TRABAJO REALIZADO

Este informe es muy importante para poder conocer qué se debe hacer al momento de realizar otro mantenimiento preventivo. Las personas que realizan las inspecciones o mantenimiento preventivo de un equipo, máquina o inspección deben realizarlo y deben constar los siguientes puntos:

Fecha de iniciación y terminación del trabajo, la hora de inicio y terminación; nombre de la máquina, equipo, o instalación; mecanismos sobre la actividad realizada; bosquejo (como se desarmó y se armó), dibujos de la máquina; pasos a seguir para desarmar la máquina; que daños o desperfectos se encontró en la máquina; cómo se solucionó (soluciones aplicadas); lista de elementos en mal estado, regulares, buenos, número del repuesto o códigos, medidas, sugerencias de operador; observaciones, condiciones de las piezas dañadas, con estos puntos descritos en este informe se podrá obtener una mejora continua y reducir costos, horas de paros, daños improvistos.

CAPÍTULO III

TEORÍA DE PROCESOS PRODUCTIVOS Y EQUIPOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

3.1 PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo comprende varias etapas de fabricación, de los que se encargan los diferentes departamentos, a continuación se detalla el proceso de fabricación de medicinas en la planta industrial NIFA S.A (Tabla 3.1)

Adquisición de materia prima	Departamento de compras
Pesaje	Departamento de Producción
Mezcla	
Granulado	
Tableteado	
Recubrimiento	
Sellado	
Codificado	
Revisión de calidad de productos	Departamento de Control de calidad
Control de productos para la venta	Departamento de aseguramiento de la calidad
Mantenimiento de maquinaria - equipos	Departamento de mantenimiento

TABLA.3.1 TABLA DE PROCESO PRODUCTIVO NIFA S.A.

La importancia de disponer de sistema de acondicionamiento de aire dentro del proceso productivo está directamente vinculado con el departamento de

producción ya que aquí es donde es indispensable mantener condiciones ambientales óptimas para la fabricación de medicinas de calidad. Este es un requisito dentro de las normativas del Ministerio de Salud Pública para los laboratorios farmacéuticos.

Los parámetros que influyen en el proceso productivo de elaboración de medicinas son la humedad y temperatura.

3.1.1 HUMEDAD

La humedad.- el aire ambiental posee vapor de agua en ocasiones es muy saturado esto ocasiona que la humedad afecte a los diferentes procesos, incidiendo en el funcionamiento de la maquinaria; al tener una humedad muy alta en la materia prima (polvo), se pega en las mallas de los granuladores, en las paredes de los mezcladores, en punzones de las tableteadoras, ruedas de precompactadores, tolvas de tableteadoras. Esto hace que el polvo no fluya adecuadamente provocando variación de pesos en las tabletas, ruidos excesivos en las máquinas, aparición de puntos negros por contaminación de polvo (al pegarse el polvo en partes móviles de las máquinas).

Durante los procesos productivos en pesaje, mezcla, granulado, tableteado, sellado se producen residuos de polvo que se mezclan en el ambiente, este aire contaminado es perjudicial ya que puede contaminar los procesos productivos (contaminación cruzada) de cabinas cercanas. Para evitar este problema se hace circular el flujo de aire desde el exterior pasando por las unidades manejadoras de aire donde es filtrado calentado o enfriado y secado de tal forma se extrae ese aire por los ventiladores de extracción, previo a ser expulsado el aire debe pasar por filtros para evitar la contaminación en el medio ambiente.

3.1.2 TEMPERATURA

La temperatura.- Durante ciertos procesos productivos se trabaja con tanques (marmitas) en las que se calienta agua, que por efecto natural tiende a subir la temperatura ambiental de las cabinas, produciendo sofocación en las personas que laboran en estas, por lo que es necesario disipar el exceso de temperatura enfriando el aire que circula por las cabinas. Mientras en el caso de las noches y madrugadas desciende la temperatura considerablemente enfriando el aire que circula por las cabinas, por lo que es necesario calentar el aire que ingresa a las cabinas para mantener la temperatura adecuada para el personal que se encuentre laborando. En casos de días calurosos se recurre a realizar lo contrario enfriar en aire circundante de las cabinas, a la temperatura requerida. Siendo la temperatura óptima 26 grados centígrados a una humedad relativa más - menos 5%.

3.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE REFRIGERACIÓN

SISTEMA TERMODINÁMICO

Es un espacio definido con una cantidad de materia fija sobre la cual se enfoca un estudio. Cualquier cosa externa al sistema está separada por sus límites que pueden ser fijos o móviles.

Una propiedad del sistema es cualquier característica observable del mismo. Un conjunto de suficiente número de propiedades independiente de un sistema define su estado.

Las propiedades termodinámicas más comunes son: Temperatura T; presión P, volumen específico V, o densidad D. Existen además propiedades fundamentales como son: Energía interna (u), Entalpía (h). Entropía (s)

Energía Interna.- Se refiere a la energía que posee la materia debido a su movimiento y /o fuerzas intermoleculares. Por tanto, se podría dividir la energía en dos partes:

a.- Energía Cinética, la cual es resultado de la velocidad de las moléculas y
b.- Energía Potencial interna, que se debe a la fuerza de atracción intermolecular.
.

Es posible encontrar en un proceso ciertas combinaciones de propiedades termodinámicas las cuales son también propiedades de una sustancia dependientes de un cambio de estado, una de aquellas combinaciones es u + Pv que se la define como entalpía:

h= Entalpía en BTH por libra
u= Energía interna

UNIDAD TÉRMICA BRITÁNICA (BRITISH THERMAL UNIT BTU)

La cantidad de energía calorífica se mide en BTU. Un BTU se define como la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 lb de agua en 1 ℉. Exactamente un BTU es 1/180 de la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una libra de agua desde su temperatura de congelamiento 32 ℉ hasta su temperatura de ebullición (212 ℉).

CONSIDERACIONES TERMODINÁMICAS

El aire atmosférico es una combinación de algunos gases y además de vapor de agua y otros elementos contaminantes. Si se elimina del aire los contaminantes y el agua contenida, el aire así obtenido se denomina aire seco, cuya composición fundamental es oxigeno 20.9476 % nitrógeno 78.084 % argón 0.934 % monóxido de carbono 0.314 %, neón 0.001818 %, helio 0.000524 %, metano 0.0002 % dióxido de azufre 0.0001 %, hidrógeno 0.00005 % y otros menores como kriptón xenón y ozono. Esta composición del aire permanece constante en cualquier sitio, no así la cantidad de vapor contenido el cual depende de la posición geográfica y de las condiciones climáticas, está entre el 1 al 3% de la masa de la

mezcla. Debido a que la principal fuente de vapor en el aire proviene de la evaporación de líquidos, la humedad atmosférica es mayor en lugares con grandes masas de agua y menor en las zonas áridas. Pero en ningún caso existe en la naturaleza aire seco.

CALOR ESPECÍFICO

Es la capacidad calorífica por unidad de masa o capacidad de absorber calor de un cuerpo. Es el calor necesario para aumentar la temperatura de una libra de una sustancia en ℉. Como 1BTU se necesita para aumentar 1℉ en 1lb de agua entonces el Calor específico del agua es 1.

CALOR NECESARIO PARA CAMBIAR LA TEMPERATURA DE UNA SUSTANCIA

El calor necesario para cambiar la temperatura de una sustancia se encuentra en la siguiente fórmula[5]:

$$H = W\ S\ (t2-t1) \qquad (1.)$$

Donde:
H = Calor (BTU)
W = Peso (Lb)
S = Calor especifico (BTU/lb*℉)
t1 = Temperatura inicial del producto
t2 = Temperatura final del producto

[5] CONTARDO Cristian. Manual de refrigeración industrial. Quito. 2002

CALOR SENSIBLE

Es el calor que se agrega o se quita a una sustancia que produce un cambio de temperatura.

CALOR LATENTE (BTU/lb; Kcal/Kg)

El calor latente es el calor que se añade o se quita a una sustancia que ocasiona un cambio de estado sin que haya cambiado la temperatura, todas las sustancias pueden existir en tres tipos de estados, el estado liquido, el sólido, y el de vapor o gaseoso.

CALOR LATENTE DE FUSIÒN, DE EVAPORACIÒN Y DE CONDENSACIÒN

El calor latente de fusión es la cantidad de calor por unidad de masa que se debe añadir a una sustancia en estado sólido para que pase al líquido a la misma temperatura.

El calor latente de evaporación, es la cantidad de calor por unidad de masa que se debe añadir a una sustancia en estado líquido para que pase al estado gaseoso a la misma temperatura.

El calor latente de condensación es el calor que se debe quitara una sustancia en estado gaseoso para que pase al estado liquido (condensación), es el mismo valor que el calor latente de evaporación.

PUNTO DE EBULLICIÒN

Todos los líquidos tienen un punto dado e ebullición para condiciones dadas de presión. Ejemplo: el agua a nivel del mar (presión de 14-7 PSI) debe ser calentada hasta 212℉, para hervir (para que el calor latente de vaporización

pueda ocurrir). Si la presión es aumentada, el punto de ebullición aumentara y viceversa.

En los sistemas de refrigeración se usan líquidos que tienen puntos de ebullición que pueden ser muchos grados más bajos que 0℉.

PRESIÓN ABSOLUTA (Psia) Y PRESIÓN MANOMÉTRICA (Psig)

La presión absoluta (Psia) es la presión en $lb/pulg^2$ sobre un vacio completo. La presión manométrica (Psig) es la presión en $lb/pulg^2$ sobre la presión atmosférica normal de 14,696 PSI o 29,92 pulg de mercurio. La presión absoluta será siempre la medida de presión manométrica más 14,696 PSI (presión atmosférica).

PRESIÓN DE VACÍO

Cualquier presión bajo 0 PSIG se lee comúnmente en pulgadas de vacío. Dado que la presión atmosférica normal de $14.69lb/pulg^2$. Soporta una columna de mercurio igual a 29.92 pulg de altura, el vacio de 10 pulg significa un vacio o presión parcial de 10 pulg menos que la presión normal. Un vacio completo o 0 PSIA significa 30 pulg de vacio aproximado menos que la presión normal. (Tabla 3.2)

PSI	Atmósferas	Pulg. mercurio
1	0.06804	2.036
14.696	1	29.92
0.4912	0.03392	1

TABLA 3.2 EQUIVALENCIA DE PRESIONES

TEMPERATURA CRÍTICA Y PRESIÓN CRÍTICA

Para cada gas existe una temperatura por arriba de la cual no puede ser licuado, independiente de la presión esta temperatura se la llama crítica. La presión crítica es la presión que se produce de la licuefacción a la temperatura crítica.

TRANSMISIÓN DE CALOR

El calor no pude destruirse pero pude ser transferido de un cuerpo a otro, siempre del cuerpo más caliente al más frio, hasta llegar al equilibrio térmico entre los cuerpos. El calor es transferido de tres formas: radiación, conducción y convección.

CONDUCCIÓN, RADIACIÓN Y CONVECCIÓN

En conducción el calor circula desde un cuerpo de alta temperatura a otro de menor temperatura, a través de las superficies en contacto de los cuerpos; la radiación es la transmisión de calor de una fuente termógena mediante rayos caloricos que se radian hacia otros cuerpos. En convección el calor se trasmite por mediación de un agente ya sea líquido o vapor. Las corrientes de aire son los agentes más comunes en la transmisión de calor por convección.

3.3 TERMINOLOGÍA USADA EN REFRIGERACIÓN

TONELADA DE REFRIGERACIÓN

Es la cantidad de calor necesario para fundir una tonelada y hielo en 24 horas, por lo tanto siendo el calor latente del hielo igual 144 BTU/lb, se necesitan 288000 BTU en 24 horas o 12000 BTU/hora.

ENFRIADOR

Es un intercambiador de calor en que un refrigerante de baja presión hierve o se evapora, absorbiendo así el calor que fue removido del área refrigerada por el medio refrigerante.

LADO DE ALTA

La porción de un sistema de refrigeración que está bajo la presión de descarga o del condensador. Se extiende desde la descarga del compresor hasta la entrada de la válvula de expansión.

LADO DE BAJA

La porción de un sistema de refrigeración en la que le refrigerante está a baja presión. Se extiende desde la salida de la válvula de expansión hasta la succión del compresor.

LÍNEA DE LÍQUIDO

La tubería del refrigerante a través de la cual el refrigerante liquido fluye del condensador hasta la válvula de expansión.

MEDIO REFRIGERANTE

Un fluido empleado para recoger calor que se hace circular por el intercambiador de calor, donde el calor es removido a otro lugar; se los llama refrigerantes.

PRESIÓN EN LA CABEZA O PRINCIPAL

Presión en la descarga de un compresor o en el condensador. Conocida también como presión de lado del lado de alta.

PRESIÓN DE SUCCIÓN O PRESIÓN DE RETORNO

La presión de succión del compresor o en la salida del evaporador. Se conoce también como succión del lado baja.

EFECTO DE REFRIGERACIÓN

En un sistema o ciclo de refrigeración, cada libra del refrigerante que circula en el sistema debe absorber una cantidad de calor en el evaporador y disipar dicho calor más el calor que agrega el compresor en el condensador del sistema. La cantidad de trabajo que realiza cada libra de refrigerante que pasa por el evaporador se denomina efecto refrigerante.

REFRIGERANTE MANEJADO

La cantidad de refrigerante que se hace circular dividiendo 200 BTU/min. Ante el efecto de refrigeración, en BTU/lb del refrigerante, se obtiene el número de libras de refrigerante que circula cada minuto.

TRABAJO DE COMPRESIÓN

Es la cantidad de calor que se agrega al refrigerante en el compresor. Durante el proceso de compresión.

3.4 REFRIGERACIÓN MECÁNICA

La refrigeración mecánica es posible gracias a las propiedades de un líquido volátil, llamado refrigerante, que hervirá o se vaporizará bajo las condiciones apropiadas, de tal manera que absorberá calor del medio que lo rodea. El efecto

de refrigeración es producido por el refrigerante de ebullición cambiando a vapor, más no por la máquina (compresor, ventiladores).

La refrigeración mecánica se usa para remover calor de un área o sustancia a otra, usando las propiedades del calor latente del refrigerante. Para lograr esta transferencia de energía calórica, el sistema de refrigeración debe proporcionar una temperatura inferior al refrigerante que la temperatura del medio que se va a enfriar. Y elevar la temperatura del refrigerante a un nivel superior a la temperatura del medio que se utiliza para la expulsión de dicha energía calórica, aunque el paquete completo del enfriador es más complejo, los componentes básicos que se requieren para la refrigeración mecánica son el compresor, evaporador, condensador y válvula de expansión termostática (TXV).

3.5 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO REFRIGERANTE

En la figura 3.1 se puede ver un esquema simplificado de un sistema refrigerado. Donde el compresor recibe el refrigerante, en forma de vapor, y lo comprime. A continuación, el vapor comprimido entra en el lado de alta del sistema, donde circula en primer lugar por el condensado. El ventilador del condensador, aplica una corriente de aire sobre el condensador, el vapor comprimido y caliente sede su calor a través de las paredes del tubo del condensador y de las aletas de refrigeración por conducción. A su vez las aletas ceden este calor al aire circundante por convección.

El aire calentado se expulsa hacia la parte exterior del recinto con una temperatura mayor que cuando lo absorbió el condensador. El refrigerante al perder una gran parte de su calor latente, pasa de vapor a líquido y circula por la tubería de líquido. Para que pueda mantener su presión, se separa del evaporador, mediante un tubo capilar llamado reductor o una válvula de expansión.

