



77
21
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ANALISIS DE UN APARATO ELECTRICO
DE SISTEMA DE ALIMENTOS RAPIDOS**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL
Y ELECTRONICA
P R E S E N T A N :**

**OSCAR ALEJANDRO GARRIDO VALTIERRA
CLAUDIA IRINA MORALES FLORES**

DIRECTOR: ING. PERLA FERNANDEZ REYNA



MEXICO, D. F.

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ANALISIS DE UN APARATO ELECTRICO
DE
SISTEMAS DE ALIMENTOS RAPIDOS

INDICE

I. INTRODUCCION

INTRODUCCION _____	1
--------------------	---

II. SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

2.1. ANTECEDENTES _____	3
2.1.1. LAS FREIDORAS DE PAPAS _____	4
2.2. EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO _____	8
2.2.1. EL CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO _____	8
2.2.2. EL MANUAL DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO _____	8
2.2.3. EL MANUAL DEL EQUIPO DE MAQUINARIA _____	8
2.2.3.1. PROCEDIMIENTOS DE SERVICIOS _____	9
2.2.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO _____	22
2.3. GUIA DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LAS FREIDORAS CON COMPUTADORA MAGIC III, TINA CON LEVANTADOR DE TIEMPO Y CONTROLADOR DIGITAL _____	24

III. FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE CONFIABILIDAD

3.1. TERMINOLOGIA GENERAL _____	37
3.2. COMPONENTES NO REPARABLES _____	38
3.2.1. DEFINICION DE COMPONENTES REPARABLES Y NO REPARABLES _____	38
3.2.2. CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD _____	38
3.2.3. FUNCION DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE FALLA _____	40
3.2.4. VIDA ESPERADA _____	41
3.2.5. NUMERO ESPERADO DE FALLAS _____	41
3.2.6. TASA DE FALLA _____	42
3.2.7. TASA DE RIESGO Y FUNCION DE RIESGO _____	42
3.2.8. RELACION ENTRE LA TASA DE RIESGO Y FUNCION DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE FALLA _____	43
3.2.9. RELACION ENTRE FUNCION DE CONFIABILIDAD, FUNCION DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DE FALLA ACUMULADA, FUNCION DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE FALLA Y FUNCION DE RIESGO _____	44

3.2.10. TASA CONSTANTE DE RIESGO Y LA LEY EXPONENCIAL	45
3.2.10.1. FORMULACION GENERAL Y VALIDACION	45
3.2.10.2. CASOS DE ALTA-CONFIABILIDAD	47
3.2.10.3. EFECTOS DE OPERACION Y CONDICIONES AMBIENTALES	48
3.2.10.4. MODO STANDBY Y DE OPERACION	48
3.2.10.5. MODOS DE FALLAS MULTIPLES	49
3.2.11. FASES DE ENTRADA FORZADA Y DESGASTE	49
3.2.12. TOLERANCIA LINEAL DE LA FUNCION DE RIESGO	51
3.2.13. CURVA GENERAL DE LA BAÑERA	53
3.2.14. DISTRIBUCION DE WEIBULL	53
3.3. COMPONENTES REPARABLES	55
3.3.1. CICLO DE VIDA DE LOS COMPONENTES REPARABLES	55
3.4.3.2. CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD	55
3.3.3. TIEMPO DE REPARACION Y	
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	56
3.3.4. TIEMPO DE DETECCION	57
3.3.5. TASA DE REPARACION	57
3.3.6. TASA CONSTANTE DE REPARACION	57
3.3.7. DIFERENCIA ENTRE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD	58
3.3.8. NUMERO ESPERADO DE FALLAS	59
3.3.9. TIEMPO MEDIO DE FALLA	60
3.3.10. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS	60
3.3.11. TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES	60
3.3.12. INTERVALO DE DISPONIBILIDAD	60
3.3.13. PRUEBA Y MANTENIMIENTO EN LA NO DISPONIBILIDAD	62
3.3.14. NO CONFIABILIDAD EN LA DEMANDA	63
3.3.15. COMPUTO DE CONFIABILIDAD-EFICIENCIA	64
3.4. ASPECTOS ECONOMICAS DE LA CALIDAD Y LA FIABILIDAD	66

IV. DATOS PARA EL ANALISIS DE FALLA

4.1. INTRODUCCION	70
4.2. DATOS DE FALLA DE HARDWARE	70
4.2.1. REVISION	70
4.2.2. TIPOS DE COMPONENTE DE FALLA	72
4.2.2.1. FALLAS PRIMARIAS	72
4.2.2.2. FALLAS SECUNDARIAS	72
4.2.3. DEPENDENCIA ESTADISTICA ENTRE FALLAS	73
4.2.4. BASE DE DATOS DE UNA PLANTA ESPECIFICA	73
4.2.7. USO DE LA BASE DE DATOS	74
4.2.8. FACTORES DE CORRECCION	75

4.2.9. CAUSAS COMUNES DE FALLAS	77
4.3. DATOS DE ERROR HUMANO	79
4.4. DOCUMENTACION	81

V. ANALISIS DE RIESGO PRELIMINAR

5.1. ANTECEDENTES	82
5.2. PROCEDIMIENTO DE ANALISIS	82
5.2.1. COLECCION DE DATOS	82
5.2.2. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE RIESGO	83
5.2.3. PREPARACION DE LOS RIESGOS Y ELABORACION DE LAS TABLAS DE EFECTOS	84
5.3. BENEFICIOS Y LIMITACIONES	87

VI. MODOS DE FALLA Y ANALISIS DE EFECTOS

6.1. ANTECEDENTES	89
6.2. PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS	90
6.2.1. ESTABLECIMIENTO DE LA EXTENSION	90
6.2.2. COLECCION DE DATOS	91
6.2.3. PREPARACION DE LA LISTA DE COMPONENTES	91
6.2.4. PREPARACION DE LAS HOJAS FMEA	91
6.3. BENEFICIOS Y LIMITACIONES	93
6.4. DOCUMENTACION	94

VII. CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS

7.1. INTRODUCCION	95
7.2. CONSTRUCCION DE UNA HOJA DE PROBABILIDAD WEIBULL UTILIZANDO UNA HOJA DE CALCULO	95
7.2.1. DESARROLLO DE LA REGRESION LINEAL	96

CONCLUSIONES	105
--------------	-----

BIBLIOGRAFIA	107
--------------	-----

CAPITULO II

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

2.1. ANTECEDENTES

Antes de entrar de lleno en materia, se considera pertinente proporcionar al lector algunos de los aspectos más importantes que rodearon la preparación, puesta en operación y mantenimiento del primer Restaurante de Comida Rápida McDonald's en México. Se realiza un planteamiento global de los principales pasos del proceso de producción dentro del establecimiento para que de esta forma el lector vaya teniendo idea del manejo del producto y de la maquinaria empleada para elaborar este último, así como de la carga de trabajo a la que fue sometido tanto el personal como el equipo. Finalmente se proporcionan los puntos que integran las hojas de datos del sistema de mantenimiento programado.

En Octubre de 1985 el primer Restaurante de Comida Rápida McDonald's abrió sus puertas en México. Las perspectivas eran bastante amplias y se esperaba un gran día de apertura. Sin embargo, ese día y los siguientes 9 meses todos los pronósticos fueron rotos. En realidad fue todo un acontecimiento, ya que las aglomeraciones dentro y fuera del restaurante fueron impresionantes; el producto congelado que se había programado para ser consumido en una semana, solamente duró dos días debido a que la demanda de hamburguesas, papas, pies y refrescos era exorbitante. Toda la gente quería probar algo de McDonald's, por ello, llegó un momento en el que era más tardado el tiempo de cocimiento del producto que la venta del mismo.

Inicialmente se tuvieron grandes problemas ya que había pocos empleados entrenados adecuadamente en el uso de las máquinas (freidoras, parrillas, torres de refrescos, máquina de sundaes y de malteadas principalmente).

El entrenamiento del personal del establecimiento tomó tres vertientes; una de ellas se basó en la reproducción de videos, los cuales presentaban los pasos a seguir para cocinar el producto congelado y mantener en un nivel adecuado la producción del producto terminado. Otra forma de entrenamiento del personal del establecimiento fue mediante la realización de simulaciones con pedazos de unicel y cartón con los que finalmente se obtenía una hamburguesa o unas papas fritas. La tercera forma empleada para capacitar al personal, fue mediante la integración de un grupo de empleados en un establecimiento en Estados Unidos; con esta

fuentes de riesgo y la preparación de los datos de riesgos para la elaboración de la tabla de efectos.

En el sexto capítulo se hace un procedimiento cualitativo que identifica el potencial de los componentes de fallas y calcula sus efectos en el sistema, el cual se denomina como el análisis de efectos y los modos de falla se analizan después de contestar una serie de preguntas tales como:

¿Cuáles son las consecuencias o efectos directos de dichas fallas?, ¿Cómo falla un componente?, etc. En este mismo capítulo se presentan las hojas de FMEA (Modos de Falla y Análisis de Efectos) en donde se desglosan los modos de falla y el análisis de efectos.

En el séptimo y último capítulo se describen y se hacen los cálculos de falla en las tablas correspondientes, ahí mismo se dan los resultados de la recopilación y el análisis de los datos de falla, para finalmente llegar a las conclusiones del estudio.

CAPITULO I

INTRODUCCION

En Octubre de 1985 se abrió el primer Restaurante de Comida rápida de McDonald's en México, el cual tuvo un gran éxito y demanda no esperadas, esto hizo que todos los pronósticos fueran superados rápidamente.

Este gran éxito causó que el equipo tuviera una vida acelerada para poder cumplir con la demanda del público. La falta de preparación y de inadecuada capacitación de operación del equipo para el personal que comenzó a laborar, provocó que éstas fallaran con frecuencia.

Por este motivo se decidió realizar un estudio de confiabilidad en la máquina que más fallas tenía, siendo ésta la freidora de papas.