Este tubo separa el lado de alta del lado de baja del sistema siempre que el compresor esté funcionando. Cuando el compresor se para, el reductor iguala las presiones entre el lado de alta y el de baja, de esta forma, cuando el compresor se pone en marcha de nuevo, la presión se eleva gradualmente y permite una puesta en marcha más suave. Después de salir el tubo reductor, el liquido refrigerante entra en el evaporador, en el lado de baja del sistema. Aquí su presión se reduce súbitamente.

La presión y la temperatura están relacionadas directamente entre sí. Cuando la presión se hace menor, las moléculas del refrigerante tienen que recorrer mayores distancias y necesitan mayor energía. Esta energía es disipada, en forma de calor latente, del aire que rodea el evaporador y de esta forma, el refrigerante empieza a hervir, pasando de nuevo el líquido a vapor. El aire que rodea el evaporador una vez frio se reintegra a la cabina. Al salir del evaporador, el vapor entra en la tubería o línea de aspiración. Desde aquí es alimentado directamente al compresor para empezar el ciclo de nuevo.

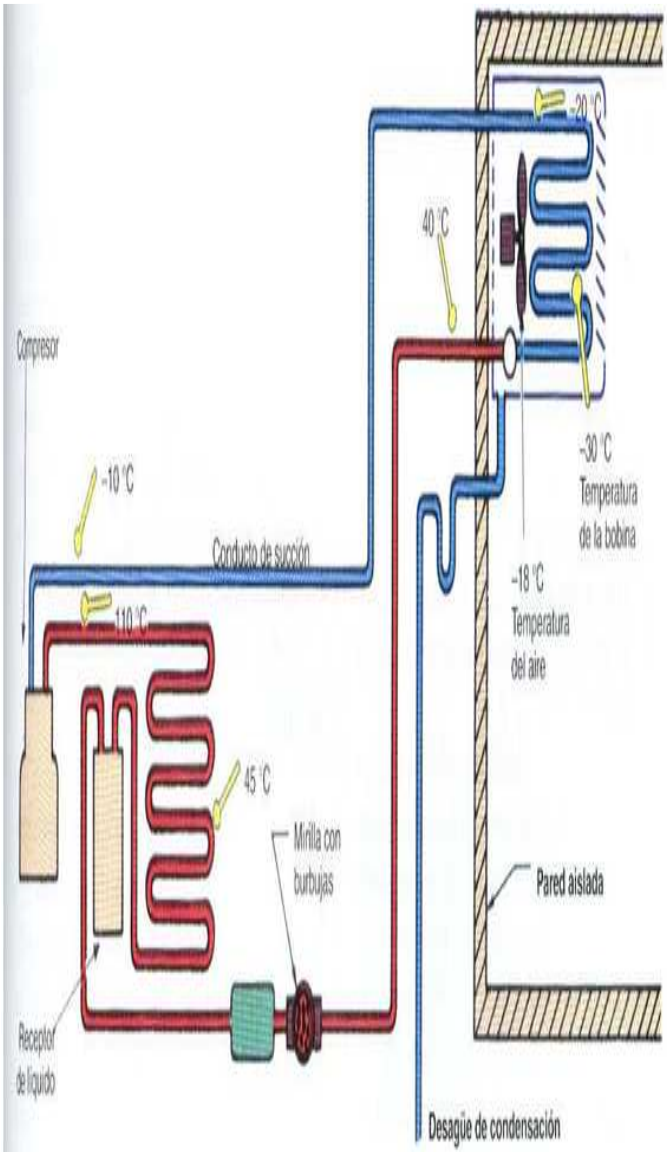

FIGURA 3.1 CIRCUITO REFRIGERANTE

FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.6 CICLO TERMODINÁMICO DE REFRIGERANTE (DIAGRAMA PRESIÓN- HUMEDAD, P-H)

El área que queda a la izquierda es la región subenfriada, a la derecha se encuentra la región supercalentada, y en la mitad esta la región húmeda o estado de mezcla. Las líneas de temperatura son horizontales en el diagrama de H-P, son líneas de presión constante, y las líneas verticales son líneas de entalpia

constante o energía calórica. La línea denominada línea de líquido saturado es un esquema de la presión vs. entalpia de un refrigerante dado. El diagrama se divide en tres regiones.

El área que queda en la izquierda es la región subenfriada, a la derecha se encuentra la región supercalentada, y en la mitad esta la región húmeda o estado de mezcla. Las líneas de temperatura son horizontales para indicar que cada cambio de fase ocurre a una presión constante. De manera similar, la expansión del gas tiene lugar a una temperatura constante.

Siguiendo el diagrama, si el líquido refrigerante en el punto A absorbe calor a presión constante, comenzará a hervir. La evaporación ocurre sin que haya cambios de temperatura. A medida que se añade calor, la entalpia aumenta, y entra en estado de mezcla de vapor a líquido. En el punto B la mezcla se convierte en vapor saturado. Cualquier cantidad de calor que se aplique a presión constante hace que el refrigerante entre a la región de super calor indicada en el punto C**.**

En la evaporación, el refrigerante entra en el evaporador como una mezcla de vapor y liquido en el punto D del diagrama. Entra en le evaporador dosificándose a través de una válvula de expansión termostática TXV, que disminuye su presión, y por ende su temperatura. Debido a que tiene una temperatura inferior al fluido del proceso, absorbe el calor del fluido del proceso, entra en ebullición y debe cambiar de estado al fin de que el refrigerante pueda cambiar de estado, debe adquirir energía calórica, durante esta transferencia de energía calórica, solo se absorbe calor latente, lo que hace que el refrigerante se mantenga a una temperatura constante.

En teoría, deja el evaporador como vapor en el punto E, sin embargo, en la aplicación, el calor adicional o supercalor se añade para evitar condensaciones de líquido en las líneas que puedan dañar al compresor. Además, la TXV requiere cierta cantidad de supercalor para funcionar correctamente.

Después de absorber calor latente durante el cambio de estado y en el super calor, el gas refrigerante se comprime dese un gas de baja presión a un gas de alta presión. Durante el proceso de compresión, el gas refrigerante absorbe calor adicional, conocido color de compresión, que es simplemente la fricción de moléculas forzadas rápidamente en un espacio limitado. La energía calórica adicional causada por la compresión está representada por la línea entre los puntos F y H. observe que el punto H esta ala derecha del punto F, lo cual señala la entalpia adicional resultante del calor de compresión.

El gas ahora caliente y con alta presión, se pasa por un condensador para remover calor de compresión más el calor latente de evaporación, conocido colectivamente como calor total de expulsión. Este calor por lo general es expulsado hacia una fuente de agua en el estado de un paquete condensador enfriado por aire. En le diagrama de P-H, puede verse que la condensación tiene lugar a una temperatura constante. La transferencia de calor se representa por la diferencia de entalpia entre los puntos H y J. En el punto J, el refrigerante es condensado totalmente en un líquido y permanece a presión constante. Como se observa en la (fig 3.2).

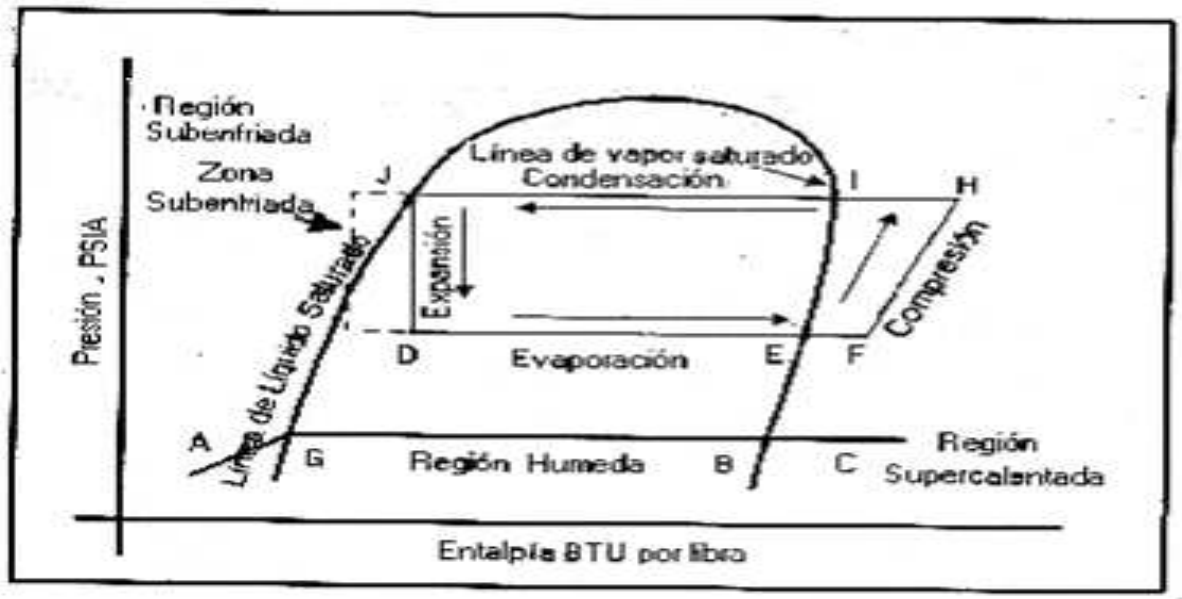

FIGURA 3.2 CICLO TERMODINÁMICO DE REFRIGERANTE (DIAGRAMA P-H)

FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7 COMPONENTES DEL CIRCUITO

Los componentes del circuito de refrigeración son el compresor, el condensador, válvula de expansión, evaporador, presostato, mirilla del refrigerante, secadores y válvula solenoidal.

3.7.1 EL COMPRESOR

El compresor es un elemento motor del circuito frigorífico. Se trata de una bomba que transforma la energía mecánica transmitida por un motor eléctrico en energía de presión, provocando la circulación del fluido frigorígeno aspirándolo en la salida del evaporador e impulsándolo dentro del condensador, después de elevar su presión al valor óptimo de utilización.
Actúa sobre el fluido exclusivamente en fase de vapor seco. La capacidad frigorífica del compresor depende de su cilindrada y de la velocidad de rotación del motor. La cilindrada se elije entre las gamas propuestas por los constructores del compresor, en función de la potencia frigorífica de la instalación.

Los compresores de uso más corriente son los de cilindrada fija, que comprime el volumen máximo del gas en cada rotación. En estos compresores, la regulación de la potencia frigorífica se obtiene alternando el funcionamiento y la parada, a partir de la medición de la temperatura del aire que atraviesa el evaporador (aire impulsado). La medición se efectúa por medio de un captador termostático que provoca la alternancia del funcionamiento (ciclo) actuando sobre el control eléctrico de encendido y apagado del motor. (fig. 3.3)

FIGURA 3.3 COMPRESOR DE REFRIGERACIÒN
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.1.1 LUBRICACIÓN DE LOS COMPRESORES

El aceite contenido dentro del compresor asegura dos funciones: La lubricación de las piezas mecánicas en movimiento dentro del compresor y de las válvulas de expansión. La mejora de estanqueidad de los racores al asentarse sobre los planos de los empaques.

Circula por el circuito frigorífico, íntimamente mezclado con el fluido frigorígeno. La mezcla depende varios factores: temperatura, presión, naturaleza del aire y del fluido frigorígeno así como su concentración relativa. Con todas las temperaturas de funcionamiento del sistema frigorífico, el aceite debe ser perfectamente miscible para volver fácilmente al compresor sin acumularse en el evaporador. Si así ocurre, podría darse una pérdida de producción. Los aceites frigorígenos están especialmente purificados, deshidratados y acondicionados para que no se forme hielo dentro del circuito. No deben mezclarse dos aceites frigorígenos diferentes. Este es el refrigerante dominante en los sistemas de aire acondicionamiento de aire residenciales y comerciales, aunque también es empleado en enfriadores centrífugos muy grandes para acondicionamiento de aire y enfriamiento de procesos industriales. (fig.3.4).

FIGURA 3.4 TANQUE DE GAS REFRIGERANTE
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.2 EL CONDENSADOR

Es un intercambiador térmico que tiene por función: Hacer pasar el fluido frigorífico elevado a alta presión dentro del compresor, del estado gaseoso a líquido y lograr así una presión de condensación que le permita expandirse dentro del evaporador. Evacuar el calor absorbido por el fluido en las fases de evaporación y de compresión. Para ello, el fluido circula por una red de tubos separados por aletas. El conjunto es atravesado por un chorro de aire impulsado por uno o dos electro ventiladores, la refrigeración se obtiene por un intercambio calórico entre el aire y el fluido frigorìgeno, a través de la rejilla del intercambiador; el fluido penetra en estado gaseoso dentro del tubo del a parte superior y llega en estado liquido a la parte baja de la rejilla.

Los circuitos trabajan a presiones y temperaturas elevadas en la salida del compresor. Se necesita evacuar más calorías para que el fluido pase al estado líquido y a una presión que no perjudique a los diferentes componentes. La tubería de estos condensadores consta de tubos mecanizados en aluminio, de igual sección que la del tubo del serpentín precedente y que acaban en dos

extremos, dentro de los colectores. Estos últimos están repartidos de forma que el fluido puedan ir y venir varias veces dentro de la tubería, los tubos están separados por aletas apersianadas en acordeón. El conjunto está fabricado en aluminio soldado al horno. (fig. 3.5)

FIGURA 3.5 CONDENSADOR DE AIRE ACONDICIONADO
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.3 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

La válvula termostática de expansión es el regulador proporcional del caudal de fluido frigorígeno dentro del evaporador. Controla el caudal en función del recalentamiento y alimenta regularmente el evaporador de este modo, solo se inyecta la cantidad de fluido necesario para una evaporación óptima, también asegura el control de la evaporación para que sea completa e impida al fluido no evaporado volver al compresor. (fig. 3.6).