En el segundo capítulo se muestran los antecedentes a la preparación de apertura y puesta en marcha del primer restaurante de McDonald's, así también se dan los detalles de funcionamiento, operación y mantenimientos preventivos y correctivos de la freidora de papas. También están incluidas las hojas de fallas más comunes y las posibles soluciones a ellas.

En el tercer capítulo se analizan, detallan y explican los conceptos básicos relacionados con la confiabilidad de los componentes, que son clasificados como reparables o no-reparables, así como los términos confiable, no-confiable, disponibilidad, no-disponibilidad, también se habla de probabilidad acumulada de falla, densidad de probabilidad de falla, tasa de falla, tasa de reparación, vida esperada y número esperado de fallas.

En el cuarto capítulo se hace referencia sobre los datos de fallas de hardware, los errores humanos que son esenciales para cuantificar el análisis de confiabilidad del sistema. Debido a que los resultados cualitativos son tan buenos como los datos de falla usados, se debe tener cuidado al tomar las especificaciones de las probabilidades de falla de hardware y humanos. Los resultados de la confiabilidad también son usados para clasificar diferentes componentes de acuerdo a su importancia en el sistema, por lo que dichos componentes pueden ser jerarquizados en la asignación de los recursos para el mejoramiento de la confiabilidad.

En el quinto capítulo se hace el análisis de riesgo preliminar en donde se da una amplia visión del sistema, que incluye la colección de datos, la identificación de las

integración, el grupo enviado al extranjero tuvo contacto directo con la maquinaria, los clientes y todo el movimiento operativo del establecimiento.

Aunado a todo lo anterior, en los primeros meses, se contaba con el apoyo de algunos gerentes del establecimiento de Estados Unidos, los cuales resolvían los problemas y dudas que surgían respecto al uso adecuado de las máquinas, así como de aquellos relacionados con la parte operativa del establecimiento.

2.1.1. Las Freidoras de Papas

El lector debe tomar en cuenta que el tema de esta tesis es un Estudio de Confiabilidad de un Aparato Eléctrico; particularmente se hará referencia a la freidora de papas. Todos los empleados que trabajaban en una estación tenían la obligación de saber los pasos de trabajo de la misma; así, el personal asignado a la freidora debía saber la forma de operación, así como los tiempos y temperatura de cocinado.

A continuación se describen las partes que conforman una freidora de papas. Una freidora consta de tres tinas o vats, éstas tienen una marca la cual se emplea como referencia para saber hasta donde se llenará con manteca. Este nivel nunca deberá sobrepasarse o estar por debajo de él ya que significa el nivel óptimo al que debe funcionar para que la temperatura de la manteca sea la adecuada. Cada tina tiene también una probeta que sirve para controlar el tiempo-temperatura de cocinado de las papas.

En cada vat o tina caben dos canastillas de papas, esto permite que exista una rotación entre un vat y otro. La rotación siempre es efectuada de izquierda a derecha, es decir, primero deben usarse todas las mitades izquierdas de los tres vats, luego todas las mitades derechas de los tres vats y así sucesivamente, como se muestra a continuación.

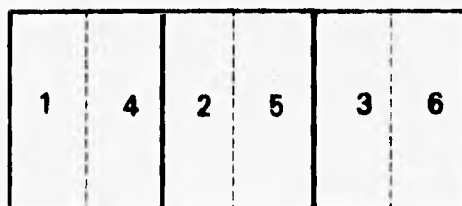


Figura 1.

Las papas tienen un ciclo de cocinado que no puede ser alterado, ni en tiempo ni en rotación. Este ciclo es de 2:55 a 3:05 minutos, este tiempo es indicado por la freidora de papas por medio de un temporizador calibrado con este período. Durante este ciclo siempre se tiene un tiempo conocido como "duty", el cual se presenta a los 30 segundos de iniciado el ciclo, la máquina también indica este tiempo por medio de un par de señales. Invariable e independientemente del proceso de producción que se siga, cuando se cumple este tiempo, la canastilla se debe agitar para que las papas no se peguen entre sí y se regresa al mismo sitio de donde fue sacada.

Se tienen dos modos de producción de papas:

1. Quita - Pon
2. Pon - Quita

1. Quita - Pon: Este modo de producción consiste en poner una canastilla en la mitad izquierda del primer vat. Al finalizar el tiempo de cocimiento se debe colocar la siguiente canastilla de acuerdo a la rotación, esto es, en la mitad izquierda del segundo vat. Al finalizar el tiempo de cocimiento de ésta, se debe poner la siguiente canastilla en la mitad izquierda del tercer vat. Cuando ha concluido el tiempo de cocimiento de ésta, se sigue con la rotación original; esto es, en los lados derechos de cada uno de los vats, y así sucesivamente.

2. Pon - Quita: Este modo de producción consiste en poner una canastilla en la mitad izquierda del primer vat, al sonar la señal del "duty", se coloca la siguiente canastilla en la mitad izquierda del segundo vat, cuando suena la señal del "duty" de este vat, se coloca la siguiente canastilla en la mitad izquierda del tercer vat, y así sucesivamente. De esta forma habrá un momento en el que se tengan dos canastillas en el mismo vat.

Analizando los modos de producción anteriores, el segundo modo es más rápido que el primero. Una vez que se ha terminado el ciclo de cocimiento de las papas, su tiempo de vida en el armario de retención es de 7 minutos, si durante este tiempo no han sido expedidas, entonces el producto ya no cumple con las normas de calidad y debe ser contabilizado en el desperdicio del establecimiento. Por tanto, en función de la demanda existente, se deberá escoger entre alguno de ellos.

Durante los primeros nueve meses de trabajo del restaurante, solo existía el modo de producción más rápido, (Pon-Quita); lo que provocó que cada una de las freidoras trabajara a su máxima capacidad durante 13 horas (jornada de trabajo).

El desconocimiento acerca del funcionamiento óptimo de las freidoras, generó varios problemas importantes: la calidad de los productos era aceptable pero no de acuerdo a los estándares que se habían marcado inicialmente; un mal manejo de las máquinas por parte del equipo de empleados; y deficiencia en las revisiones periódicas, indicadas en el Sistema de Mantenimiento Programado, por parte del equipo gerencial. Estos y algunos problemas más, contribuyeron ampliamente a que el número de fallas aumentara considerablemente.

Para comprender aún mejor esta problemática, se explicarán detalladamente los puntos de calibración o de ajuste, así como los mantenimientos periódicos que deben seguirse para lograr un buen funcionamiento de la freidora.

- 1.- Diariamente debe filtrarse la manteca.
- 2.- Una vez por semana se deben verificar, (y corregir si es necesario), los puntos de ajuste. (Calibración)
- 3.- Una vez por semana debe hacerse el mantenimiento preventivo.
- 4.- Una vez al mes debe verificarse:
 - Tiempo de recuperación.
 - Estado de la flama de los quemadores.
- 5.- Una vez al mes aplicar la prueba de High - Limit.
6. - Cada tres meses hacer "scrash" o limpieza general.

Es conveniente hacer algunos comentarios respecto a los puntos anteriores, para así redondear esta idea.

1. El filtrado a diario la manteca de la freidora ayuda a eliminar todos los carbones residuales del día anterior para evitar que la manteca llegue a deteriorarse, pues entre los cinco elementos que afecta a la manteca está el carbón, (los elementos restantes son la sal, el agua, el calor y aire).

El proceso de filtrado es muy sencillo, basta con pasar la manteca a través de una manguera para que sea depositada en una filtradora donde se quedarán los residuos de carbón. La manteca permanece en ese recipiente y se deja correr por espacio de tres minutos cuando menos; al finalizar este período, debe ser regresada nuevamente a la tina de donde fue sacada.

2. Al verificar los puntos de ajuste, se ve el tiempo de cocinado y la temperatura a la que se encuentra en esos momentos la freidora. El tiempo se comprueba con un cronómetro en mano, esto es, se activa el contador de tiempo de la freidora y se compara con el tiempo registrado en el cronómetro activado simultáneamente. Este tiempo debe ser el adecuado para que el producto se cocine correctamente.

La temperatura debe verificarse con un pirómetro, (medidor de temperatura); la escala que se emplea puede ser, ya sea Fahrenheit o Celsius. El procedimiento es el siguiente:

A. Mezclar con una pala de madera la manteca que contenga la tina para unificar la temperatura.

B. Introducir el pirómetro, y tomar la lectura de temperatura, cuando la freidora indique que en esos momentos se ha llegado a la temperatura de cocimiento óptima. Comprobar la lectura tomada. Si la temperatura no es la adecuada, se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- Poner el medidor de temperatura en la escala que se obtuvo con el pirómetro.
- Mover el medidor en sentido horario si se tiene que aumentar o en sentido antihorario si se tiene que disminuir.

3. La tarea de mantenimiento preventivo semanal, consiste en retirar la freidora del lugar en donde se encuentra para limpiarla tanto por dentro como por fuera de toda la grasa y manteca residuales de los días anteriores de trabajo. La persona encargada de dicho mantenimiento debe quitar los filtros de la campana para poder limpiar la parte cercana a la freidora, esto es muy importante ya que la manteca y el cochambre que se acumulan durante una semana de trabajo pueden llegar a obstruir el paso del humo hacia afuera del restaurante, aumentando las probabilidades de que se genere un incendio si la temperatura llega a ser extrema dentro de la campana. Además, de esta forma se conserva limpia la unidad, que es una herramienta diaria de trabajo dentro de un restaurante.

Cabe destacar la diferencia entre reparaciones y mantenimientos. Una reparación se hace para arreglar una máquina averiada. Un mantenimiento se hace para que un equipo continúe funcionando con eficiencia.

Existen muchas máquinas que necesitan atención y cada pieza tiene sus requisitos y su horario de mantenimiento, por lo que el Sistema de Mantenimiento Programado está diseñado para comprobar que se realizan todas las tareas de calibración y mantenimiento, así como el proporcionar los conocimientos necesarios para hacer el trabajo correcta, completa y eficientemente.