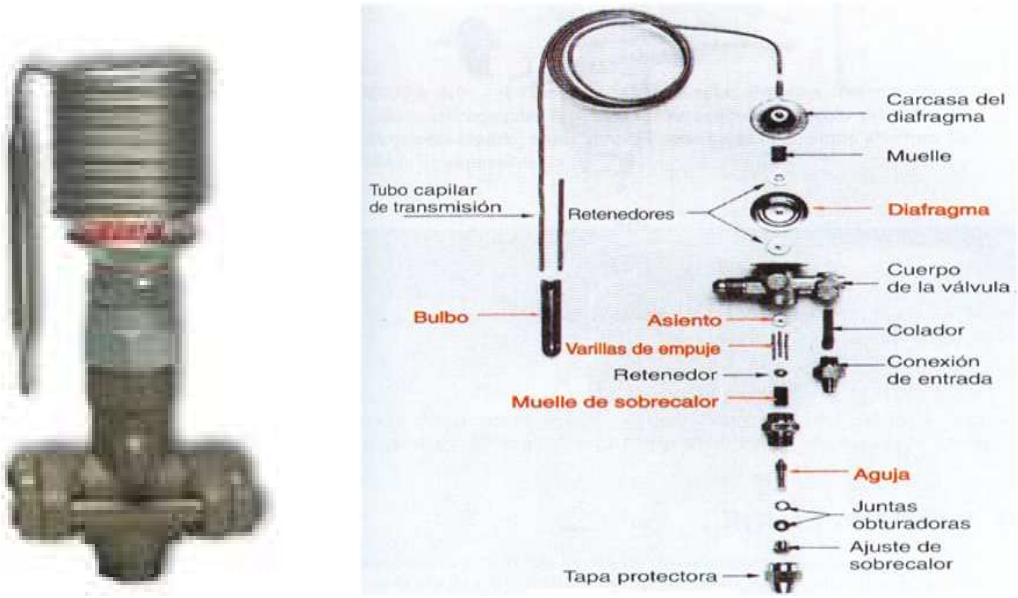

FIGURA 3.6 VÀLVULA DE EXPANSIÒN TERMOSTÀTICA
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.4 EVAPORADOR

El evaporador es un intercambiador térmico cuya función es indisociable con la de válvula termostática de expansión. Su función es la de asegurar la evaporación total del fluido frigorígeno proveniente de la válvula de expansión pasando de la fase de vapor saturante al estado gaseoso, antes de su recirculación por el compresor, durante la evaporación el fluido absorbe la energía del aire impulsado, que se enfría atravesando la tubería del evaporador. El calor es transferido a través del evaporador por una acción de conducción y un movimiento de convección. Existen varios tipos, los más comunes son los evaporadores de tubo redondo y aletas planas. Estos evaporadores tiene un bajo costo de fabricación, pero el costo es alto por las numerosas operaciones manuales de soldadura, necesaria para la colocación de la red de distribución interna del fluido frigorígeno. Además existen evaporadores de placas y aletas intercaladas apersianadas en acordeón esta tecnología, solo requieren pocas intervenciones manuales para el ensamblado, permite mayores ritmos de producción y unos costes adaptados a una gran difusión.(fig 3.7)

FIGURA 3.7 EVAPORADOR DE AÌRE
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.5 PRESOSTATOS

Los presostatos de seguridad garantizan las siguientes funciones: Protección contra un exceso de alta presión, se desconecta a una presión de 28.5 bares aproximadamente y conecta a 22.9 bares aproximadamente. Protección contra una caída importante de la presión alta, la desconexión se produce a una presión de 2 bares y entra en funcionamiento a los 2.46 bares aproximadamente (fig 3.8)

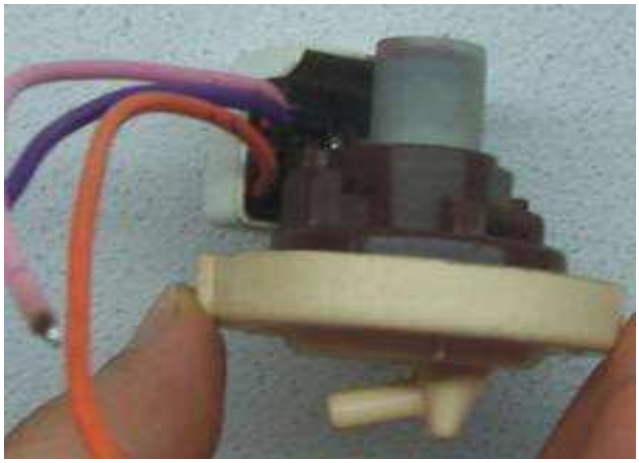

FIGURA 3.8 PRESOSTATO DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÒN
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.6 MIRILLA DEL REFRIGERANTE

Consta de un visor que permite controlar la circulación y el estado del fluido frigorígeno, en estado liquido. Puede ubicarse en el depósito, después del filtro deshidratador, o en el conducto de líquido entre el depósito y la válvula de expansión. Durante el funcionamiento del sistema frigorífico, el fluido circula regularmente, sin turbulencias. Cuando el nivel de fluido líquido dentro del depósito llega bajo el extremo del tubo embolo, se crea gas y se observa burbujas detrás del visor. Son pruebas de un funcionamiento defectuoso debido a la pérdida de presión causada por: una carga del circuito de fluido insuficiente, una pérdida de fluido, un refrigerante insuficiente en relación con la pérdida de presión entre el condensador y la válvula de expansión. (fig. 3.9)

FIGURA 3.9 MIRILLA DE REFRIGERANTE
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.7 SECADORES

El filtro secador de refrigerante puede estar situado en cualquier lugar del conducto del líquido, después de la válvula maestra. El filtro secador es un dispositivo que elimina los contaminantes del refrigerante. Estos contaminantes pueden ser suciedad, fundente utilizado en las operaciones de soldadura, partículas de suelda, limaduras, humedad, piezas sueltas o ácido causado por la

humedad. Los filtros secadores pueden eliminar el polvo (sólo el filtro), la humedad y el ácido. Estas operaciones de filtrado y secado se realizan con una serie de materiales incluidos en el dispositivo.

Algunos fabricantes incluyen pequeñas esferas de compuestos químicos y otros usan un bloque poroso construido a partir del agente secante. Los agentes más comunes que pueden encontrarse en los filtros secadores son la alúmina activada, los filtros moleculares o el gel de sílice. El componente tiene una pequeña pantalla en la salida para atrapar cualquier partícula de pequeño tamaño que pueda estar desplazándose por el sistema. (fig. 3.10)

FIGURA 3.10 FILTRO SECADOR DE REFRIGERANTE
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.7.8 VÁLVULA SOLENOIDAL

La válvula solenoídal es el componente más frecuentemente utilizado para regular el flujo de fluido. Esta válvula tiene una bobina magnética que, al ser energizada, eleva un émbolo dentro de la bobina. Esta válvula puede ser del tipo normalmente abierta (NO) o normalmente cerrada (NC). La válvula NC está cerrada hasta que se la energiza, momento en el cual se abre. La válvula NO está normalmente abierta hasta que se la energiza, momento en el cual se cierra. El émbolo está acoplado a la válvula, para que la acción del émbolo haga que ésta se mueva.

Las válvulas solenoídales son válvulas de acción repentina, que se abren y cierran muy rápidamente con la energía eléctrica aplicada a la bobina. Pueden utilizarse para controlar el flujo de líquido o de vapor. La válvula solenoídal se encarga de detener y reiniciar el flujo de fluido. Hay dos errores comunes durante la instalación que pueden impedir que la válvula solenoídal funcione correctamente: la dirección en que se monta la válvula y la posición en que la válvula se instala. El flujo de fluido debe seguir la dirección correcta en una válvula solenoídal, o la válvula no cerrará completamente.

La válvula estará montada en la dirección correcta cuando el propio fluido ayude a cerrar la válvula. Si la alta presión se encuentra bajo el asiento de la válvula, ésta puede tener una tendencia a salirse de su asiento. La válvula tiene una flecha para indicar la dirección del flujo. A la hora de colocar la válvula solenoídal en la dirección correcta, será preciso tener en cuenta la posición de la válvula. La mayor parte de las válvulas solenoídales tienen un émbolo pesado que se eleva para abrir la válvula. Cuando no se aplica energía al émbolo, el propio peso de éste mantiene a la válvula en su asiento hermético. Si se instala este tipo de válvula de lado o boca abajo, la válvula permanecerá en posición abierta cuando debiera estar cerrada. (fig. 3.11)

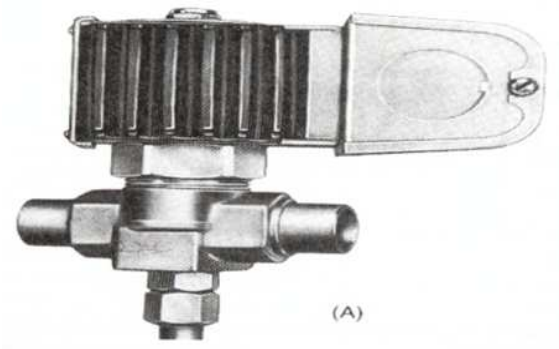

FIGURA 3.11 VÁLVULA SOLENOIDE DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

3.8 ESPECIFICACIÓN DE DUCTOS Y ACCSESORIOS

Existe estandarización para el diseño, construcción e instalación de ductos y accesorios de los equipos de sistema de aire acondicionado según normativas internacionales como Duct Construction Standards Metal and Flexible.

3.8.1 DUCTOS DE LÁMINA GALVANIZADA

Son ductos de lámina galvanizada de primera calidad construida según ASTM A 525, los ductos cumplen con normas SMACNA[6] de trabajo de hasta 2 pulg de diámetro, para el sistema de ductos de suministro principal; y según presión de 1 pulg de diámetro para los ramales de distribución y extracción, tomando en cuenta en cada caso el tipo de junta transversal según la tabla 3.3

LADO MAYOR	ESPESOR US. GAUGE	ESPESOR (MM)	ESPACIO ENTRE REFUERZOS	TIPO DE REFUERZOS SEGÚN SMACNA
Hasta 26”	26	0.5	8`	A
27”-30”	24	0.7	8`	C
31”-36”	26	0.7	4`	D
37”-48”	26	0.9	4`	D

TABLA 3.3 ESPECIFICACIONES DE DUCTOS DE LÁMINA GALVANIZADA SEGÚN LA NORMA DE DUCT CONSTRUCTION STÁNDARDS METAL AND FLEXILE

Con uniones longitudinales tipo Pittsburgh Lock construidas en conformadora de rodillos y perfectamente remachadas para evitar fugas de aire. Se pueden admitir otros de tipo de junta o refuerzo conforme a recomendaciones SMACNA.

[6] www.smacna.com

3.8.2 CODOS

Todos los codos se consideran redondos con un radio interior igual a la mitad del lado, se puede en todo caso utilizar varios codos rectos construidos según SMACNA.

3.8.3 PIEZAS DE TRANSICIÓN

Para uniones de dos tramos de sección diferente se utilizan en piezas de transición con pendientes no mayores de 11 grados en cualquier lado del ducto.

3.8.4 SOPORTES

Son ductos de lado mayor hasta 30 pulg está instalado con pletina de acero de 1pulg x1/8 pulg perfectamente preparada y pintada con anticorrosivo, antes de su sujeción, y siguiendo las recomendaciones de SMACNA, los anclajes a la loza son clavos de acero disparados con fulminante y tacos metálicos con expansión. Los ductos de lado mayor están soportados sobre ángulos de 1 ½ pulg x 1/8 pulg suspendido desde la loza con varilla lisa de 3/8 pulg roscada en sus extremos para nivelación. Los ductos verticales descendientes llevarán soportes con ángulo (11/2x 1/8) pulg sujetos con tacos metálicos de expansión anclado en cada piso.

3.8.5 ACCESORIOS Y COMPUERTAS DE REGULACIÓN

Todos los accesorios están construidos según recomendaciones SMACNA, utilizando para los mecanismos accesorios recomendados y aprobados, con manijas e indicadores de posición fácilmente visibles.

3.8.6 AISLAMIENTO

Los ductos de mando de los sistemas de aire acondicionado llevan un aislamiento de lana de vidrio de 1 pulg de espesor y con cubierta de oíl de aluminio, las uniones longitudinales del papel aluminio garantizan la hermeticidad del recubrimiento.

3.9 DESCRIPCIÓN DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

El sistema de funcionamiento, es un sistema de volumen variable que suministra aire exterior filtrado y tratado, por medio de una manejadora de aire, para impulsar el caudal requerido (CFM), a total capacidad. El sistema presuriza la sala y controla la temperatura y humedad relativa por medio de serpentín y condensador para el enfriamiento, de igual manera utiliza un serpentín de vapor para calentamiento, diseñados para entrega de aire a las condiciones requeridas bajo cualquier condición psicométrica del aire exterior. El aire en tratamiento se distribuye hacia un plenum por medio de ductos debidamente aislados. La extracción de aire se hace mediante la succión provocada por el ventilador, el cual está encargado de absorber el aire de la cabina para descargarlo al medio ambiente.

Todo el sistema se controla por medio de un PLC, el cual mantiene el programa de control grabado en memoria permanente. El sistema se comunica con un PC que mediante el programa de monitoreo y control permite administrar datos, ajustar puntos de trabajo, imprimir histogramas de temperatura o humedad de acuerdo a la fecha seleccionada. El programa del PCL además permite visualizar el estado de operación del sistema y forzar el encendido o apagado de cualquiera de los equipos. El programa también permite registrar alarmas por desviaciones del set point o paros del sistema.

3.10 UNIDAD CONDENSADORA DE AIRE (UCA)

La función específica de la unidad condensadora, que es en si la parte de mayor importancia de una instalación frigorífica. Consiste en extraer el refrigerante evaporado del evaporador, comprimirlo en un punto en que pueda efectuarse la condensación y volverlo a su estado líquido de origen a fin de que se emplee nuevamente en el proceso de producción mecánica del frio. Para seleccionar una unidad condensadora de aire se debe conocer lo siguiente:

a) El tipo de refrigerante que se va a usar, en la actualidad se recomienda usar solamente refrigerantes tipos ecológicos.
b) La presión de succión a la que va atrabajar la unidad (presión de baja) de acuerdo con la temperatura a obtener en la cámara.
c) La temperatura del medio enfriador en el condensador, la del aire que roda el condensador en los tipos de aire forzado, o bien la temperatura del agua de entrada al condensador cuando es enfriado por agua.

Con dos compresores y asistencia de control microprocesador con interface para conexión en base Windows. Construida en lámina galvanizada de grueso calibre, apta para funcionamiento en el exterior, ventiladores axiales de enfriamiento del condensador con rodamientos de servicio pesado. (fig. 3.12)

FIGURA 3.12 UNIDAD CONDENSADORA DE AÌRE

La tabla 3.4 presenta las especificaciones técnicas de las unidades condensadoras de aire, área de producción.

UCA	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
UCA-D1	DUNHAM BUSH	AUDS-A020DARZB	20Tn
UCA-D2	DUNHAM BUSH	AUDS-A015S	15Tn
UCA-D3	RHEEN	RAKA-048DAS	48Tn
UCA-D4	RHEEN	RAKA-060DAS	60Tn
UCA-D5	DAYTON	0181 DB	2Tn
UCA-D6	DAYTON	0181 DB	2Tn
UCA-D7	INNOVAR	VB25C2MP	5Tn

TABLA 3.4 UCAS DE PRODUCCIÓN

La tabla 3.5 presenta las especificaciones técnicas de las unidades condensadoras de aire – sección betalactámicos.

UCA	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
UCA – 03	RHEEN	N/D	10Tn
UCA – VS1	RHEEN	N/D	3Tn

TABLA 3.5 ESPECIFICACIONES DE UCAS BETALACTÁMICOS

3.11 UNIDAD MANEJADORA DE AIRE (UMA)

El aire ambiental se succiona por medio de unos equipos llamados UMAS (unidad manejadora de aire) trasladándose este aire hacia las cabinas por medio de ductos metálicos los cuales permiten que el aire tratado ingrese a las cabinas deseadas en óptimas condiciones.