2.2. EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

El sistema de Mantenimiento Programado tiene tres componentes:

2.2.1. El Calendario de Mantenimiento Planificado. Indica cuándo y con cuánta frecuencia hay que realizar cada tarea de mantenimiento. También ayuda a programar quién hará la tarea y anotar cuándo se ha realizado.

2.2.2. El Manual de Mantenimiento Planificado. Contiene las fichas de requisitos de mantenimiento (FMR). Estas fichas contienen las instrucciones detalladas para cada procedimiento.

El completar todas las tareas del Calendario de Mantenimiento Planificado cuesta aproximadamente \$ 4,000 U.S.D. anuales en piezas de repuesto para todo el equipo. Pensando en no invertir esta cantidad, lo más seguro es que el equipo continúe funcionando, pero a un nivel de eficiencia más bajo. Cuando la eficiencia de la maquinaria se reduce, afecta a la moral y a la productividad de los empleados, así como la comodidad de los empleados y de los clientes. Lo que significa Calidad, Servicio y Limpieza más bajos, menos clientes, y ventas y ganancias reducidas.

Una vez que se conocen las piezas y sus funciones, los procedimientos de calibración y mantenimiento y los pasos más sencillos de detección de fallas se podrán tomar decisiones razonables para aumentar el rendimiento de cada una de las máquinas del restaurante.

Siguiendo el Calendario de Mantenimiento Programado completo y organizado:

- Se mejorará Calidad, Servicio y Limpieza
- Se reducirá al mínimo el tiempo de no funcionamiento de la maquinaria.

- Se reducirá el tiempo de operación y se alargará la vida útil de la máquina.

El sistema de Mantenimiento Programado está diseñado básicamente para ahorrar tiempo y costos, ya que se pueden detectar las fallas del equipo del establecimiento en un tiempo mínimo, revisando los puntos de ajuste de la maquinaria incluyendo las piezas de cada una para la detección del origen de fallas.

2.2.3. El Manual del Equipo de Maquinaria. Es un recurso más detallado. Cada sección contiene ilustraciones, información sobre las piezas, procedimientos de seguridad y pasos para la detección de fallas de cada una de las máquinas del restaurante.

2.2.3.1. Procedimientos de Servicio

PRECAUCION: Antes de realizar cualquier mantenimiento en la freidora Frymaster, se deberá desconectar de la toma de corriente y de la línea de gas.

Quando cables eléctricos sean desconectados, es recomendable que cada uno sea marcado para facilitar el reensamble.

Procedimiento 1: Reemplazando los Controles/ Computadora.

- 1.- Quitar los dos tornillos del panel de control.
- 2.- El panel de control tiene una bisagra en la parte baja y se abrirá de arriba hacia abajo.
- 3.- Desconectar el plug de conexiones de la parte trasera de la computadora.(Ver figura 2.9).



Figura 2.9

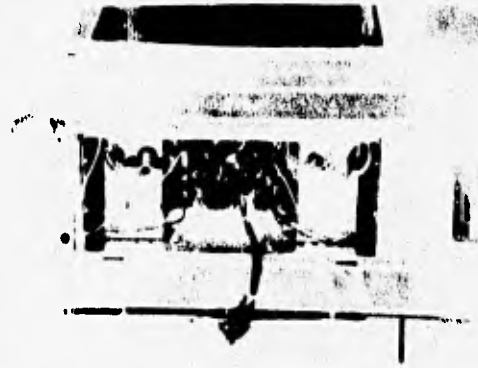


Figura 2.10

- 4.- Los controles/ computadora pueden ser removidos, levantando el ensamble de la bisagra de sus ranuras, que se encuentran en el armazón del Panel de Control.
- 5.- Realizar el procedimiento en forma inversa para montar la nueva computadora.

Procedimiento 2: Reemplazando el Censor de Temperature Probeta o el control HI-Limit.

- 1.- Drenar la manteca de la tina.
- 2.- Desatornillar los dos tornillos del Panel de Control.
- 3.- El Panel de Control tiene una bisagra en la parte baja y se abrirá de arriba hacia abajo.

- 4.- Desconectar el plug de conexión de la parte trasera de a computadora (ver figura 2.9).
- 5.- Los Controles/Computadora pueden ser removidos, levantando el ensamble de la bisagra de sus ranuras, que se encuentran en el armazón del Panel de Control.
- 6.- Desatornillar los tornillos de la parte superior de la tapa cuando se requiera (ver figura 2.10).
- 7.- Desatornillar los tornillos de la parte interior del armazón (ver figura 2.11).
- 8.- Quitar la tapa de la freidora (ver figura 2.11).
- 9.- Remover el armazón superior del Panel de Control (ver figura 2.12).
- 10.- Desconectar los cables de encendido, jalándolos suavemente hacia uno, tomándolos de la tapa (ver figura 2.13).



Figura 2.11

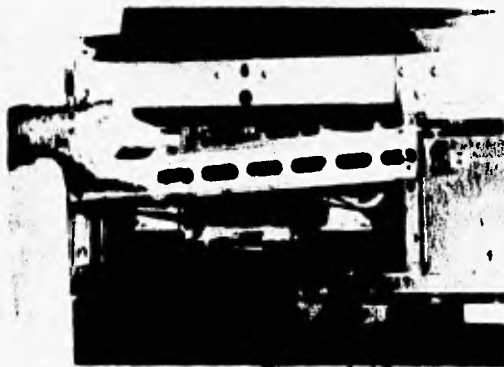


Figura 2.12

- 11.- Desatornillar dos tornillos de cada lado de la caja de componentes (ver figura 2.14).
- 12.- Sacar la caja lo suficiente, para desconectar el plug de conexiones de la parte trasera de la caja.



Figura 2.13



Figura 2.14

- 13.- Desconectar los chupones de conexiones y quitar la caja (ver figura 2.15).
- 14.- Desconectar los cables del sensor de la probeta o los cables del sensor limit del plug conector, señalar cada uno de los cables para un fácil reensamble (ver figura 2.16).



Figura 2.15



Figura 2.16

- 15.- Desatornillar y quitar la probeta o el Hi-Limit de la tina (ver figura 2.17).
- 16.- Aplicar el PST56765 sellador Loctite a la rosca de la probeta o al del Hi-Limit.
- 17.- Instalar el reemplazo de la probeta o del Hi-Limit, realizando el procedimiento anterior inversamente.

Procedimiento 3: Reemplazando el Quemador Principal.

- 1.- Abrir la puerta de la freidora y desconectar los cables del conjunto de la turbina (ver figura 2.18).



Figura 2.17



Figura 2.18

- 2.- Quitar 4 tuercas 1/4" (6mm) del borde del armazón de la turbina (ver figura 2.19).
- 3.- Deslizar el armazón de la turbina de los tornillos de montura.
- 4.- Quitar las tuercas de montura del ensamble de aire plenum y empujar hacia adelante hasta que el plenum deje al descubierto los tubos del quemador (ver figura 2.20).



Figura 2.19

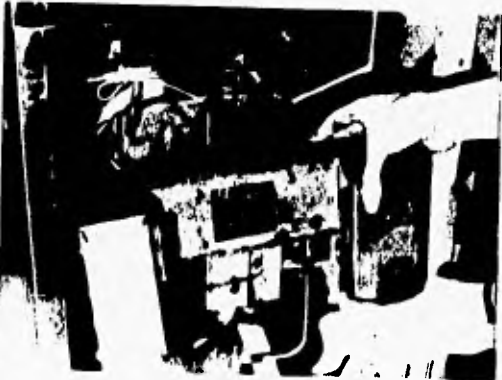


Figura 2.20

NOTA: En freidoras con ollas separadas, quitar la manija de la válvula de drenaje.

- 5.- Desconectar los cables de encendido (ver figura 2.13).
- 6.- Desconectar los tubos de gas de los orificios del quemador y de las bujías de ignición (ver figura 2.21).
- 7.- Quitar 4 tuercas 1/4" (6mm) de la cubierta exterior de las bujías (ver figura 2.22).
- 8.- Remover la hoja de metal atornillada en la parte superior, de las tapas exteriores.

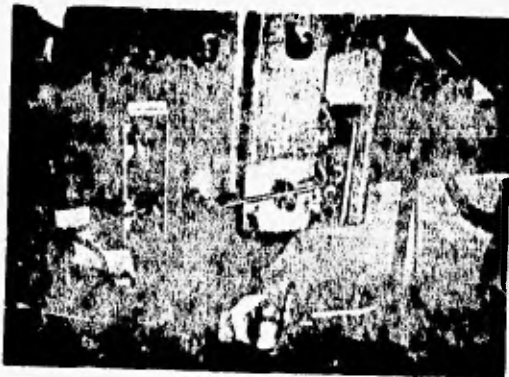


Figura 2.21 Tubo de Gas



Tuercas Figura 2.22

- 9.- Quitar tapas.

10.- Quitar 4 arandelas 1/4" (6mm) y espaciadores tubulares de los tornillos de soporte del panel (ver figura 2.23).

Arandelas y Separadores

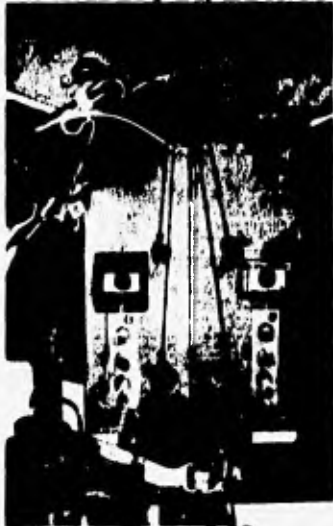


Figura 2.23



Figura 2.24

- 11.- Cuidadosamente quitar los paneles interiores.
- 12.- Sujetando fuertemente los quemadores, jalarlos hacia afuera de la unidad. tener cuidado de no dañar la parte de cerámica (ver figura 2.24).
- 13.- Inspeccionar la parte superior e inferior, que no tengan cuarteaduras en la soldadura antes de reinstalar los quemadores.
- 14.- Limpiar todos los residuos de los quemadores y de la cámara de combustión.
- 15.- Para reinstalar los quemadores, colocar una nueva junta al rededor de la orilla de los quemadores y deslizarlos en sus lugares de montaje.
- 16.- Realizar los procedimientos anteriores de forma inversa para montar todos los componentes.