Son áreas de trabajo que complementan los sistemas de ventilación, encargados de conducir el aire de proceso a su destino final proporcionándole a éste las condiciones mínimas necesarias para poder ser utilizado en dichas áreas. Esto se hace por medio de filtración de baja, media y alta eficiencia. Construidos en lámina galvanizada apta para instalación en exterior, aislada térmicamente, posee puertas de acceso con sellos herméticos, caja de mezcla con compuerta enclavada, serpentín de expansión directa de doble o simple etapa dependiendo del equipo con válvula de expansión termostática, posee pre filtros del 25 %, filtros del 65% y filtros absolutos del 99.97% así como rodamientos y chumaceras de servicio pesado con acceso de lubricación. La mayoría de equipos para tratamiento de aire están conformados de los siguientes elementos (fig 3.13):

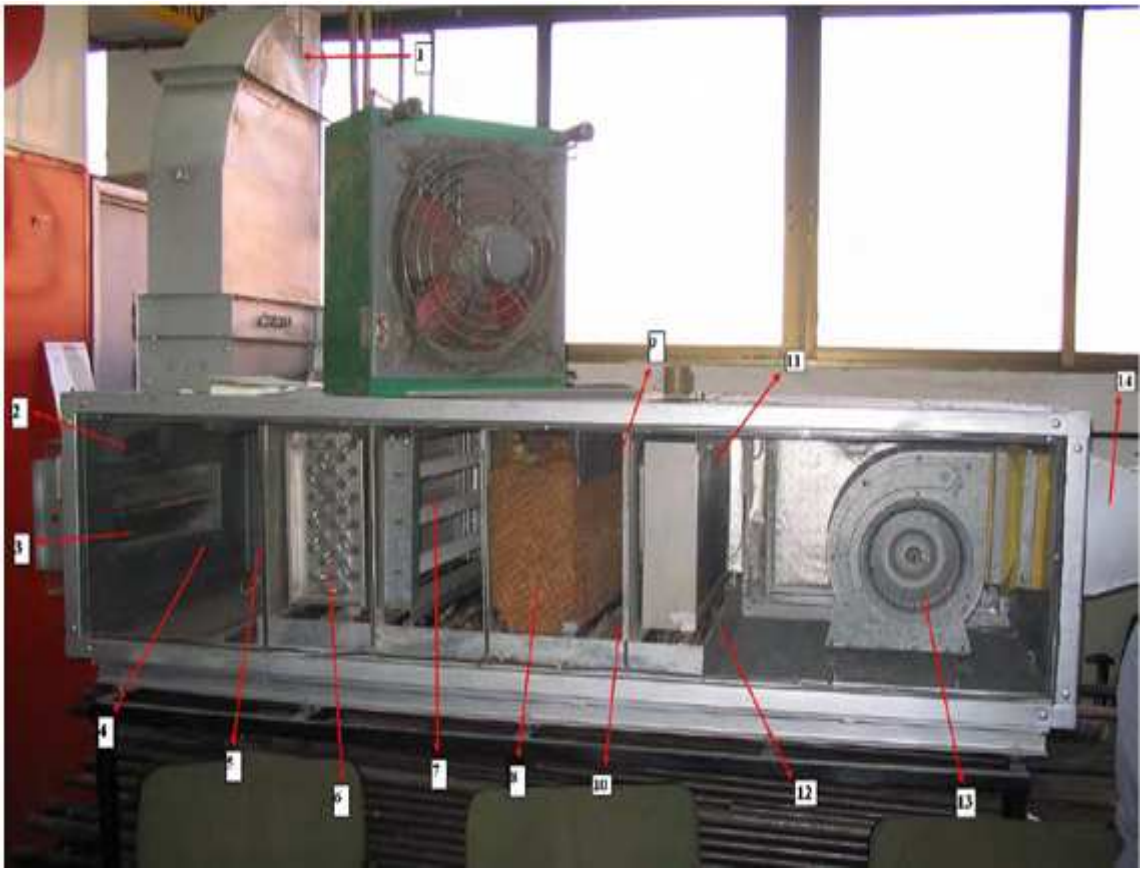

FIGURA 3.13 UNIDAD MANEJADORA DE AÌRE
FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

1. Toma de aire exterior, 2. Toma de retorno (en el caso de recirculación), 3. Dámper de regulación, 4. Cámara de mezcla, 5. Filtros de aire, 6. Evaporador (serpentín de refrigeración), 7. Intercambiador de calor, 8. Filtros, 9. Zona de humectación, 10. Drenaje condensado 1, 11. Separador de gotas, 12. Drenaje condensado 2, 13. Ventilador, 14. Salida hacia el consumo.

3.11.1 FUNCIONAMIENTO

El aire que se obtiene de la UMA se lo puede modificar en los siguientes parámetros: Temperatura y Humedad.

Eso se lo realiza por medio de sensores que se encuentran ubicados en cada cabina el cual envía la señal a un computador, el que da la opción de cambiar los valores de acuerdo a las necesidades de la manufactura del producto. Como se observa en la fig. 3.14

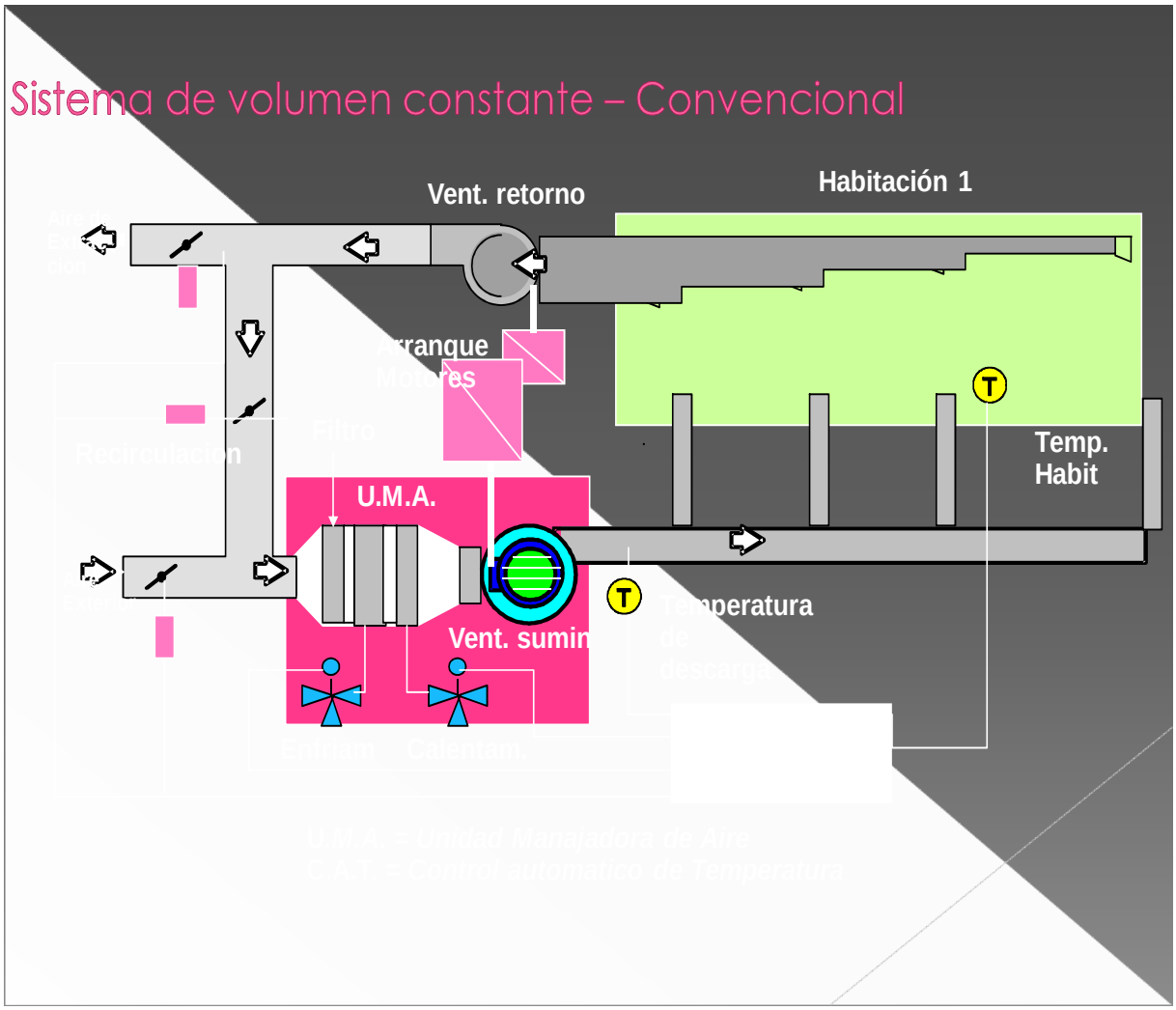

FIGURA 3.14 SISTEMA DE VOLUMEN CONSTANTE UNIDAD MANEJADORA DE AÌRE

FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

La tabla 3.6 presenta las especificaciones técnicas de las unidades manejadoras de aire – sección betalactámicos.

UMA	MARCA	MODELO	CAUDAL	POTENCIA
UMA B1	DUNHAM BUSH	AHSFS040HM	6025 CFM	7.5 HP
UMA B2	DUNHAM BUSH	AHDAF150HM	13470 CFM	25 HP
UMA B3	DUNHAM BUSH	HCS08MF16773	4500 CFM	5 HP
UMA B4	DUNHAM BUSH	HCS06MF16770	3790 CFM	3 HP
UMA B5	LOREN COOK	201 SDB	2500CFM	1.5 HP
UMA B6	DUNHAM BUSH	HCS03MF16774	594CFM	1 HP
UMA B7	DUNHAM BUSH	HCS03MF16775	569 CFM	2 HP

TABLA 3.6 ESPECIFICACIONES DE UMAS BETALACTÁMICOS

3.12 DEHUMIFICADORES

La dehumificación es el proceso de retirar el vapor de agua en forma de vapor contenida en el aire, llamada también humedad. Existen diferentes procesos para remover la humedad del aire, estos son: por enfriamiento, hasta alcanzar una temperatura por debajo del punto de rocío, por el incremento de la presión total, lo cual causa la condensación, y por último poner en contacto un desecante con el aire, con lo cual, la humedad del aire migra hacia el desecante, impulsado por la diferencia en las presiones de vapor entre el aire y el desecante.

3.12.1 DEHUMIDIFICACIÓN POR ENFRIAMIENTO

El aire puede deshumidificarse con sistemas de aire acondicionado convencionales de compresión de vapor. Estos enfrían al aire a una presión constante hasta una temperatura abajo de la temperatura del punto de rocío, ocurre que se condensa parte del vapor de agua presente en el aire. Este tipo de deshumidificación es el más utilizado en los equipos de aire acondicionado comercial y residencial. Para realizar este proceso el evaporador, del sistema de compresión de vapor, debe operar a una temperatura más baja que la que es requerida para extraer la carga de calor sensible de enfriamiento del espacio acondicionado, esto hace que el sistema tenga bajos coeficientes de operación. Además, algunas veces es necesario recalentar el aire para evitar un excesivo enfriamiento sensible del espacio acondicionado. (fig. 3.15)

FIGURA 3.15 DEHUMUFICADOR

La tabla 3.7 presenta las especificaciones técnicas de dehumificadores de aire – sección producción.

CÓDIGO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	MIN.CIRCUIT AMPACITY
UDH1	CARGOAIRE	HCD-600-EA	600 CFM	5.1
UDH2	CARGOAIRE	HCD-1125-SA	1125 CFM	8.1
UDH3	CARGOAIRE	HCD-600-EA	600CFM	22.7
UDH4	CARGOAIRE	HCD-600-EA	600 CFM	22.7
UDH5	CARGOAIRE	HCD-150-EA	1125 CFM	14.7
UDH6	CARGOAIRE	HCD-1125-SA	1125 CFM	8.1

TABLA 3.7 ESPECIFICACIONES DE UDH PRODUCCIÓN

La tabla 3.8 presenta las especificaciones técnicas de los dehumificadores de aire – sección betalactámicos

CODIGO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	MIN.CIRCUIT AMPACITY
UDH10	CARGOAIRE	HCD-1125-SA	1125 CFM	8.1
UDH12	CARGOAIRE	HCD-600-EA	600 CFM	16.6
UDH13	CARGOAIRE	HCD-112-EA	1125CFM	8.1
UDH13	CARGOAIRE	HCD-300-EA	300 CFM	9.7
UDH14	CARGOAIRE	HCD-300-SA	300 CFM	9.7
UDH15	CARGOAIRE	HCD-150-EA	150 CFM	14.7

TABLA 3.8 ESPECIFICACIONES DE UDH BETALACTÁMICOS

La tabla 3.9 presenta las especificaciones técnicas de las manejadoras de aire. Sección betalactámicos.

CODIGO	MARCA	MODELO	CAUDAL	POTENCIA
UMA 01	IMECANIC	VCS-12	7800 CFM	5 HP
UMA VS1	LOREN COOK	N/C	3400 CFM	25 HP
UMA VS2	CARRIER	N/C	1700 CFM	1.5 HP

TABLA 3.9 ESPECIFICACIONES DE UMAS BETALACTÁMICOS

3.13 FILTROS HEPA

El filtro HEPA es un filtro con una eficiencia mínima del 99,97 % en la partícula más difícil de filtrar, que es la de 0,3 micrones de diámetro. Su eficiencia aumenta para las partículas que se alejan en tamaño de la medida indicada. (fig. 3.16)

Actualmente los filtros HEPA son reconocidos por la Environmental Protection Agency (EPA) como el método probado más reciente para limpiar el aire.

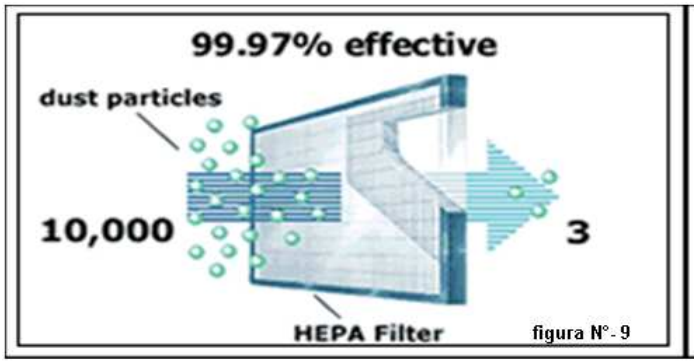

FIGURA 3.16 FILTRO HEPA
FUENTE: FILTROS HEPA NORMA FDA

3.14 CHILLER

El Chiller es un enfriador recirculador que brindan un poder de enfriamiento para aplicaciones demandantes y son una alternativa más económica que los sistemas de refrigeración de agua corriente. Todos los controladores tienen un microprocesador, una pantalla digital (℃ ó ℉), co n indicador del punto deseado, y otra pantalla digital para el flujo (PSI, kPa, GPM, LPM) y la presión. Para optimizar su capacidad de enfriamiento, los Chillers sofisticados presentan un sistema de refrigeración modulado, como resultado de esto, la estabilidad de la temperatura es superior, y se extiende la vida útil del compresor. (fig. 3.17)

FIGURA 3.17 CHILLER

3.15 VENTILADOR DE EXTRACCIÒN (UVE)

Se considera una parte integral del acondicionamiento del aire ambiente, con la finalidad de eliminar los contaminantes y aportar un aire respirable y una climatización de la condiciones de temperatura (calefacción o refrigeración) y humedad (hasta el estado de confortabilidad). Por lo tanto, es un medio útil de control de la temperatura y los contaminantes. (fig. 3.18)

FIGURA 3.18 VENTILADOR DE EXTRACCION

3.16 CRÍTERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Los criterios que se debe tomar en cuenta para el diseño de sistemas de aire acondicionado se presentan a continuación:

a) Temperatura exterior de diseño 23ºC DB y 16 ºC WB temperaturas máximas de 26.2 y precipitación máxima 63.6. Humedad relativa máxima 100 % y mínima 31%
b) Variación en la Humedad relativa +/- 5 %
c) Variación en la temperatura +/- 2ºC
d) Presión diferencial +0.05”wc
e) Velocidad máxima en los ductos principales 1800FPM
f) Velocidad máxima en los ductos secundarios 1200 FPM
g) Velocidad en persianas y filtros de aspiración 800 FPM
h) Método de diseño de ductos caída de presión constante
i) Presión de suministro de vapor 90 PSI

j) Presión de descarga de condensado 0 PSI

k) Presión de trabajo en los serpentines 15 PSI

3.17 EQUIPOS EXISTENTES EN LOS SISTEMAS DE AIRE DE LOS LABORATORIOS NIFA S. A.

Se divide en tres áreas importantes para la empresa, están son las siguientes: Producción, Betalactàmicos y Bodega de materia prima - producto terminado como se presenta en la siguiente tabla 1.10, para los cuales en el Capítulo IV se realiza el Plan de Mantenimiento.