Procedimiento 4: Reemplazar o Limpiar la turbina de Combustión.

- 1.- Desconectar los cables de la turbina (ver figura 2.19).
- 2.- Quitar 4 tuercas 1/4" (6mm) del armazón de la turbina (ver figura 2.25).

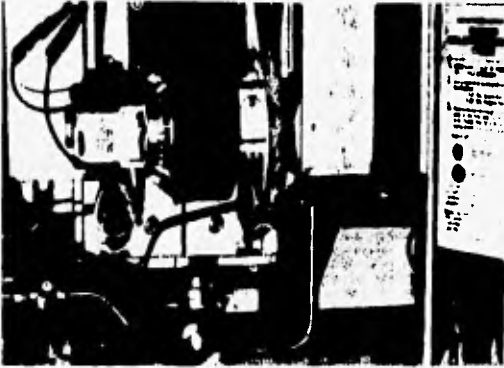


Figura 2.25

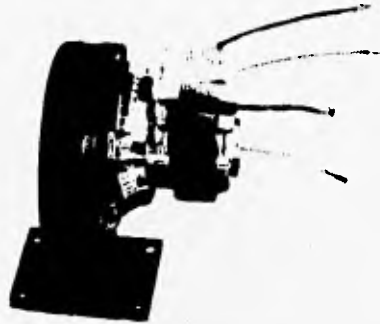


Figura 2.26

- 4.- Quitar 3 tuercas del plato de montura del motor de la turbina (ver figura 2.26).
- 5.- Deslizar la turbina y motor fuera de la carcasa de la turbina (ver figura 2.27).



Figura 2.27

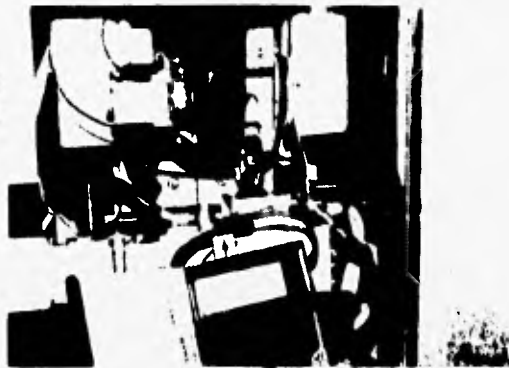


Figura 2.28

- 6.- Para limpiar la rueda de la turbina, envolver el motor con una bolsa de plástico, para evitar que le entre agua al motor. Rocíale detergente desengrasante a la rueda de la turbina. Dejarla remojar por cinco minutos, después sumergirla en agua caliente. Secar con un paño limpio y seco.
- 7.- Rocíar la carcasa de la turbina con un desengrasante, por dentro y por fuera. Dejar remojar por cinco minutos, después sumergir en agua caliente. Secar con un paño limpio y seco.
- 8.- Quitar la bolsa de plástico del motor de la turbina y colocar la carcasa nuevamente.
- 9.- Reinstale la turbina realizando los pasos anteriores de forma inversa.
- 10.- Realizar la prueba de recuperación.

11.- Si es requerido un ajuste de aire, aflojar la tuerca de cerrado, de la placa de ajuste. Abrir o cerrar la placa hasta obtener la máxima flama naranja-roja, en el quemador. Apretar la tuerca nuevamente.

NOTA: Una flama azul vista en el quemador, nos indica falta de aire. Puntos oscuros en la cara del quemador nos indican exceso de aire.

Procedimiento 5: Cambio del Encendido.

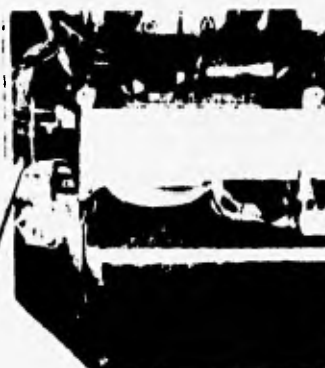
NOTA: Antes de reemplazar el encendido, conectar un microamperímetro en serie con el cable blanco del censor de flama y el encendido. Encender la freidora y checar del punto 3 al punto 6. microamperes la corriente de la flama. Tomar tres mediciones como mínimo (ver figura 2.28).

- 1.- Desconectar el cable de encendido de la bujía, jalarlo suavemente hacia uno (ver figura 2.13).
- 2.- Desmontar la tapa de metal atornillada, para proteger a la bujía del plato de montura (ver figura 2.29).
- 3.- Quitar la bujía, jalándola suavemente hacia uno.
- 4.- Colocar la nueva bujía, realizando los pasos anteriores al revés.

PRECAUCION: Apretar los tornillos de forma alternada, para evitar que la bujía se quiebre.



Figura 2.29 Tornillo



Tubo de Ventilación Figura 2.30

Procedimiento 6: Limpieza del Tubo de Ventilación de la Válvula de Gas.

- 1.- Desatornillar el tubo de ventilación de la válvula de gas (ver figura 2.30)
- 2.- Para limpiar el tubo de ventilación, introducir un pedazo de cable forrado a través del tubo para remover cualquier obstrucción.
- 3.- Quitar el cable y soplar a través del tubo.
- 4.- Para reinstalar el tubo de ventilación realizar los pasos anteriores al revés.



Figura 2.31

Apertura



Figura 2.32

Regulador

Procedimiento 7: Checar y/o Reemplazar el Regulador de la Válvula de Gas.

- 1.- Asegurarse que el tubo de ventilación se encuentra destapado (ver procedimiento anterior).
- 2.- Para determinar si el orificio del regulador esta destapado, remover el enchufe del TEE o a través y colocar un manómetro en este punto (ver figura 2.31).
- 3.- Operar la unidad y observar la presión del gas, si la presión está por debajo de la establecida o no se puede regular, quitar los tornillos de la tapa de ajuste del regulador. Si la presión cae a la establecida, el orificio está limitado y deberá ser reemplazado (ver figura 2.32).
- 4.- Destornillar los 2 tornillos que sostienen al regulador y quitar el conjunto del regulador.
- 5.- Instalar un nuevo regulador y colocar los 2 tornillos que lo detienen.
- 6.- Realizar los pasos anteriores de forma inversa, para poner todo en operación.

NOTA: Asegurarse que el empaque plástico es reinstalado debajo del regulador.



Tubo de Ventilación
Figura 2.33



Figura 2.34 Tornillos

Procedimiento 8: Cambio de la Válvula de Gas.

- 1.- Cuidadosamente remover los cables eléctricos de la válvula de operación y de la válvula auxiliar.
- 2.- Quitar el tubo de ventilación y accesorios de la válvula de gas.
- 3.- Desatornillar la válvula del ensamble múltiple.

NOTA: En algunas freidoras, la válvula de gas está sujeta a la pieza de ensamble y puede ser removida dándole vueltas a la válvula de gas.

- 4.- Quitar toda la tubería de la válvula y colocarlo en una nueva válvula en la misma posición, incluyendo el tubo de ventilación y sus accesorios.

PRECAUCION: Cuando se instalen los accesorios en la válvula de reemplazo, asegurarse de usar el sellador PST 56765 Loctite, aplicar solamente una pequeña cantidad en la rosca. Una cantidad excesiva de sellador podría dañar la válvula.

- 5.- Realizar los pasos anteriores de forma inversa para el rearmado.
- 6.- Probar todas las conexiones de gas con una solución jabonosa, para encontrar posibles fugas, antes de poner en funcionamiento la freidora.

Procedimiento 9: Cambio de los Módulos de Encendido.

- 1.- Quitar los tornillos del Panel de Control.
- 2.- Abrir el Panel de Control hacia abajo.

- 3.- Desconectar el cable de encendido del módulo, para ser cambiado.
- 4.- Desconectar los cables de las terminales de ambos lados del módulo de encendido.
- 5.- Quitar los 4 tornillos que sostienen al modulo de encendido y jalarlo hacia afuera de la caja de componentes (ver figura 2.34).
- 6.- Realizar los pasos anteriores de forma inversa, para colocar el módulo de encendido.



Figura 2.35



Tuercas

Figura 2.36

Procedimiento 10: Cambio de la Interfase.

- 1.- Quitar los tornillos del Panel de Control.
- 2.- Abrir el Panel de Control hacia abajo.
- 3.- Desconectar los cables de la interfase (ver figura 2.35).
- 4.- El Panel de Control y el cableado pueden ser quitados, con solo levantar el ensamble del Panel de Control de sus ranuras del marco.
- 5.- Quitar los 2 tornillos de la parte interior superior del marco (ver figuras 2.35 y 2.12).
- 6.- Quitar los tornillos de la parte superior de la tapa (ver figura 2.35).

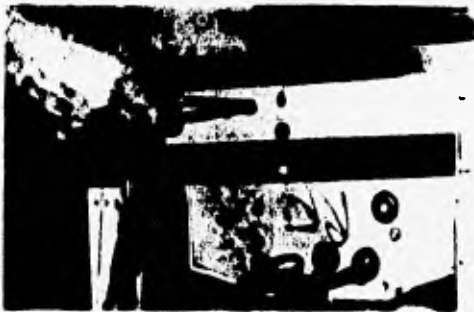


Figura 2.37



Figura 2.38

- 7.- Deslizar el marco superior hacia abajo para despejar la tapa superior y quitarla de la freidora (ver figura 2.12).
- 8.- Desconectar los cables de encendido jalándolos suavemente hacia uno (ver figura 13).
- 9.- Quitar los 2 tornillos de ambos lados de la caja de componentes (ver figura 2.14).
- 10.- Jalar la caja hacia afuera lo suficiente para desconectar los cables y poder quitarla.
- 11.- Desconectar plugs y quitar la caja (ver figura 2.15).
- 12.- Desconectar los plugs de sus terminales en la interfase (ver figura 2.36).
- 13.- Desconectar los relevadores de la interfase (ver figura 2.36).
- 14.- Quitar las tuercas de cada esquina de la interfase y deslizarla de sus soportes (ver figura 2.36).
- 15.- Realizar los pasos anteriores de manera inversa, para instalar la nueva tarjeta.