	UMAS	UCAS	UVES	UDH	CHILLER
PRODUCCIÓN	B1,B4,B7 B2,B5,B8 B3,B6,B9	D1,D4,D7 D2,D5 D3,D6	A1,A4,A7 A2,A5,A8 A3,A6	1,4 2,5 3,6	1
BETALACTÁMICOS	01, VS1, VS2	03 VS1	1 2	10,13 11,14 12,15	
BODEGA	BG1	BG1			

TABLA 3.10 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

CAPÍTULO IV

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

4.1 PROPÓSITO

El propósito del presente plan de mantenimiento ha sido por una parte cuantificar las fallas que se presentan en los equipos de aire acondicionado de la empresa NIFA S.A. y los costos directos que se están generando debido a las reparaciones en la maquinaria, con el fin de determinar los casos a los cuales hay que prestar mayor atención, analizar la importancia de la implementación de un mantenimiento preventivo y finalmente proponer un plan que permita operativizar el mantenimiento preventivo a la planta productiva apoyando al mejoramiento de sus costos y una producción constante de la empresa.

4.2 OBJETIVO

Establecer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa NIFA S.A. con el fin de disminuir sus costos por mantenimiento y pérdidas de producción.

4.3 MEDOTOLOGÍA DE ANÁLISIS Y APLICACIÓN

Para cumplir con el propósito de la investigación, así como el objetivo a favor de la empresa, se ha realizado una auditoría de costos, cuantificación de la frecuencia de fallas y el grado detectabilidad de fallas de los equipos de aire de la

empresa, por lo cual ha continuación se desarrolla el presente análisis en base a los siguientes aspectos:

1. Información de la empresa
2. Informe de daños durante un periodo de ocho meses.
3. Análisis de frecuencia de fallas.
4. Cuantificación de costos de fallas
5. Análisis de la información
6. Acciones a considerar. (PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE)
    a. Cronograma
    b. Actividades para el mantenimiento
        i. Consideraciones de seguridad
        ii. Acciones para el mantenimiento de equipos
7. Guía de problemas de los sistemas de aire
8. Análisis comparativo de costos.

4.4 INFORMACIÓN

La empresa NIFA S.A cuentan con los siguientes equipos de aire acondicionado que se ha clasificado por las siguientes áreas: Área de producción, área de betalactámicos y área de bodega. Se ha tomado como herramienta de gran importancia la de Pareto para obtener los datos de los equipos que presentan gran cantidad de fallas, costos y detectabilidad el cual se podrá apreciar en el anexo N°1.3

4.5 INFORME DE DAÑOS OCURRIDOS DURANTE EL PERÍODO DE MARZO A NOVIEMBRE 2009

Para realizar el informe de los daños se tomaron datos desde el 1 de marzo del 2009 hasta el 1 de noviembre del 2009, estos datos dieron como resultado los equipos que están con el mayor número de fallas, costo por fallas y grado de detectabilidad.

4.5.1 ÁREA DE PRODUCCIÓN

En el área de producción se produjo un paro de máquina en la UCA D2, al no existir un mantenimiento adecuado se fundió el compresor del equipo, generándose altos niveles de humedad en el área de tableteado de medicamentos genéricos, por lo cual, sin el equipo se tuvo que reprocesar lotes.

4.5.1.1 PÉRDIDAS DIRECTAS

El equipo presentaba antecedentes de daños para lo cual se tenía que contratar servicios externos de reparación solamente de los daños, pero sin realizar un mantenimiento al equipo. Por tanto el daño del equipo causó que se funda el compresor del mismo, por lo cual se requirió realizar la compra, el trámite de importación de un compresor COOPELAN de Estados Unidos, lo cual llevó 5 meses de espera para volver a realizar las actividades de manufactura en esta área. El costo de compresor del equipo es de aproximadamente US $ 52.950.00 esto incluye las reparaciones constantes que presentaba el equipo antes de quemarse, el pago el personal especializado, la compra de nuevo compresor, los pagos de la importación y la contratación de personal externo para la instalación de este.

4.5.1.2 PÉRDIDAS INDIRECTAS

Al paralizarse este equipo hubo retraso en la entrega del producto dando como resultado pérdidas económicas,

Los próximos lotes se retrasaron, descuadre de entregas al distribuidor y mala imagen a los clientes por la demora de entregas.

ANÁLISIS DE LOS DAÑOS OCURRIDOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

De acuerdo al análisis técnico y la opinión de los expertos se puede afirmar que si se hubiese realizado a su debido tiempo el mantenimiento preventivo del equipo, la UCA D2 no se hubiese quemado y se hubiera evitado daños a tiempo, el gasto del reproceso y la importación.

4.6 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE FALLAS.

A continuación se presentan los equipos que han presentado fallas en los meses de análisis, donde la cantidad de fallas ha sido desde 15 fallas hasta 1 falla producida. En la tabla se observa que existen máquinas que indican 0 fallas, este valor se ha considerado debido a las fallas presentadas no han requerido un costo específico y por tanto ha sido valoradas de manera insignificante, sin embargo debido a haberse presentado la falla aún de mínima escala, se han considerado para el análisis respectivo.

No.	EQUIPO	Cantidad de fallas
1	**UCA D2**	15
2	**UVE A6**	14
3	**UMA B4**	13
4	**UVE A 8**	12
5	**UVE A2**	11
6	**UVA A5**	11
7	**UMA B8**	10
8	**UVE A4**	10
9	**UMA B2**	9
10	**UMA B11**	8
11	**UMA 01**	8
12	**UCA D6**	8
13	**UMA VS 2**	7
14	**UVE A3**	7
15	**UVE A7**	6
16	**UCA D4**	6
17	**UCA D5**	5
18	**UCA D7**	4
19	**UDH 03**	4
20	**UMAB 1**	3
21	**UCA 03**	2
22	**UMA B3**	2
23	**UMA B5**	1
24	**UCA 01**	1
25	**UCA 04**	1
26	**UMA BG1**	0
27	**UVE A1**	0
28	**UCA D3**	0
29	**CHILLER**	0
30	**UDH 07**	0
	TOTAL	178

TABLA 4.1 EQUIPOS CON FALLAS Y SU FRECUENCIA

Como se observa en este período se han producido un total de 178 fallas en los equipos los cuales han sido producidos en un 83% de los equipos de aire existentes en la fábrica, esto presenta un índice muy alto de fallas producidos efectivamente por una falta de mantenimiento a las mismas.

4.7 CUANTIFICACIÓN DE COSTOS DE FALLAS

Al analizar los costos producidos por cada una de las fallas se ha obtenido lo siguiente:

No.	MAQUNA\TIPO DE ERROR	# FALLAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
1	**UCA D2**	15	$ 70	$ 70	$ 500	$ 400	$ 100	$ 50	$ 100	$ 80	$ 100	$ 250	$ 100	$ 400	$ 480	$ 250	$ 50.000	$ 52.950
2	**UVE A6**	14	$ 80	$ 50	$ 50	$ 100	$ 100	$ 50	$ 20	$ 20	$ 10	$ 20	$ 30	$ 80	$ 20	$ 20		$ 650
3	**UMA B4**	13	$ 10	$ 250	$ 200	$ 300	$ 100	$ 300	$ 50	$ 100	$ 200	$ 100	$ 100	$ 50	$ 50			$ 1.810
4	**UVE A 8**	12	$ 500	$ 300	$ 100	$ 50	$ 25	$ 30	$ 25	$ 10	$ 100	$ 25	$ 50	$ 50				$ 1.265
5	**UVE A2**	11	$ 100	$ 200	$ 100	$ 100	$ 100	$ 50	$ 50	$ 25	$ 20	$ 10	$ 50					$ 805
6	**UVE A5**	11	$ 20	$ 80	$ 50	$ 100	$ 50	$ 20	$ 40	$ 30	$ 20	$ 10	$ 10					$ 430
7	**UMA B8**	10	$ 100	$ 100	$ 50	$ 100	$ 10	$ 15	$ 40	$ 10	$ 20	$ 30						$ 475
8	**UVE A4**	10	$ 100	$ 100	$ 50	$ 50	$ 150	$ 50	$ 20	$ 10	$ 50	$ 50						$ 630
9	**UMA B2**	9	$ 50	$ 150	$ 50	$ 500	$ 200	$ 200	$ 300	$ 80	$ 50							$ 1.580
10	**UMA B11**	8	$ 100	$ 80	$ 50	$ 150	$ 100	$ 100	$ 80	$ 50								$ 710
11	**UMA 01**	8	$ 150	$ 100	$ 100	$ 50	$ 50	$ 500	$ 10	$ 10								$ 970
12	**UCA D6**	8	$ 100	$ 50	$ 80	$ 100	$ 50	$ 10	$ 30	$ 50								$ 470
13	**UMA VS 2**	7	$ 10	$ 10	$ 30	$ 50	$ 80	$ 100	$ 50									$ 330
14	**UVE A3**	7	$ 10	$ 30	$ 40	$ 50	$ 30	$ 50	$ 80									$ 290
15	**UVE A7**	6	$ 50	$ 80	$ 70	$ 30	$ 80	$ 20										$ 330
16	**UCA D4**	6	$ 40	$ 100	$ 100	$ 90	$ 50	$ 10										$ 390
17	**UCA D5**	5	$ 90	$ 100	$ 300	$ 10	$ 20											$ 520
18	**UCA D7**	4	$ 100	$ 10	$ 10	$ 100												$ 220
19	**UDH 03**	4	$ 10	$ 10	$ 10	$ 10												$ 40
20	**UMAB 1**	3	$ 100	$ 200	$ 80													$ 380
21	**UCA 03**	2	$ 80	$ 100														$ 180
22	**UMA B3**	2	$ 100	$ 80														$ 180
23	**UMA B5**	1	$ 10															$ 10
24	**UCA 01**	1	$ 10															$ 10
25	**UCA 04**	1	$ 10															$ 10
26	**UMA BG1**	0																$ -
27	**UVE A1**	0																$ -
28	**UCA D3**	0																$ -
29	**CHILLER**	0																$ -
30	**UDH 07**	0																$ -
	TOTAL	178																$ 65.635

TABLA 4.2 COSTOS DE REPARACIÓN POR FALLAS DE LOS EQUIPOS

Como se observa en este segundo cuadro, en la mayor parte de casos, la cantidad de fallas de las máquinas ha sido el principal factor para el costo que se ha tenido en reparación, sin embargo como se puede observar, existen máquinas en las cuales aún con un menor número de fallas, los costos han sido mayores, por lo cual es muy importante considerar no solamente la cantidad de fallas que producen, sino también sus costos para seleccionar las máquinas a las cuales hay que prestarles mayor atención.

Por su parte es necesario observar que el equipo UCA D2 en su última falla presentó un costo de $50.000 debido a tener que corregir un daño total de la máquina el cual se produjo justamente porque la misma se encontraba en mal estado y esa fue una de las causas por las cuales se presentaron mayor número de fallas frecuentes en el último período. Esto lleva a una primera conclusión que es muy importante la cual es que las máquinas que actualmente están presentando más fallas tienen mayor propensión a una falla importante que puede tomar mayor costo o como en este caso puedan acabar con la máquina, lo cual con total certeza pudo haberse evitado con un mantenimiento preventivo.

4.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.8.1 ANÁLISIS DE PARETO

El análisis de Pareto tiene aplicación en varias áreas de la ciencia, entre ellas el control de calidad o específicamente para el análisis de fallas. El análisis se puede resumir para el presente estudio en que aproximadamente un 80% de las fallas de los equipos o de sus costos se presentan debido a un 20% de las causas, en este caso de las máquinas.

4.8.2 ANÁLISIS DE CANTIDAD DE FALLAS.

A continuación se presenta un primer análisis de las fallas causadas en relación a los equipos, donde se analiza la cantidad de fallas total en porcentaje acumulado y la cantidad de equipos en porcentaje, buscando aplicar el principio de Pareto:

No.	Porcentaje de equipos	EQUIPO	Cantidad de fallas	Porcentaje de fallas	Porcentaje acumulado
1	3%	**UCA D2**	15	8,43%	8,4%
2	7%	**UVE A6**	14	7,87%	16,3%
3	10%	**UMA B4**	13	7,30%	23,6%
4	13%	**UVE A 8**	12	6,74%	30,3%
5	17%	**UVE A2**	11	6,18%	36,5%
6	20%	**UVA A5**	11	6,18%	42,7%
7	23%	**UMA B8**	10	5,62%	48,3%
8	27%	**UVE A4**	10	5,62%	53,9%
9	30%	**UMA B2**	9	5,06%	59,0%
10	33%	**UMA B11**	8	4,49%	63,5%
11	37%	**UMA 01**	8	4,49%	68,0%
12	40%	**UCA D6**	8	4,49%	72,5%
13	43%	**UMA VS 2**	7	3,93%	76,4%
14	47%	**UVE A3**	7	3,93%	80,3%
15	50%	**UVE A7**	6	3,37%	83,7%
16	53%	**UCA D4**	6	3,37%	87,1%
17	57%	**UCA D5**	5	2,81%	89,9%
18	60%	**UCA D7**	4	2,25%	92,1%
19	63%	**UDH 03**	4	2,25%	94,4%
20	67%	**UMAB 1**	3	1,69%	96,1%
21	70%	**UCA 03**	2	1,12%	97,2%
22	73%	**UMA B3**	2	1,12%	98,3%
23	77%	**UMA B5**	1	0,56%	98,9%
24	80%	**UCA 01**	1	0,56%	99,4%
25	83%	**UCA 04**	1	0,56%	100,0%
26	87%	**UMA BG1**	0	0,00%	100,0%
27	90%	**UVE A1**	0	0,00%	100,0%
28	93%	**UCA D3**	0	0,00%	100,0%
29	97%	**CHILLER**	0	0,00%	100,0%
30	100%	**UDH 07**	0	0,00%	100,0%
		TOTAL	178		

TABLA 4.3 ANÁLISIS DE CANTIDAD DE FALLAS

Al analizar las esta tabla, se puede observar que el 80% de las fallas se presenta aproximadamente a través del 47% de los equipos, lo cual es posible apreciar en el siguiente gráfico:

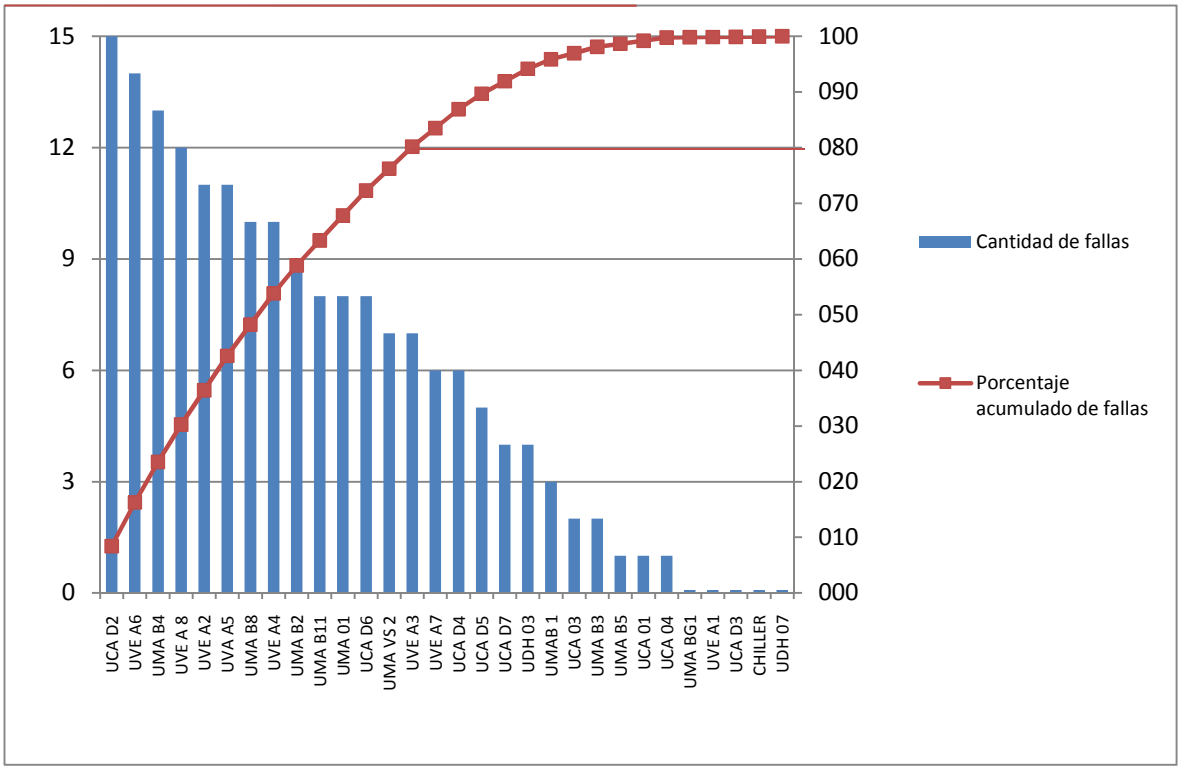

GRÁFICO 4.1 ANÁLISIS DE PARETO DE LA CANTIDAD DE FALLAS

4.8.3 ANÁLISIS DE LOS COSTOS PRODUCIDOS

De igual manera se ha realizado un análisis considerando los costos producidos por cada uno de los equipos en el tiempo en base a la tabla, presentada anteriormente, misma que se analiza a continuación.