Procedimiento 11: Cambio de la Tina.

- 1.- Quitar toda la manteca de la freidora.
- 2.- Desmontar las tapas de la tina y los soportes de las cestas.
- 3.- Quitar los tornillos de Panel de Control.
- 4.- Abrir el Panel de Control y quitar los cables de la parte trasera del panel.
- 5.- El panel puede ser retirado, levantándolo de las ranuras del marco.
- 6.- Quitar los tornillos de la tapa y quitar la de la freidora.
- 7.- Quitar los 2 tornillos del marco superior interior y quitarlo de la freidora (ver figura 2.11).
- 8.- Desconectar los cables de encendido (ver figura 2.13).
- 9.- Quitar los tornillos de ambos lados de la caja de componentes (ver figura 2.14).

- 10.- Sacar la caja hacia afuera lo suficiente, para desconectar los cables y sacar la caja (ver figura 2.15).
- 11.- Desconectar el tubo de suministro de gas de los quemadores (ver figura 2.21).
- 12.- Quitar los tornillos frontales que sostienen a la tina (ver figura 2.37).
- 13.- Quitar los tornillos de la tapa de la campana de extracción y sacarla de la campana de extracción (ver figura 2.38).



Figura 2.39



Figura 2.40

- 14.- Quitar el cableado de la probeta de temperatura y el termostato Hi-Limit de su plug (ver figura 2.39).
- 15.- Quitar la grapa del armazón de cables, que está en la esquina izquierda de la tina.
- 16.- Quitar los cables de tierra de la esquina superior izquierda de la tina y dejarlos en la parte baja del gabinete.
- 17.- Levantar la tina del gabinete (ver figura 2.40).
- 18.- Quitar la probeta de temperatura y el termostato Hi-Limit de la tina vieja e instalarlos en la nueva tina, en la misma ubicación. Aplicar el sellador PST56765 Loctite, antes de instalar la nueva tina (ver figura 2.41).
- 19.- Quitar la válvula de drenaje de la vieja tina e instalarla en la nueva. Aplicar el sellador PST56765 Loctite en el niple de drenaje de la tina (ver figura 2.42).



Figura 2.41

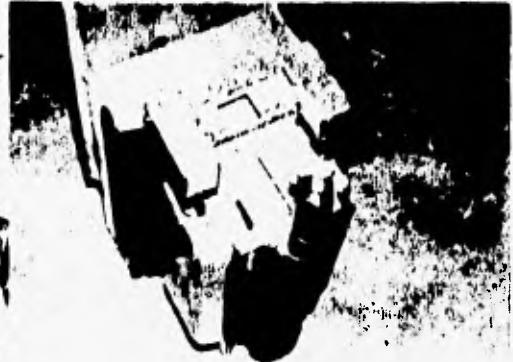


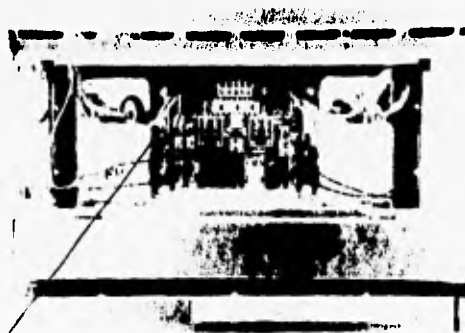
Figura 2.42

20.- Quitar el ensamble plenum de la tina vieja e instalarlo en la nueva (ver figura 2.20).

21.- Realizar los pasos anteriores de forma inversa para instalar la nueva tina.

Procedimiento 12: Cambiando el Fusible del Módulo de Encendido.

- 1.- Quitar los 2 tornillos del Panel de Control.
- 2.- El panel tiene una bisagra en la parte inferior y se abrirá de la parte de arriba.
- 3.- Desconectar los cables de la parte trasera del Panel (ver figura 2.9).
- 4.- El Panel se quitará al sacarlo de las ranuras del marco inferior.
- 5.- Quitar el fusible quemado de su soporte, que se encuentra al lado del módulo de encendido (ver figura 2.43).
- 6.- Instalar el nuevo fusible (ver figura 2.43).
- 7.- Realizar los pasos anteriores de forma inversa para reensamblar todos los componentes.



Fusible

Figura 2.43

2.2.4. Mantenimiento Preventivo

I. LIMPIAR DENTRO Y FUERA DEL GABINETE DE LA FREIDORA - DIARIO.

Para limpiar dentro del gabinete de la freidora, usar un trapo limpio y seco, y limpiar todas las superficies metálicas y componentes accesibles, para remover la capa de manteca y polvo que se acumula.

Para limpiar la parte exterior del gabinete, usar un trapo limpio mojado con detergente de platos y limpiar toda la manteca, polvo y pelusa. Enjuagar con un trapo húmedo limpio.

II. LIMPIAR LA OLLA - UNA VEZ A LA SEMANA.

Precaución: Nunca operar la freidora con la tina vacía.

Para limpiar la tina, ver la sección 6, y calentar la tina, ver la sección 4.

III. LIMPIAR LAS PARTES DESMONTABLES Y ACCESORIOS - UNA VEZ A LA SEMANA.

Limpiar todas las partes desmontables y accesorios con un trapo limpio y seco.

Si se ha acumulado una capa dura de manteca carbonizada en las partes desmontables y accesorios, usar un trapo empapado con limpiador para freidoras Frymaster "N". Enjuagar las partes y accesorios completamente con agua y secarlos antes de reinstalarlos en la freidora.

IV. CHECAR LA CALIBRACION DE LA FREIDORA CON EL TERMOSTATO DE ESTADO SOLIDO DEL PANEL DE CONTROL - UNA VEZ AL MES.

Para checar la calibración, referirse a la calibración del termostato, en la sección 7.

V. LIMPIAR LA TURBINA DE COMBUSTION - CADA 6 MESES.

Para limpiar la turbina de combustión, quitar 3 tornillos o tuercas de la orilla del motor, localizados en la parte izquierda de la cubierta de la turbina. El motor y la rueda saldrán de la cubierta.

Para limpiar la rueda, envolver el motor en una bolsa de plástico, para prevenir que le entre agua. Rocíarle una solución de detergente desengrasante en la rueda de la turbina. Dejar remojar por espacio de 5 minutos, después sumergir en agua caliente. Secar con un trapo limpio seco.

Rociar la cubierta de la turbina por dentro y por fuera con un desengrasante. Dejar remojar por 5 minutos y después sumergir en agua caliente. Secar con un trapo limpio seco.

Si el motor viene con una provisión de aceite, lubricarlo cada seis meses con aceite S.A.E. 20. Reinstalar la turbina siguiendo los pasos anteriores de forma inversa después de haberlo limpiado.

VI. LIMPIAR EL TUBO DE VENTILACION DE LA VALVULA DE GAS - CADA 6 MESES.

Para limpiar el tubo de ventilación de la válvula de gas, desatornillar y quitarlo. Insertar un pedazo de cable forrado a través del tubo de ventilación para remover cualquier obstrucción. Sacar el cable y soplar a través del tubo. Reinstalarlo con la parte abierta hacia la parte trasera de la freidora y suavemente girarlo hacia el piso.

VII. CHECAR LOS QUEMADORES DE PRESION - CADA 4 A 6 MESES.

Solamente personal calificado deberá realizar esta tarea.

VIII. CHECAR EL AJUSTE DEL AIRE - CADA 4 A 6 MESES.

Una flama azul vista a través del orificio de inspección indica falta de aire. Esto puede corregirse, aflojando las tuercas del placa de ajuste de la turbina y girarlo para abrir al máximo el paso del aire y obtener una flama roja en el quemador. Puntos negros en el quemador indican exceso de aire. para corregir esta condición, girar la placa de ajuste cerrándola hasta obtener una flama roja en el quemador. Después de que el ajuste ha sido realizado, fijar la placa de ajuste con sus tuercas.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 24

2.3. GUIA DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LAS FREIDORAS CON COMPUTADORA MAGIC III, TINA CON LEVANTADOR DE TIEMPO Y CONTROLADOR DIGITAL.

NOTA: El controlador digital no tiene una alarma audible.

ADVERTENCIA: Inspección, examinación y reparación del equipo eléctrico debe ser realizado solamente, por personal calificado. La unidad debe ser desconectada cuando se le realice algún servicio, excepto cuando el examen eléctrico así lo requiera.

CUIDADO: Tener cuidado extremo con los exámenes de los circuitos eléctricos. Los circuitos pueden estar expuestos.

NOTA: Esta guía no incluye todos los posibles problemas y causas. Sin embargo, Hay que observar cuidadosamente cualquier indicación de mal funcionamiento y solución de problemas que esta guía sea capaz de solucionar y corregir de una manera más experta.

NOTA: Ver la guía de servicios de reemplazos para reemplazar cualquier componente de la freidora.

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
<p>Tina completa</p> <p>Switch de ON/OFF en ON: Muestra "HELP", suena la alarma, el indicador de calor (HEAT) esta en ON, todos los leds del panel de interfase están prendidos, el quemador no tiene flama.</p> <p>Los leds #2, #4 y #5 están encendidos, después de un tiempo el led #2 y #5 se apagan y el led #4 permanece prendido.</p> <p>Lado izquierdo de la tina led #2 y #1 prendidos, después de un tiempo el led #1 se apaga y el led #2 permanece prendido.</p> <p>Lado derecho de la tina Leds #4 y #5 prendidos, después de un tiempo el led #5 se apaga y el led #4 permanece prendido.</p>	A. Válvula de drenado no cerrada completamente.	A. En el switch ON/OFF presionar OFF, cerrar la válvula de drenado, en el switch ON/OFF presionar ON.
	B. Defecto o desajuste en el microswitch de la válvula de drenado.	B. Ajustar o reemplazar el switch de la válvula de drenado y repetir el paso "A".
	C. Válvula de gas en posición OFF.	C. Rotar la perilla de la válvula de gas a la posición de ON y repetir el paso "A".
	D. Termostato de HI-LIMIT defectuoso o en posición abierta.	D. Checar continuamente el termostato de HI-LIMIT y reemplazar si se encuentra defectuoso.
	E. Combustión incorrecta en la mezcla de aire hacia los quemadores.	E. Checar los quemadores de combustión de aire (ver "Checando el ajuste de aire" en la sección 16).
	1. Ventilador de aire y motor sucios.	1. Quitar el ventilador y limpiar (ver "Limpieza del ventilador de combustión de aire" en la sección 16).
	2. El ventilador no funciona cuando la luz de calor (HEAT) esta prendida.	2. Checar 120 VAC en el cable conector del ventilador cuando la luz de calor (HEAT) se encienda. Si se presentan los 120 VAC, reemplazar el ventilador.
	3. Defecto en el transmisor de calor en el panel de interfase, el ventilador no funciona.	3. Reemplazar el transmisor de calor en el panel de interfase
F. Defecto en la válvula de gas Unitrol.	F. Checar 24 VAC através de las terminales de la válvula de gas	

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 25

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
(CONTINUACION)		Unitrol, cuando el led #2, el #4 y el #5 se enciendan. Si a 24 VAC esto no se presenta, reemplazar la válvula de gas Unitrol.
Switch ON/OFF en posición ON: despliega "prob", suena la alarma y el indicador de calor se apaga.	A. Conexiones abiertas o en corto en el circuito de la probeta de temperatura.	A. Checar continuamente la resistencia del circuito de la probeta incluyendo corto a tierra (ver la tarjeta del panel de interfase).
	1. Probeta en corto o abierta.	1. Reemplazar la probeta si se encuentra algún defecto.
	2. Defecto de la conexión en el circuito de la probeta.	2. Reparar las conexiones que tengan algún defecto.
	3. Defecto en la computadora.	3. Realizar un examen a la freidora con un técnico de Frymaster, reemplazar si se encuentra algún defecto.
	4. Circuito de probeta abierto o en corto en el panel de interfase.	4. Checar circuito de probeta en el panel de interfase (ver tarjeta del panel de interfase), reemplazar panel de interfase si se encuentra defectuoso.
	5. Perdida de conexión en el pin del conector de la computadora.	5. Remover el conector trasero de la computadora y checar si se han desconectado los pins del conector, reemplazar si se requiere.
	6. Perdida de conexión en el cable del pin de la freidora en los conectores traseros del panel de interfase.	6. Remover el cable principal del equipo de conectores traseros del panel de interfase y checar si los pins están desconectados. Reparar si se requiere.
No se presenta ningún mensaje en la computadora, todos los leds del panel de interfase están apagados.	No hay electricidad en la freidora.	A. Checar el generador de poder de la freidora. 1. Cable de poder desconectado. 2. Resetear el breack del circuito del sistema de Ansul.
No se presenta ningún mensaje en la computadora.	A. Defecto en el transformador de 12 volts.	B. Checar através de un examen que en los puntos 1 y 3 pasen 12 VAC del lado derecho del panel. (ver examen del panel de interfase). Si no se presentan los 12 VAC, reemplazar el transformador de 12 volts.
Panel de interfase: El led #3 esta prendido y el led #6 esta apagado.	B. Perdida de conexiones en el pin de caja del transformador en el plug del cable del equipo.	B. Remover el cable de la caja del transformador y checar que los pins no se hayan desconectado. Reparar si se requiere.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 26

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
(CONTINUACION) No se presenta ningún mensaje en la computadora, en el panel de interfase: el led #3 esta prendido y el led #5 esta apagado.	A. Defecto en la computadora.	A. Cambiar la computadora con otra freidora y aplicarle un examen. Reemplazar si se encuentra algún defecto.
	B. Perdida de conexión en el cable de la computadora del equipo de conexiones.	B. Remover el cable de la caja del transformador y checar que los pins no estén desconectados. Reparar si se requiere.
Switch de ON/OFF en ON: muestra "LO" el indicador de ciclos de calor esta prendido y apagado, los quemadores no tienen flama.	A. Defecto en el transformador de 24 volts.	A. Checar 24 VAC en el punto 8 y tierra del lado derecho del panel (ver carga del panel de interfase). si no se presentan, reemplazar el transformador.
	B. Se presentan 24 volts en el panel de interfase del quemador abierto.	B. Inspección visual del panel de interfase por los spots de los quemadores. Reemplazar si se encuentra algún defecto.
TINA COMPLETA Switch de ON/OFF en ON: Se despliega "LO" los ciclos del indicador de calor están prendiendo y apagando. Después de un tiempo se despliega "HELP", el quemador izquierdo no tiene flama, en el panel de interfase: Los leds #2, #4 y #5 están prendidos, después de un tiempo, el led #2 y el led #5 se apagan y el #4 permanece prendido.	A. Defecto en el modulo de ignición izquierdo.	A. Remover el plug de ignición izquierdo y checar si esta desconectado, si existe alguna chispa reemplazar el modulo.
	B. Defecto en el plug de ignición izquierdo.	B. Remover el plug de ignición izquierdo y checar si esta roto el insulador de cerámica. Reemplazar si esta roto.
	C. Tubo de gas del quemador izquierdo tapado o torcido.	C. Reemplazar el cable por uno en buenas condiciones.
	D. Defecto en el cable de ignición izquierdo. No separar del modulo de ignición derecho al plug de ignición.	D. Reemplazar por un cable de ignición en buenas condiciones.
TINA COMPLETA Switch de ON/OFF en ON: se despliega "LO", ciclos del indicador de calor en ON y OFF. Después de un tiempo se despliega "HELP". El quemador no tiene flama, pero el izquierdo si tiene. Panel de interfase: Leds #2, #4 y #5 prendidos después de un tiempo el led #2 y el #5 se apagan y el #4 permanece prendido.	A. Defecto en el modulo de ignición derecho. No separar el modulo de ignición derecho del plug de ignición.	A. Remover el cable de ignición derecho del plug de ignición. Si no esta separado reemplazar el modulo.
	B. Defecto en el plug de ignición derecho. No separar el modulo derecho del plug de ignición.	B. Remover el plug de ignición derecho y checar si el insulador de cerámica no esta roto. Si esta roto reemplazarlo.
	C. Defecto en el cable de ignición derecho. No separar el modulo de ignición derecho del plug de ignición.	C. Reemplazar el cable de ignición por uno en buenas condiciones.
	D. Tubo de gas del orificio del quemador derecho tapado o torcido.	D. Remover el tubo de gas derecho y limpiarlo o reemplazarlo.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 27

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
TINA COMPLETA La freidora tiene lento arranque, el display muestra "HELP", después de un corto tiempo del arranque. Esta fuera del ciclo de derretido.	A. Un quemador no prende debido a que el aire restringido pasa por el ventilador.	A. Limpiar el ventilador de combustión de aire y hacerle un ajuste al quemador (ver "Limpieza del ventilador de combustión de aire" y "Checando ajuste de aire" en la secc. 16).
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Freidora quemando normalmente, pero la recuperación es lenta cuando se cocina el producto.	A. Quemador de gas con presión baja.	A. Checar y ajustar la presión del quemador de gas (ver Checado y/o reemplazado el ensamble de regulador de la variación de gas" en la secc. 15).
	B. Combustión de aire del ventilador sucia o desajustada.	B. Limpiar el ventilador de combustión de aire y ajustar el quemador (ver "Limpieza del ventilador de combustión de aire" y "Checando el ajuste de aire" en la secc. 16).
	C. Tamaño inadecuado de los orificios del quemador.	C. Remover los orificios y limpiar checando el tamaño correcto usando el perforador correcto (ver tamaño de los orificios en el número de serie de la freidora en la puerta trasera).
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Switch ON/OFF en ON, indicadores de calor en OFF después del encendido inicial se despliega "HI-HOT" y suena la alarma. NOTA: Si la freidora no se apaga, el termostato continua hasta "HI-LIMIT" y se despliega la palabra "HELP".	A. Transmisor de calor del panel de interfase cerrado.	A. Desconectar del panel de interfase y reemplazarlo por uno en buenas condiciones.
	B. Defecto en la computadora.	B. Cambiar la computadora con la de otra freidora para hacerle un examen. Reemplazaría si se encuentra algún defecto.
	C. Circuito del transmisor de calor del panel de interfase en corto a tierra causando que se mantenga energizado.	C. Checar visualmente el panel para revisar los spots de los quemadores, reemplazar si los spots tienen algún daño.
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Switch de ON/OFF en ON se despliega la palabra "HELP" suena la alarma pero la freidora funciona normalmente.	A. Falsa alarma.	A. Checar los componentes defectuosos.
	1. Computadora defectuosa.	1. Cambiar la computadora con la de otra freidora para aplicarle un examen. Reemplazar si se encuentra algún defecto.
	2. Defecto en el modulo de ignición derecho o izquierdo.	2. Desconectar el cable de la alarma de los módulos de ignición uno por uno mientras suena la alarma. Si la alarma se detiene cuando se desconecta el cable, reemplazar el panel de interfase.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 28