Porcentaje de equipos	EQUIPO	Costo de reparación	Porcentaje de fallas	Porcentaje acumulado
3%	**UCA D2**	$ 52.950	80,67%	80,7%
7%	**UMA B4**	$ 1.810	2,76%	83,4%
10%	**UMA B2**	$ 1.580	2,41%	85,8%
13%	**UVE A 8**	$ 1.265	1,93%	87,8%
17%	**UMA 01**	$ 970	1,48%	89,2%
20%	**UVE A2**	$ 805	1,23%	90,5%
23%	**UMA B11**	$ 710	1,08%	91,6%
27%	**UVE A6**	$ 650	0,99%	92,5%
30%	**UVE A4**	$ 630	0,96%	93,5%
33%	**UCA D5**	$ 520	0,79%	94,3%
37%	**UMA B8**	$ 475	0,72%	95,0%
40%	**UCA D6**	$ 470	0,72%	95,7%
43%	**UVA A5**	$ 430	0,66%	96,4%
47%	**UCA D4**	$ 390	0,59%	97,0%
50%	**UMAB 1**	$ 380	0,58%	97,6%
53%	**UMA VS 2**	$ 330	0,50%	98,1%
57%	**UVE A7**	$ 330	0,50%	98,6%
60%	**UVE A3**	$ 290	0,44%	99,0%
63%	**UCA D7**	$ 220	0,34%	99,3%
67%	**UCA 03**	$ 180	0,27%	99,6%
70%	**UMA B3**	$ 180	0,27%	99,9%
73%	**UDH 03**	$ 40	0,06%	100,0%
77%	**UMA B5**	$ 10	0,02%	100,0%
80%	**UCA 01**	$ 10	0,02%	100,0%
83%	**UCA 04**	$ 10	0,02%	100,0%
87%	**UMA BG1**	$ -	0,00%	100,0%
90%	**UVE A1**	$ -	0,00%	100,0%
93%	**UCA D3**	$ -	0,00%	100,0%
97%	**CHILLER**	$ -	0,00%	100,0%
100%	**UDH 07**	$ -	0,00%	100,0%
	TOTAL	$ 65.635		

TABLA 4.4 ANÁLISIS DE PARETO DE COSTOS DE FALLAS

Como puede observarse debido a los costos generados, analizados anteriormente y al ordenar de mayor a menor de acuerdo a los costos de reparación en el período analizado, se puede observar, como se esperaba que el 80% de los costos totales de reparación han sido generados por el equipo UCA D2, debido al

importante daño producido y los altos costos que ha generado en importación y reparación, por tanto en base a este análisis y de acuerdo a la teoría, esta sería la máquina a la cual hay que tomar atención para evitar tales niveles de costos, sin embargo existen varios criterios adicionales que deben tomarse en cuenta y que a continuación se analizan:

1.- Debido al daño grave que se presentó en la máquina UCA D2, que ya iba presentando mayor cantidad de fallas últimamente, esta máquina se ha reparado en su totalidad, por tanto en un cierto tiempo no va a requerir una reparación importante, pues queda en perfecto estado para operar.

2.- Sin embargo la maquinaria no solamente se daño por su tiempo de vida, sino que es una de las máquinas que trabaja con mayor intensidad, es por ello que se han producido mayor cantidad de fallas y puede tener tendencia a fallar después de un tiempo también frecuentemente si no se hace un mantenimiento preventivo frecuente.

3.- La cantidad de fallas fue un factor decisivo en el alto costo de reparación que se produjo en la máquina UCA D2, por tanto es un factor prioritario de atención para el mantenimiento, sin dejar considerar su costo total por reparaciones.

4.- El costo de reparación del equipo UCA D2 es un valor extremo muy importante, por tanto no solamente puede ser tomada en cuenta para poner mayor atención al mantenimiento, sino es también muy importante todas las máquinas que han tenido más de 7 reparaciones en los 8 meses donde se ha realizado el control a los equipos, maquinas que pueden encontrarse en situación similar a la máquina UCA D2 por lo cual hay que también ir priorizando su atención.

Por tanto tomando en cuenta estas consideraciones se ha realizado un análisis adicional sin considerar el equipo UCA D2 y a través del análisis de Pareto poder

observar cuáles son las máquinas que están produciendo el 80% de los costos de reparación.

No.	Porcentaje de equipos	EQUIPO	Costo de reparación	Porcentaje de fallas	Porcentaje acumulado	Cantidad de fallas
3	3%	**UMA B4**	$ 1.810	14,27%	14,3%	13
9	7%	**UMA B2**	$ 1.580	12,46%	26,7%	9
4	10%	**UVE A 8**	$ 1.265	9,97%	36,7%	12
11	14%	**UMA 01**	$ 970	7,65%	44,3%	8
5	17%	**UVE A2**	$ 805	6,35%	50,7%	11
10	21%	**UMA B11**	$ 710	5,60%	56,3%	8
2	24%	**UVE A6**	$ 650	5,12%	61,4%	14
8	28%	**UVE A4**	$ 630	4,97%	66,4%	10
17	31%	**UCA D5**	$ 520	4,10%	70,5%	5
7	34%	**UMA B8**	$ 475	3,74%	74,2%	10
12	38%	**UCA D6**	$ 470	3,71%	77,9%	8
6	41%	**UVE A5**	$ 430	3,39%	81,3%	11
16	45%	**UCA D4**	$ 390	3,07%	84,4%	6
20	48%	**UMAB 1**	$ 380	3,00%	87,4%	3
13	52%	**UMA VS 2**	$ 330	2,60%	90,0%	7
15	55%	**UVE A7**	$ 330	2,60%	92,6%	6
14	59%	**UVE A3**	$ 290	2,29%	94,9%	7
18	62%	**UCA D7**	$ 220	1,73%	96,6%	
21	66%	**UCA 03**	$ 180	1,42%	98,0%	
22	69%	**UMA B3**	$ 180	1,42%	99,4%	
19	72%	**UDH 03**	$ 40	0,32%	99,8%	
23	76%	**UMA B5**	$ 10	0,08%	99,8%	
24	79%	**UCA 01**	$ 10	0,08%	99,9%	
25	83%	**UCA 04**	$ 10	0,08%	100,0%	
26	86%	**UMA BG1**	$ -	0,00%	100,0%	
27	90%	**UVE A1**	$ -	0,00%	100,0%	
28	93%	**UCA D3**	$ -	0,00%	100,0%	
29	97%	**CHILLER**	$ -	0,00%	100,0%	
30	100%	**UDH 07**	$ -	0,00%	100,0%	
		TOTAL	$ 12.685	100%		

TABLA 4.5 ANÁLISIS DE PARETO DE CANTIDAD DE FALLAS Y COSTOS

Como se puede observar en la tabla anterior, al considerar las máquinas exceptuando la UCA D2, se observa que el 80% de las fallas se ha producido

debido a un 41% de las máquinas y no solamente al 3% como es el caso anterior, mismas que deben ser las máquinas que se les debe prestar primera atención de acuerdo a la cantidad de fallas y el costo que han presentado por reparaciones, por tanto en base a este análisis se presenta el diagrama de Pareto para poder visualizar de mejor manera los resultados.

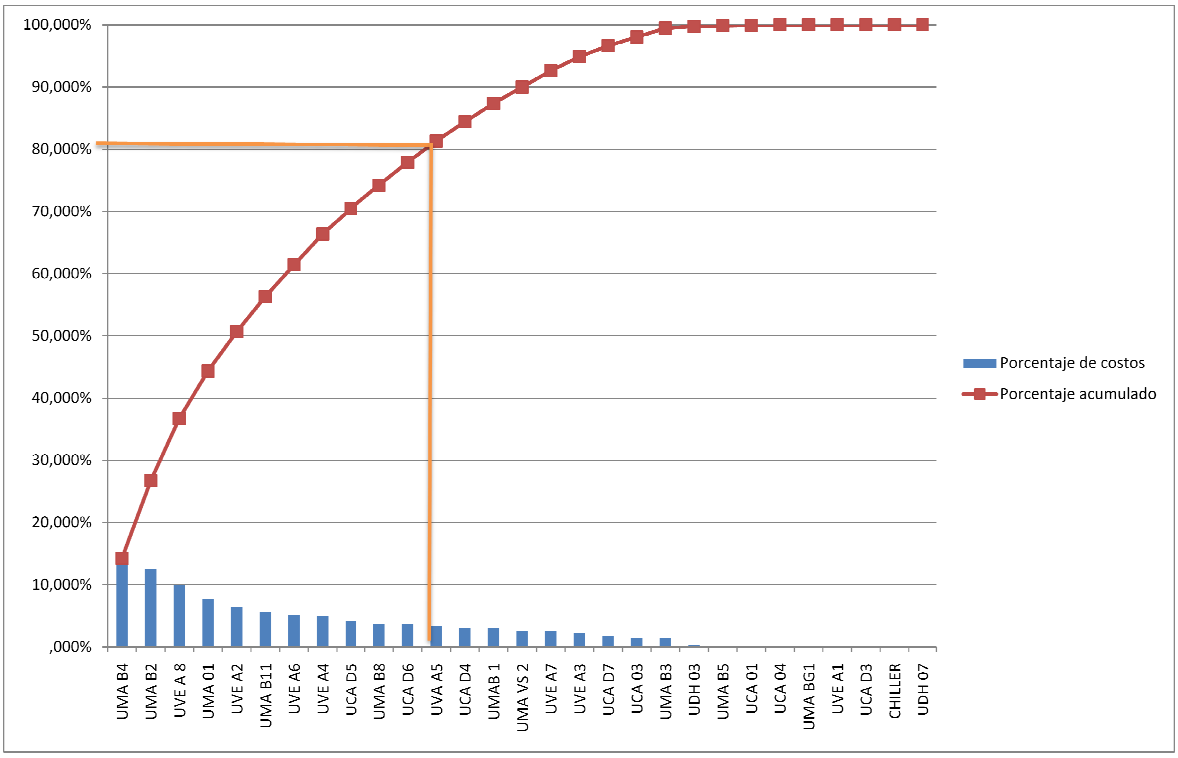

GRÁFICO 4.2 ANÁLISIS DE PARETO DE COSTO REPARACIÓN

Como se observa, el 80% de las fallas alcanzan hasta la máquina UVE A5 en orden de acuerdo a la tabla anterior, por otro lado en esta tabla se puede observar que están involucradas las mismas máquinas que en el caso de las que se había analizado tenían mayor cantidad de fallas, solamente quedan fuera las máquinas UMA VS 2 y UVE A3, que son las que tuvieron menor cantidad de fallas del análisis previo realizado.

Adicionalmente se ha desarrollado un análisis de detectabilidad, mismo que corrobora los resultados obtenidos en el presente análisis, datos que se presentan como respaldo en el anexo No. 1.

Es por ello que se puede concluir en base al análisis de Pareto, habiendo considerado tanto el número de fallas así como el costo que han producido, que es necesario prestar atención y dar prioridad para realizar un Overhall y posteriormente realizar un mantenimiento preventivo periódico a las siguientes máquinas, de acuerdo a los criterios analizados previamente y con la siguiente prioridad:

Prioridad	Equipo
1	**UVE A6**
2	**UMA B4**
3	**UVE A 8**
4	**UMA B2**
5	**UVE A2**
6	**UVA A5**
7	**UMA B8**
8	**UMA 01**
9	**UMA B11**
10	**UVE A4**
11	**UCA D5**
12	**UCA D6**

TABLA 4.6 EQUIPOS A PRIORIZAR CON EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Por tanto a continuación se presenta el plan de mantenimiento preventivo, mismo que considera todo el análisis realizado previamente, la teoría misma del mantenimiento preventivo y todas las consideraciones que se han hecho internamente dentro de la empresa para priorizar las fechas de mantenimiento y sus requerimientos.

4.9 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE

Se designó en el plan de mantenimiento preventivo realizar inspecciones y overhault. Para las inspecciones se seleccionó varios equipos por mes con la

finalidad que todos los equipos durante el año sean inspeccionados. Se tomó en cuenta las fichas técnicas de los equipos y el reporte de hojas de máquina diario, el análisis de Pareto en los números de fallas, grado de detectabilidad de fallas y los equipos que generan mayores gastos económicos de reparación. Para realizar esta inspección debe ser planeado y razonable, debe estar basado en las condiciones reales del equipo tomando en consideración las prioridades y recursos presentes y futuros y construirlo en pasos para asegurar que los recursos necesarios estén disponibles para cuando necesiten.

Para realizar los trabajos de overhault se tomó en cuenta los equipos que tienen fallas continuas de acuerdo al análisis de Pareto realizado en la presente tesis y mayores costos de mantenimiento, de tal forma que a los equipos que hay que dar prioridad, se ha determinado las fechas iniciales para el mantenimiento, sin embargo a todos los equipos se les van a realizar el overhault y se ha considerado un mantenimiento básico o inspección dos veces por año por cada equipo, a excepción del caso del equipo UCA D2 el cual por tener mayor nivel de uso se realizará un mantenimiento preventivo 4 veces al año y un overhaul en este período. Para realizar este trabajo es necesario determinar los días de paro, la capacidad y hombres disponibles para mantenimiento, presupuesto y metas de mantenimiento, estimar las horas hombre requeridas y acumule la carga de trabajo individual, asignar los trabajos de acuerdo a las destrezas individuales de los trabajadores, agrupar de dos a tres personas, mezclar el nivel de destrezas para fomentar el aprendizaje y analizar otros requerimientos para mantener a los trabajadores en orden y tomen acciones apropiadas.

4.9.1 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

Indicaciones generales

El mantenimiento preventivo se realizará al inicio de cada semana es decir:

Horario de mantenimiento semanal

Proceso	Día	Hora	Tiempo estimado
Inspección	Viernes	6:00 h	2 horas
Overhaul	Sábado	6:00 h	10 horas

TABLA 4.7 HORARIO SEMANA

El siguiente cronograma deberá establecer el responsable de cada actividad y será firmado por el mismo una vez se haya realizado el mantenimiento previsto. En el caso de existir alguna anomalía deberá enviar un memorándum al departamento de mantenimiento para su inmediata revisión.

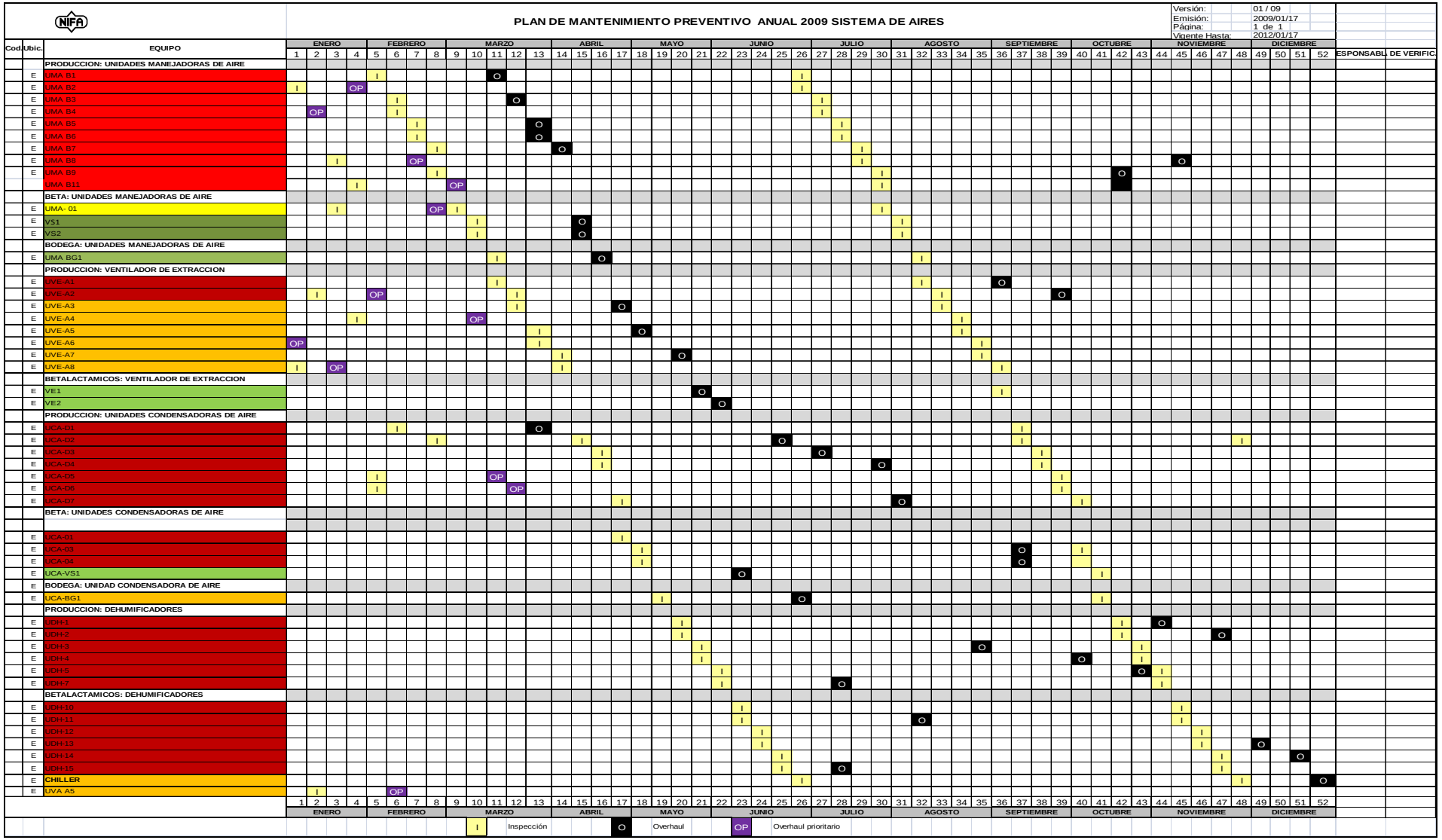

TABLA 4.8 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

CONSIDERACIONES ADICIONALES

Los mantenimientos preventivos y de Overhall están previstos en la tabla anterior, sin embargo si en un mantenimiento preventivo se detecta alguna falla que pueda indicar que se realice un overhall, será necesario inmediatamente colocar en cronograma como inmediato la reparación o mantenimiento para evitar un daño mayor, de esta manera se podrá evitar los altos costos de reparación y el presente cronograma servirá para el seguimiento permanente pero con la posibilidad de ser modificado en función de los objetivos del mantenimiento preventivo y la disminución de costos para la empresa.

4.9.2 ACTIVIDADES PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SISTEMA DE AIRE

4.9.2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS DE SEGURIDAD

El técnico debe ser precavido cuando observe el equipo para obtener las condiciones de funcionamiento. Las medidas de presión, de temperatura y eléctricas deben tomarse mientras el técnico observa el equipo muchas veces con este en funcionamiento. Cuando se inserten manómetros en el sistema hay que ponerse guantes y gafas de protección, hay que observar todas las precauciones de seguridad eléctrica.

4.9.2.1.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Liquido y gas bajo presión, el sobrecalentamiento ó sobrepresión pueden causar una liberación de gas ó un violento estallido del cilindro. Puede descomponerse al contacto con llamas ó superficies metálicas extremadamente calientes, produciendo productos tóxicos y corrosivos. Los vapores son más densos que el aire, reducen el oxigeno disponible para respirar y pueden causar asfixia en

espacios confinados. Es nocivo por inhalación y puede causar arritmia cardiaca, inconsciencia ó muerte. El contacto de líquido con los ojos ó la piel puede causar congelación.

4.9.2.1.1 EFECTOS POTENCIALES A LA SALUD

Se espera que la inhalación y el contacto con la piel sean rutas primarias de exposición para este producto.

La inhalación de altas concentraciones de vapor es nociva y pude llegar a causar irregularidades cardiacas, inconsciencia e incluso la muerte. El uso inadecuado intencional y la inhalación deliberada de este producto pueden ocasionar la muerte sin previo aviso. El vapor reduce la disponibilidad de oxigeno para respirar ya que es más pesado que el aire. El contacto con el líquido pude producir congelación instantánea. La sobre exposición vía inhalación puede ocasionar una depresión temporal del sistema nervioso con efectos similares a los ocasionados por la anestesia; mareo, dolor de cabeza, confusión, falta de coordinación y pérdida de conocimiento.

Contacto con el líquido puede causar congelamiento, contacto con los ojos pude causar irritación severa y congelamiento.

4.9.2.1.1 MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

INHALACIÒN

Si altas concentraciones son inhaladas, inmediatamente mueva a la persona a un área donde se encuentre aire fresco y manténgala tranquila. En caso de que no esté respirando, dé respiración artificial. Si se dificulta la respiración, administre oxigeno. Llame a un medico.

CONTACTO CON LA PIEL

En caso de contacto, lave el área afectada con abundante agua tibia (no caliente), ó use otros métodos para calentar la piel lentamente. Si se presenta congelación por el líquido ó irritación llame a un médico.

CONTACTO CON LOS OJOS

En el caso de contacto, lave los ojos inmediatamente con abundante agua. Si se presenta irritación llame a un médico.

INGESTION

La ingestión es poco probable que ocurra debido a las propiedades físicas del material.

4.9.2.1.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Guantes impermeables son recomendados cuando se maneje líquidos. Gafas apropiadas para el manejo de sustancias químicas deben ser usadas si existe la posibilidad del contacto entre el líquido y los ojos. Bajo condiciones normales de manufactura, ninguna protección respiratoria es requerida para el manejo de este producto.

4.9.2.2 ACCIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

4.9.2.2.1 INSPECCION DE UMA

Verificar el sellado de paredes, desagüe de manejadoras, limpieza de los cuartos, y limpieza de sumidero. Consiste en la inspección visual, y verificación de ruidos

extraños e identificarlos (correas flojas, base de motor, polea de motor, polea del rotor, rotor, otros), y verificar fugas de agua y aire.

4.9.2.2.2 INSPECCIÓN DE ÁREA DE VENTILACIÓN

Consiste en la inspección visual, verificación de la inyección y extracción de aire en los cuartos de manejador, limpieza general del cuarto, barrer agua y polvo, remover telarañas. Esta operación se debe hacer antes de limpiar la manejadora, y con la manejadora apagada en menor tiempo posible para no afectar los tiempos de producción.

Limpieza de louver de ventilación consiste en el desempolvar y limpiar de louver de ventilación, además de verificar la malla prefiltro para remover cualquier objeto extraño que impida el paso libre del aire como se muestra en la figura 4.1

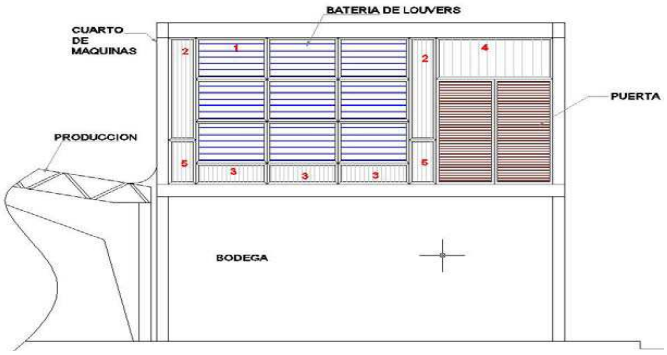

FIGURA 4.1 LOUVER

FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

Verificación de la tensión de correas. Se deben hacer los ajustes necesarios para la correcta tensión de las correas, se recomienda registrar los parámetros de corriente, frecuencia del motor, presión estática, temperatura de agua, temperatura del aire, condiciones de operación, mensaje de alarmas o fallas. Limpieza de filtros reutilizables, en caso de ser necesario cambiar los filtros utilizados por unos nuevos.

4.9.2.2.3 MANTENIMIENTO DE UMAS

Consiste en la limpieza de las serpentinas con agentes bactericidas y detergentes aprobados, limpieza de rotor, caja de mezcla, limpieza de desagüe a través de inyectar agua a presión a través de la tubería de desagüe de la manejadora, limpieza de bandejas, inspección, limpieza de sensores de presión de aire y temperatura asociados a las manejadoras, así como cualquier otro sensor asociado al funcionamiento del equipo. Aspirado del polvo en los arrancadores, caja de interruptores de cuchilla, variadores, térmicos asociados y controladores, reemplazo de todos los filtros desechables por filtros nuevos, todos los filtros nuevos deben ser del mismo tipo.

Inspección y Alineamiento de poleas consiste en la inspección y verificación del alineamiento de poleas del motor y el rodete. Se deberá realizar las alineaciones pertinentes en caso de encontrar desajustes. Limpieza y engrase de las chumaceras de motor y las chumaceras del rotor. La grasa a emplearse debe ser la recomendada por el fabricante del equipo.

4.9.2.2.4 MANTENIMIENTO DEL SERPENTÍN

Se puede emplear dos métodos distintos para limpiar el serpentín sin desmontarlo de su sitio. Uno de ellos es el uso de un detergente especial, para limpiar y desinfectar el serpentín mientras esta húmedo. La forma de aplicarlo consiste en utilizar un pulverizador manual similar a un pulverizador de jardín, para esparcir el detergente sobre el serpentín y su núcleo. Cuando se ponga en marcha el equipo, el condensado arrastrará la suciedad hacia la parte inferior del serpentín, y de allí hacia la tubería de desagüe del condensado. Este tipo de limpiador es muy útil para tareas de limpieza suave y rápida, hay que tener cuidado para que el conducto de desagüe del condensado no se obstruya con la suciedad procedente del serpentín y de la bandeja.

El segundo método para limpiar el serpentín sin desmontarlo consiste en apagar el equipo y aplicar un detergente de mayor poder limpiador al serpentín, obligándolo a llegar hasta su núcleo. Después de haber dado tiempo al detergente para que ejerza su acción limpiadora, se esparce el serpentín con agua procedente de un manguera, poniendo cuidado de no utilizar para ello más agua de la que es capaz de desaguar el conducto de desagüe del condensado o de lo contrario la bandeja rebosara, también hay que tener cuidado de no mojar los aislantes del equipo ya estos están conformados de lana de vidrio que fácilmente puede humedecerse. Se puede utilizar también bombas de presión de agua, a pesar de lo elevado de la presión del agua, el caudal de agua que atraviesa estas toberas es de 20 litros por minuto, por lo que no hará que rebose un sistema de desagüe correcto, la elevada presión del agua le permite llegar hasta el núcleo del serpentín y limpiarlo.

Cuando se limpia con agua, es siempre conveniente aplicar el agua desde la dirección opuesta al flujo de aire. La razón para ello reside en que la mayor parte de la suciedad se acumula cerca de la entrada del aire al serpentín, siendo menor a medida que el aire se mueve a través del serpentín.
Si no se limpia el serpentín en dirección contraria a la de movimiento del aire, puede que solo se esté empujando la suciedad hacia el interior del serpentín.

Si el serpentín contiene refrigerante, no utilizar nunca agua caliente o un limpiador de vapor de agua para limpiarlo, la presión en el interior del serpentín puede aumentar hasta el punto de estallar por el punto más débil del sistema, este punto puede ser el caparazón del compresor.

4.9.2.2.5 MANTENIMIENTO DE UCAS

El mantenimiento es similar al de los serpentines de evaporación e incluso puede ser mucho más fácil ya que se encuentran en el exterior. Aplicar al serpentín un detergente autorizado mediante el uso de un pulverizador de mano. Hacer que el detergente empape el serpentín hasta la mitad dejando que el detergente trabaje

durante un periodo de entre 15 y 30min, procediendo a rociar el serpentín con agua dirigida en sentido contrario del aire, al entrar en el serpentín y atravesarlo.

Si el equipo contiene refrigerante, no utilizar nunca agua caliente o un limpiador de vapor de agua para limpiarlo, la presión en el interior del serpentín puede aumentar hasta el punto de estallar por el punto más débil del sistema, este punto puede ser el bastidor del compresor.

4.9.2.2.6 MANTENIMIENTO VENTILADORES

Un sistema básico de ventilación está conformado por motor, sistema de transmisión de potencia, aspas, rodamientos, tubería, filtros, sistemas de medición y control, cableado de potencia y control. Adicionalmente estos sistemas pueden contener elementos específicos de acuerdo a la aplicación, al tipo de fluido a manejar o al grado de regulación del proceso, etc. El ventilador como tal está conformado por una carcasa, poleas, correa, rodamientos, y malla protectora así como de elementos de sujeción. (Fig. 4.2)

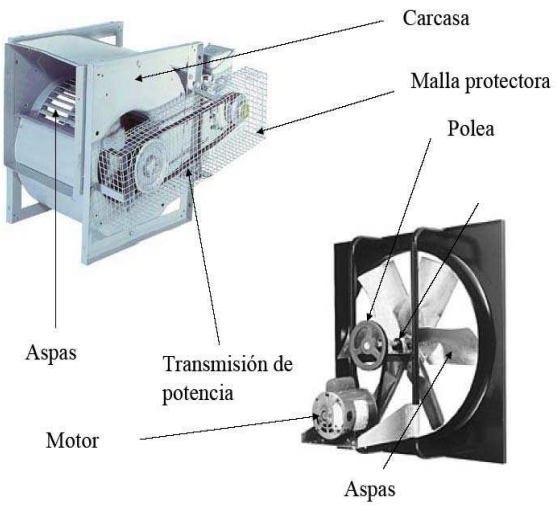

FIGURA 4.2 ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN VENTILADOR

FUENTE: EMPRESA DE CONSTRUCCIONES JML

La unidad manejadora al estar compuesta de un ventilador implica piezas mecánicas en movimiento y un motor para generar su funcionamiento. Puede que algunos motores solo requieran lubricación tras varios años de funcionamiento ininterrumpido, teniendo que añadir la cantidad recomendada de aceite lubricante autorizado al depósito de aceite. Algunos motores requieren de lubricación más frecuente. Hay que revisar con firmeza con la que los alabes del ventilador estén sujetos a su eje. Si hay cubierta para proteger al ventilador de la lluvia, será el momento en que los sistemas pueden contener elementos específicos de acuerdo a la aplicación, al tipo de fluido a manejar o al grado de regulación del proceso. El ventilador está conformado por una carcasa, poleas, correa, rodamientos, y malla protectora así como de elementos de sujeción.