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
(CONTINUACION)	3. Panel de interfase defectuoso.	3. Desconectar el cable de la alarma de ambos módulos. Si el sonido de la alarma continua, reemplazar el panel de interfase.
La computadora no entra en modo de programación.	A. Cortos en los botones de la computadora.	A. Cambiar la computadora con otra freidora para aplicarle un examen. Reemplazar si se encuentra defecto.
Switch de ON/OFF en ON, muestra "LO". Los ciclos del indicador de calor funcionan normalmente, los quemadores no tienen flama y el ventilador no funciona. PARA TINA COMPLETA: Led #3 prendido Led #6 prendido Leds #2, #4 y #5 apagados. PARA TINA DIVIDIDA: Leds #1 Y #2 apagados del lado izquierdo. Leds #4 Y #5 apagados del lado izquierdo.	A. Defecto en el transmisor de calor en el panel de interfase.	A. Desconectar el transmisor y reemplazarlo por uno en buenas condiciones.
	B. Defecto en la computadora.	B. Intercambiar la computadora con la de otra freidora para examinarla, reemplazar si se encuentra algún defecto.
	C. Defecto en el pin de conexiones o cable roto en el equipo del cable de la computadora.	C. Cambiar el cable de la computadora con el de otra freidora. Si la freidora opera correctamente reemplazar o reparar el cable de la computadora.
Durante la operación normal de cocción se despliega "HI-HOT" después "PROBLEMA" con sonido de alarma. La temperatura del aceite no esta sobrecalentado.	A. Defecto en la probeta de temperatura.	A. Checar continuamente la resistencia de la probeta (ver "Carta de examen del panel de Interfase"). Reemplazar la probeta si se encuentra algún defecto.
	B. Perdida de conexiones en el pin de conector del circuito de la probeta de temperatura, causando alta resistencia.	B. Checar los pins de los conectores del circuito de la probeta y reparar si se requiere.
TINA COMPLETA Panel de interfase: Led #5 no se prende cuando el indicador de calor se prende. Los quemadores no tienen flama. Los leds #2 y #4 prendidos después de un tiempo el led #2 se apaga y el led #4 permanece prendido. El display muestra "HELP".	A. Fusible volado en el modulo de ignición izquierdo.	A. Checar fusible en el modulo de ignición izquierdo. Si esta volado, reemplazar por uno nuevo.
	B. Defecto en el modulo de ignición izquierdo.	B. Checar 24 VAC en la terminal V2S del lado izquierdo del panel de interfase cuando el led #2 se prenda. Si no se presentan los 24 VAC reemplazar el modulo de ignición izquierdo.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 29

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
TINA COMPLETA El indicador de (HEAT) esta encendido, el ventilador no funciona, los quemadores no tienen flama Panel de interfase: Led #4 encendido Led #2 y #5 apagados, y el ventilador funciona normalmente.	A. Fusible volado en el modulo de ignición derecho.	A. Checar el fusible del modulo, si el fusible esta volado reemplazarlo por uno nuevo.
	B. Defecto en el modulo de ignición derecho.	B. Checar 24 VAC en la terminal V1S del lado derecho del panel de interfase cuando el led #4 se encienda. Si los 24 VAC no se presentan, reemplazar el modulo derecho.
LADO IZQUIERDO DE LA TINA DIVIDIDA. Indicador de calor en ON, ventilador funcionando, Quemador sin flama. Panel de Interfase. Led #2 ON Led #1 OFF Ventilador funcionando continuamente	A. Fusible volado en el modulo de ignición izquierdo.	A. Checar el fusible en el modulo de ignición izquierdo, si el fusible está volado reemplazarlo por uno nuevo del porta fusibles
	B. Defecto en el modulo de ignición izquierdo.	B. Checar 24 VAC en la terminal V2D en la parte izquierda del panel de interfase cuando el led #3 se prenda. Si no se presentan los 24 VAC reemplazar el modulo de ignición izquierdo.
LADO DERECHO DE LA TINA DIVIDIDA. Indicador de calor en ON, ventilador funcionando, Quemador sin flama. Panel de Interfase. Led #4 en ON Led #5 en OFF Ventilador funcionando continuamente	A. Fusible volado del modulo de ignición derecho.	A. Checar el fusible del modulo de ignición derecho, si el fusible está volado, reemplazarlo por uno nuevo del portafusibles.
	B. Defecto en el modulo de ignición derecho.	B. Checar 24 VAC en la terminal V1D del lado derecho del panel de interfase cuando el led #4 se prenda. Si no se presentan los 24 VAC reemplazar el modulo de ignición derecho.
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Freidora operando normal, pero produciendo sonidos de explosiones, cuando se prenden los quemadores	A. Defecto en el plug de ignición.	A. Remover los plugs de ignición y checar si esta roto el insulador de cerámica. <u>Reemplazar si esta roto.</u>
	B. Entrada del ventilador de aire e impulsor de suciedad.	B. Remover el ventilador y limpiar (Ver Limpieza del ventilador de Combustión de aire, en la sección 16)
	C. Velocidad del ventilador lenta al arranque.	C. Remover el ventilador y checar los tamaños del soporte del motor. Reemplazar por los soportes adecuados.
	D. Tubo de ventilación en la válvula de gas obstruido, causando una alta presión de gas en el quemador.	D. Remover el tubo de paso de la válvula de gas y limpiar con un cable de banda y reinstalar.
	E. Loseta de cerámica de los quemadores rota.	E. Reemplazar quemador.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 30

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Luz de poder en ON, Luz de calor en ON, Luz de problema en ON, Todos los leds del panel de interfase se prenden y apagan en secuencia normal. Quemadores sin flama.	A. Válvula de Drenado no completamente cerrada.	A. Presionar OFF del switch ON/OFF, cerrar la válvula de drenado, presionar el switch On del ON/OFF.
	B. Defecto o desajuste en el microswitch de la válvula.	B. Ajustar o reemplazar el switch de la válvula de drenado, repetir el paso "A" anterior.
	C. Válvula de gas en la posición de OFF.	C. Rotar la válvula de gas a la posición de ON y repetir el paso "A" anterior.
	D. Línea flexible de desconexión rápida no completamente conectada a la conexión de gas de la freidora.	D. Reconectar la línea de gas flexible a la conexión de gas de la freidora y repetir el paso "A" anterior.
	E. Válvula manual de shut-off en línea flexible de gas cerrada	E. Checar la válvula manual shut-off. Abrirla si esta cerrada.
	F. Defecto en el termostato Hi-Limit. Candado cerrado o cables rotos.	F. Checar continuidad en el termostato Hi-Limit. Reemplazar si esta defectuoso.
	G. Combustión impropia en la mezcla de aire de los quemadores.	G. Checar la combustión de aire de los quemadores (ver Checando ajuste de aire de la sección 16).
	1. Boca del ventilador de aire y motor sucios.	1. Remover el ventilador y limpiar.
	2. El ventilador no funciona cuando la luz de calor se enciende.	2. Checar la corriente de los cables, conectores del ventilador cuando la luz de calor, se encienda. Si se presenta corriente, reemplazar el ventilador.
	3. Defecto en la transmisión de calor en el panel de interfase, el ventilador no funciona.	3. Reemplazar el transmisor de calor del panel de interfase, sabiendo que es uno bueno.
H. Defecto en la válvula de gas Unitrol.	H. Checar 24 VAC através de las terminales de la válvula de gas Unitrol, cuando los leds #1 y #5 se enciendan. Si se presentan los 24 VAC, reemplazar la válvula de gas Unitrol.	

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 31

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
<p>Switch de poder en ON, Luz de poder en ON, Luz de problema en ON, Luz de calor en ON</p> <p>TINA DIVIDIDA</p> <p>La luz de Problema se enciende después de prender el switch de poder.</p>	A. Alta resistencia o circuito abierto de la probeta de temperatura.	A. Checar continuidad o la resistencia de la probeta del circuito. (Ver examen del Panel de Interfase del manual).
	1. Probeta Abierta.	1. Reemplazar la probeta si se encuentra abierta.
	2. Defecto de las conexiones del cable de la probeta.	2. Ejecutar el paso "A" y reparar los cables de las conexiones si se requiere.
	3. Defecto en el controlador.	3. Cambiar el controlador con otra freidora o hacer la prueba con el Frymaster MTB-310 probador. Reemplazar si se encuentra defectuoso.
	4. Corto o circuito abierto de la probeta en el panel de interfase.	4. Checar el circuito de la probeta en el panel de interfase, (ver examen del panel de interfase). Reemplazar si se encuentra defectuoso.
	5. Perdida en el pin de conexiones del controlador.	5. Remover el conector trasero del controlador y checar si se han desconectado los pins. Reparar si se requiere.
	6. Perdida de conexiones en el pin de la freidora principal en la parte trasera del panel de interfase.	6. Remover los cables de los conectores principales de la parte trasera del panel de interfase y checar si se han desconectado. Reparar si se requiere.
<p>TINA COMPLETA O DIVIDIDA</p> <p>Switch de poder en ON, No hay luces prendidas en el controlador, La freidora no calienta.</p> <p>Todos los leds del Panel en OFF.</p>	A. No existe poder eléctrico en la freidora.	A. Checar el suministrador de poder de la freidora. 1. Cable de conexión desconectado. 2. Resetear los breakers del circuito del sistema Ansul.
<p>TINA COMPLETA O DIVIDIDA</p> <p>Switch de poder en ON, No hay ninguna luz prendida en el controlador.</p> <p>Led #3 ON Led #6 OFF</p>	A. Defecto en el transformador de 12 volts.	A. Checar através de un examen los puntos 1 y 3 que tengan 12 VAC, en el lado derecho del panel de interfase, si no se presentan los 12 VAC, reemplazar el transformador de 12 volts.
	B. Perdida de conexiones en el pin del cable de la caja del transformador.	B. Remover el cable de la caja del transformador y checar si no se han desconectado los pins. Reparar si se requiere.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 32