4.9.2.2.7 CAUSAS DEL RUIDO EN VENTILADORES

Los álabes de un ventilador crean a su alrededor un campo de presión que varía de un punto a otro del espacio, originándose ondas acústicas que interaccionan entre sí, propagándose por el aire, las paredes, el suelo, y en general por la estructura del edificio.

Las causas son: el desequilibrio estático y dinámico del motor, y la mala alineación de las chumaceras, el motor de accionamiento y las chumaceras a bajo número de revoluciones, son causa de ruido, por lo que utilizando cojinetes deslizantes se puede eliminar la causa. Al disminuir el rendimiento del ventilador para un mismo número de rpm aumenta la intensidad del ruido.

Mal alineamiento del rotor o transmisión por bandas en V, base de cimentación inestable, materiales extraños sobre el rotor que causan desequilibrio, rotor o motor dañados, pernos o tornillos fijos, rotos o sueltos, rotor o motor desequilibrados.

El ventilador entrega más de la capacidad nominal, velocidad demasiado alta o el ventilador gira en dirección errónea, vibración transmitida al ventilador desde otro punto o fuente. Un ventilador nunca debe operar a una velocidad más alta que aquella para la cual su fabricante lo diseñó. El rotor puede estar operando a su máxima velocidad de seguridad y puede fallar por los mayores esfuerzos que resultan de una velocidad más alta que puede estar cerca de la velocidad crítica de la flecha y causar una vibración excesiva; la fuerza motriz indicada para el ventilador puede aumentar lo suficiente como para sobrecargar y quemar la fuente motriz.

Los dispositivos de seguridad deben proteger al personal del contacto con elementos rotatorios y, al mismo tiempo, interferir al mínimo en el funcionamiento normal del equipo; asimismo, deben proteger el equipo contra daños accidentales. Cuando existe sobrecarga de la fuente motriz; velocidad demasiada alta, empaque demasiado apretado o defectuoso, sentido de rotación erróneo, flecha vencida, mal alineamiento, el rotor pega o roza contra la envolvente, bobinado del motor defectuoso.

4.9.2.2.8 INSPECCIÓN DIARIA

Engrasar rodamientos, chequear posibles daños en carcasa, dampers, e impulsores; chequear ajuste de pernos de la carcasa y motor; chequear tensión de la correa por deslizamiento o mala tracción; chequear tensión de la correa; chequear ajuste de poleas y pernos en ventilador; inspeccionar filtro de aire y aceite si es necesario; revisar carcasa, malla protectora y aislamiento térmico por seguridad o posibles. Este mantenimiento también incluye cambio de correas, filtros, aceite según recomendaciones del fabricante, de acuerdo a las horas y al ambiente de operación.

4.9.2.2.9 MANTENIMIENTO MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos del tipo totalmente cerrado se deben mantener libres de acumulaciones de pinturas, pelusas y suciedades y no rociar sobre él materiales en exceso, ya que reducen la transferencia del calor de la carcasa del motor. En los motores eléctricos enfriados por aire, deben mantenerse limpios tanto los ventiladores como los canales por los cuales pasa el aire fresco.

En motores con un extremo abierto, hay que tener cuidado de que las entradas o las salidas del aire no estén tapadas en ningún momento. Los motores en atmósferas cargadas de vapor o en atmósferas donde se registran fluctuaciones severas de temperatura, deben estar provistos de agujeros o de tubos de drenaje para eliminar los condensados.

4.10 GUÍA DE PROBLEMAS DE LOS SISTEMAS DE AIRE

SINTOMAS	**CAUSA PROBABLE**	**ACCION RECOMENDADA**
Compresor no arranca	Ausencia de revisión	- Switch principal abierto. - Fusibles o breaker inactivos - Contactor del compresor defectuoso. - Termostato o control abierto - Perdida de alimentación eléctrica.
Presión de descarga excesivamente alta	Sobrecarga de refrigerante o de gas no condensable.	Sacar el exceso de refrigerante o purgar el gas no condensable.
Alta presión de descarga	Válvula de agua inoperante o restringida, o ventiladores de enfriamiento del	Limpiar o reparar la válvula de agua o revisar si los ventiladores están funcionando

	condensador inoperante.	correctamente.
Alta presión de descarga	Agua de enfriamiento del condensador a una temperatura elevada, o recirculación de aire caliente a través de los ventiladores del condensador.	Controlar la temperatura del agua.
Presión de succión demasiado baja y congelamiento del filtro.	Filtro en la línea de líquido medio tapado.	Limpiar o cambiar el filtro
Alta temperatura en el área acondicionada.	Carga excesiva	Revisar si hay excesivo aire de repuesto, revisar si el aislamiento del espacio es adecuado.
Baja temperatura en el área acondicionada.	El termostato está ejerciendo su función a una temperatura de control demasiada baja.	Volver a poner y ajustar el termostato o repararlo.
Burbujas en la mirilla	Falta de refrigerante	Repara la fuga y cargar más refrigerante.
Alta presión de descarga	Sobrecarga de refrigerante	Purgar o quitar el exceso.
El nivel de aceite baja gradualmente	Filtros o válvulas tapadas.	Limpiar, reparar o cambiar
Compresor vibra demasiado, pernos de acoplamiento sueltos	Acople de transmisión del compresor flojo.	Apriete de acople y revisión de alineación de poleas.
Chillido cuando el compresor está trabajando.	Sello seco o escoriado	Revisar el nivel de aceite.
Compresor o motor salta sobre la base.	Motor o compresor flojo sobre su base.	Ajustar los pernos de sujeción del motor o compresor.
Burbujas en la mirilla del refrigerante.	Falta de refrigerante	Reparación de posible fuga y recargar gas.
Compresor ruidoso	Válvulas rotas en la succión del compresor	Si es posible reparar las válvulas o cambio de compresor.
Compresor opera sin interrupción.	Carga excesiva en el operador	Revisar si hay excesiva infiltración.
Cambio de temperatura en la línea del refrigerante a través del filtro o de la válvula solenoide para detención.	Filtro obturado en la línea de liquido	Limpieza o cambio de filtro.
No hay flujo de refrigerante a través de la válvula	El mecanismo de la válvula de expansión ha perdido carga.	Cambiar el bulbo de la válvula de expansión, reemplazar válvula.

Falta de capacidad	Válvula de expansión demasiada pequeña.	Revisar si la válvula tiene suficiente capacidad, reemplazar si es necesario.
Baja presión de descarga y alta presión de succión	Válvula de alivio en paralelo tiene fuga.	Cambiar válvula.
El aire del condensador sale del mismo excesivamente caliente.	Mala ventilación del condensador	Revisar si el ventilador está funcionando correctamente.
El aire del condensador sale del mismo excesivamente caliente.	Suciedad en el condensador	Limpieza del condensador.
Condensador demasiado caliente y excesiva presión de descarga.	Aire o gases incondensables en el sistema	Purgar los gases incondensables
Condensador demasiado caliente y excesiva presión de descarga.	Sobrecarga de refrigerante	Quitar el exceso y purgar
El compresor golpetea	Partes internas del compresor rotas.	Reparar o remplazar el compresor.
El compresor se detiene por el corte de alta presión. No hay agua. Toberas de rociado tapadas. Bomba de agua no trabaja. Superficie sucia del serpentín. Entrada o salida de aire obstruida. Ventilador no trabaja.	Operador defectuosa del condensador	Corregir la causa Llenar el agua. Reparar bomba defectuosa. Limpiar serpentin. Quitar la obstruccion del aire. Repara o cambiar los ventiladores.

TABLA 4.9 GUÍA DE LOS PROBLEMAS EN LOS SISTEMAS DE AIRE

4.11 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

El costo total de la reparación de los equipos debido a las fallas producidas en la actualidad en el período analizado alcanza un valor de $65.635, sin embargo en relación a costos indirectos de pérdidas de producción, imagen, retraso en la entrega, entre otros costos asociados, la empresa considera que

aproximadamente las pérdidas por paro de la producción alcanzan anualmente un valor de $85.000, por lo cual:

85.000 + 65.635 = 150.635

Sin embago el mantenimiento preventivo por realizarse tiene costos promedio de inspección de $200 por equipo y de $650 por overhaul, por tanto considerando las 50 máquinas que se han considerado el valor total es de:

50 x $200 = 10.000
+
50 x $650 = 32.500
TOTAL = $42.000

Es decir menos de una tercera parte del costo que actualmente la empresa tiene sin el mantenimiento preventivo, aspecto que la teoría misma del mantenimiento preventivo lo asevera, pero que ha sido posible demostrar a lo largo del presente estudio y ha permitido presentar sobre todo el plan para lograrlo y las acciones para que sea posible lograr los objetivos de la empresa y con ello un mejor servicio a la comunidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En este plan de mantenimiento se propone la búsqueda de un nuevo comportamiento en las organizaciones para desarrollar la cultura de prevención y optimizarla de manera permanente dentro de una estrategia de mejora continua en los costes y actividades del Mantenimiento y de los Técnicos de las diferentes funciones implicadas con el Sistema de Producción.

El plan de mantenimiento preventivo permite mejorar el control de la información sobre el mantenimiento de los equipos, lo cual facilita la reducción de tiempo al momento de aplicar el mantenimiento.

Una mejor eficiencia del personal de mantenimiento y menor pérdida de tiempo de los mismos, los cual conduce a reducir los gastos por pérdidas de tiempo, e ineficacia del personal de mantenimiento al momento de aplicar el plan de mantenimiento.

Luego de elaborar este plan de mantenimiento se puede concluir que será beneficioso para los Laboratorios NIFA SA, porque no tendrá retrasos en la producción, y por ende se reducirán los gastos por reparación de equipos

La teoría asegura que el mantenimiento preventivo permite disminuir en un alto porcentaje los costos que se incurre por reparaciones y otras pérdidas asociadas, sin embargo en el presente estudio ha sido posible demostrar este hecho, permitiendo de esta manera que a través del presente análisis y plan sea posible disminuir hasta en un 70% los costos relacionados a reparaciones de los equipos de aire de la industria.

Finalmente a través del presente plan se han formulado las acciones necesarias para que exista un mantenimiento preventivo en la empresa y sea posible lograr los objetivos de la misma y con ello poder mejorar sus beneficios y poder ofrecer un mejor servicio a la comunidad.

5.2 RECOMENDACIONES

Este proyecto podrá servir como guía para otros compañeros realiza en diferentes tipos de planes de mantenimiento para otras empresas según su requerimiento.

Además puede servir como modelo para que realicen un software, en el cual será más fácil llevar el plan de mantenimiento.

Se recomienda que para aplicar un plan de mantenimiento preventivo a los equipos debe existir una coordinación directa entre los departamentos involucrados, lo cual conduce evitar molestias y pérdidas económicas a la empresa.

Finalmente se recomienda que el presente plan sea aplicado en base a todos los aspectos considerados en el mismo, con el fin de lograr los objetivos de disminución de costos de manera consistente, sin evitar los costos que tiene este mantenimiento, pero que finalmente son muy inferiores a los costos producidos por las fallas observadas en el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

CALVOPIÑA Veloz, Elizabeth. *"MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA (BMP) PARA LOS TRABAJADORES DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA",* Ministerio de Salud Pública, Ecuador, 1999.

"CATÁLOGO SMACNA HVCA DUCT CONNTRUCTION STANDARDS"

www.cmacnahvca.com; www.SMACNA.COM

CONTARDO Cristian, *"MANUAL DE REFRIGERACION INDUSTRIAL"*, Quito, 2002.

ELONKA Stephen Michael (1985) *"PREGUNTAS Y RESPUESTAS DE REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE",* Editorial Calipso S.A. México.

E.T. Newbrough (1979), *"ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL".*
WWW.ADMINISTRACIONDEMANTENIMIENTO.NEWBROUGH.COM

CABANAS Manés, GARCÍA Manuel, CANO José Manuel (1998) *"TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS* ".

L.C. Morrow (1974), *"MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL",* tomo II.

"MANUAL DE APLICACIÓN DE COMPRESORES", EMBRACO, Brasil 2000. www.embraco.com.br

WWW.PARETO.COM; WWW.EVOLUCIONDELMANTENIMIENTO

ANEXOS

ANEXO 1

ANÁLISIS DE FALLAS POR DETECTABILIDAD

Para la clasificación de equipos con fallas por detectabilidad en análisis de Pareto se consideró el tiempo que la máquina permanece parada hasta ser reparada e inicie su funcionamiento, cuando es cero el equipo tiene fallas detectables pero en caso que sea mayor que cero, indica que hay dificultad para detectar la falla, de esta manera se obtiene los equipos que tiene mayor grado de detectabilidad UCA D2, UVE A2, UMA B8, UMA B2.

MAQUNA\TIPO DE ERROR	# FALLAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	TIEMPO TOTAL	DETECTABILIDAD	UN DETEC
UCA D2	15	4	4	4	3	48	2	5	4	2	2	1	2	3	3	4320	4407	2	437
UVE A6	14	6	72	4	11	4	2	1	1	1	1	1	2	1	1		108	2	8
UMA B4	13	2	4	48	24	2	2	2	3	3	2	2	1	1			96	2	7
UVE A 8	12	4	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1				19	0	0
UVE A2	11	6	144	4	4	4	2	2	1	2	1	1					171	1	14
UVE A5	11	3	24	48	7	2	3	3	3	1	1	1					96	2	7
UMA B8	10	7	144	5	2	1	2	2	1	1	1						166	1	14
UVE A4	10	24	9	6	4	8	3	2	1	4	2						63	1	2
UMA B2	9	2	24	3	120	3	5	5	4	3							169	2	14
UMA B11	8	6	4	2	48	24	9	4	3								100	2	7
UMA 01	8	4	48	3	2	2	2	1	1								63	1	5
UCA D6	8	4	5	3	2	1	1	2	1								19	0	0
UMA VS 2	7	2	2	1	2	3	4	2									16	0	0
UVE A3	7	2	2	2	3	1	1	1									12	0	0
UVE A7	6	2	2	4	1	2	1										12	0	0
UCA D4	6	2	5	8	3	2	1										21	0	0
UCA D5	5	1	2	5	1	2											11	0	0
UCA D7	4	2	1	1	2												6	0	0
UDH 03	4	1	1	1	1												4	0	0
UMAB 1	3	1	2	1													4	0	0
UCA 03	2	4	2														6	0	0
UMA B3	2	2	4														6	0	0
UMA B5	1	1															1	0	0
UCA 01	1	1															1	0	0
UCA 04	1	1															1	0	0
UMA BG1	0																0	0	0
UVE A1	0																0	0	0
UCA D3	0																0	0	0
CHILLER	0																0	0	0
UDH 07	0																0	0	0
TOTAL	178																0	0	

TABLA A.1 ANÁLISIS DE DETECTABILIDAD Y TIEMPO DE FALLOS