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
TINA COMPLETA O DIVIDIDA. Switch de poder en ON, No hay luces prendidas en el controlador. La freidora no calienta. Panel de interfase Led #3 ON Led #6 ON	A. Defecto en el controlador	A. Cambiar el controlador con otra freidora y realizar el examen con el probador Frymaster MTB-310. Reemplazar y se encuentra defectuoso.
	B. Perdida de conexiones en el pin del cable del controlador.	B. Remover el plug de la parte trasera del controlador y checar 12 VAC en los pins 1 y 3 del plug (ver examen del panel de interfase) si no se presentan los 12 VAC reemplazar el cable o repararlo.
TINA COMPLETA O DIVIDIDA. Switch de poder en ON, Luz de encendido en ON, Luz de ciclos de calor ON y OFF, pero quemadores no encienden. Panel de interfase Led #3 OFF Led #6 ON	A. Defecto en el transformador de 24 volts.	A. Checar 24 VAC haciendo examen del punto 8 a tierra del lado derecho del panel de interfase (ver examen del panel de interfase). Si no se presentan 24 VAC reemplazar el transformador de 24 volts.
	B. Checar 24 volts en el panel interfase quemador abierto.	B. Hacer una inspección visual de los quemadores en el panel de interfase. Reemplazar el panel si se encuentran quemados los spots.
TINA COMPLETA Switch de poder en ON, Luz de encendido en ON, Luz de ciclos de calor ON y OFF, quemadores no trabajan correctamente, se encienden y apagan en periodos de tiempo cortos, Luz de problemas se enciende. Panel de interfase Led's #2, #4 y #5 ON. Después de un corto tiempo #5 se apaga.	A. Defecto en el modulo izquierdo. No hay separación del modulo izquierdo del plug de ignición izquierdo.	A. Remover el cable del plug de ignición izquierdo y checar si se encuentra desconectado si no, reemplazar el modulo.
	B. Defecto en el plug de ignición izquierdo.	B. Remover el plug de ignición izquierdo y checar si esta roto el insulador de cerámica. Remover si esta roto
	C. Tubo de gas del quemador izquierdo con orificio tapado.	C. Remover el tubo de gas izquierdo limpiarlo o reemplazarlo si se encuentra ondulado.
	D. Defecto en el cable de ignición izquierdo. No se presenta chispa en el plug del modulo de ignición izquierdo	D. Reemplazar con un cable en buenas condiciones.
TINA COMPLETA Switch de poder en ON, Luz de encendido en ON, Luz de ciclos de calor Ony OFF, Quemador derecho no enciende, Quemador izquierdo funcionando	A. Defecto en el modulo de ignición derecho. No hay chispa en el plug del modulo de ignición derecho.	A. Remover el cable de ignición derecho y checar si esta desconectado. Si no se presenta este desprendimiento, reemplazar el modulo.
	B. Defecto en el plug de ignición derecho.	B. Remover el plug de ignición derecho y checar que no este roto el insulador de cerámica. Reemplazar si esta roto.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 33

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
(CONTINUACION) Panel de interfase: Leds #2, #4 y #5 encendidos después de un tiempo el #2 y el #5 se apagan mientras el #4 permanece encendido.	C. Defecto en el cable de ignición derecho. No hay chispa del modulo de ignición derecho al plug de ignición derecho.	C. Reemplazar por uno en buenas condiciones
	D. Tubo del gas del quemador derecho tapado, torcido o cerrado.	D. Remover el tubo de gas y limpiar o reemplazar si esta torcido.
TINA COMPLETA La freidora empieza lentamente con el ciclo de derretido, la luz de poder esta encendida y la luz de problema se enciende un tiempo después se apaga la luz del ciclo de derretido.	A. Uno de los quemadores no tiene flama debido al aire restringido del ventilador.	A. Limpiar el ventilador de combustión de aire y ajustar el quemador (ver "Limpieza del ventilador de combustión de aire y chequeando ajuste" en la secc. 16)
	B. Presión baja en el quemador de gas.	B. Checar y ajustar la presión de gas del quemador (ver "Checando y/o reemplazando el ensamble del regulador de la válvula de gas" en la secc. 15)
	C. Defecto en el modulo de ignición izquierdo o derecho.	C. Ajustar la flama con un microampermetro para determinar cual de los módulos tiene defecto. (Ver "Checando ajuste de aire" en la secc. 16) si no hay cambio en la flama cambiar el modulo.
En una freidora con tina dividida uno de los lados no entra en el ciclo de derretido y el quemador de ese lado no funciona.	A. Por una posible causa ver procedimiento A, B, y C.	A. Para una acción correctiva ver el procedimiento de los pasos A, B y C anteriores.
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Freidora operando normalmente pero la recuperación es lenta cuando se cocina el producto.	A. Quemador de gas con presión baja.	A. Checar y ajustar la presión de gas (ver "Checando y/o reemplazando el ensamble del regulador de la válvula de gas" en la secc. 15).
	B. Ventilador de combustión de aire sucio.	B. Limpiar el ventilador de aire y ajustar el quemador de aire (ver "Limpieza del ventilador" y "Checando ajuste de aire" en la secc. 16).
	C. Orificios del quemador fuera de tamaño adecuado.	C. Remover los orificios y limpiarlos checar y corregir el tamaño utilizando el perforador correcto.
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Switch de ON/OFF en ON, luz de HEAT encendida, después de la señal de encendido, la freidora continua calentando hasta que la luz de problema se enciende hasta una temperatura de 410° Fahrenheit.	A. Transmisor de calor en el panel de interfase tapado.	A. Desconectar el relevador del panel de interfase y reemplazarlo por uno en buenas condiciones.
	B. Defecto en el controlador.	B. Cambiar el controlador con el de otra freidora para aplicarle un examen. Reemplazar si se encuentra algún defecto.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 34

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
<p align="center">(CONTINUACION)</p> <p>NOTA: Si la freidora no esta apagada, el HEAT continua hasta el termostato de HI-LIMIT.</p>	C. Circuito del relevador de calor en corto a tierra, causando que este se energize.	C. Hacer un chequeo visual al panel de interfase. Reemplazarlo si están quemados los spots.
<p>TINA COMPLETA O DIVIDIDA</p> <p>Switch de ON/OFF encendido. La luz del ciclo de calor se enciende y apaga normalmente. La operación de la freidora es normal.</p>	A. Falsa alarma.	A. Checar el defecto de los componentes.
	1. Defecto en el controlador.	1. Intercambiar el controlador con el de otra freidora para aplicarle un examen. Reemplazar si se encuentra algún defecto.
	2. Defecto en el modulo de ignición izquierdo o derecho.	2. Desconectar el cable de la alarma de los módulos de ignición uno por uno mientras la alarma suena, si la alarma deja de sonar cuando se mueva el cable, reemplazar el panel de interfase.
	3. Defecto en el panel de interfase.	3. Desconectar el cable de la alarma de ambos módulos, si la alarma continua sonando, reemplazar el panel de interfase.
	4. Abertura o defecto en el controlador de conexiones, cable 15 del pin. Tina completa pins 2 o 10, Tina dividida pins 2, 10 o 12.	4. Checar el cable del controlador de los conectores, reemplazar si se requiere.
<p>Switch de ON/OFF encendido, la luz de los ciclos de calor se enciende y apaga normalmente, los quemadores no se encienden y el ventilador no funciona.</p> <p>PARA TINA COMPLETA Led #3 encendido Led #6 encendido Leds #2, #4 y #5 apagados Los quemadores no están prendidos.</p> <p>PARA TINA DIVIDIDA Led #3 encendido Led #6 encendido Leds #1 y #2 apagados del lado izquierdo, los leds #4 y #5 apagados del lado derecho.</p>	A. Defecto en el transmisor de calor del panel de interfase.	A. Desconectar el relevador y reemplazarlo por uno en buenas condiciones.
	B. Defecto en el controlador. No hay voltaje de salida en el pin 5 del conector del controlador.	B. Intercambiar el controlador con el de otra freidora para aplicarle un examen. Reemplazar si se encuentra algún defecto.
	C. Defecto en el pin de conexiones o cables rotos en el cable del controlador.	C. Intercambiar el cable del controlador con el de otra freidora, si la freidora opera correctamente, reemplazar o reparar el cable del controlador.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 35

PROBLEMA DESPLEGADO	CAUSA PROBABLE	ACCION CORRECTIVA
TINA COMPLETA O DIVIDIDA Panel de interfase: El led #5 no se prende cuando la luz del HEAT se enciende. Los quemadores no tienen flama. Los leds #2 y #4 encendidos después de un tiempo el led #2 se enciende y el led #4 permanece encendido.	A. Fusible volado en el modulo de ignición izquierdo.	A. Checar el fusible del modulo. Si esta volado reemplazarlo por uno nuevo.
	B. Defecto en el modulo de ignición izquierdo.	B. Checar 24 VAC en la terminal V2S del lado izquierdo del modulo de interfase cuando el led #2 se encienda, si no se presentan los 24 VAC, reemplazar el modulo.
TINA COMPLETA Panel de interfase: Led #2 y #5 no se encienden cuando la luz del HEAT esta prendida. Los quemadores no tienen flama Led #4 se enciende y el ventilador funciona continuamente.	A. Fusible volado en el modulo de ignición derecho.	A. Checar el fusible del modulo, si esta volado, reemplazarlo por uno nuevo.
	B. Defecto en el modulo de ignición derecho.	B. Checar 24 VAC en la terminal V1S del lado derecho del panel de interfase cuando el led #4 se encienda. Si no se presentan los 24 VAC, reemplazar el modulo.
TINA DIVIDIDA Panel de interfase: Led #1 no se enciende cuando la luz del HEAT se enciende. El quemador izquierdo no tiene flama. El led #2 se enciende y el ventilador funciona continuamente.	A. Fusible volado en el modulo de ignición izquierdo.	A. Checar el fusible del modulo, si esta volado, reemplazarlo por uno nuevo.
	B. Defecto en el modulo de ignición izquierdo.	B. Checar 24 VAC en la terminal V2D del lado izquierdo del panel de interfase cuando el led #3 se encienda. Si no se presentan los 24 VAC, reemplazar el modulo.
TINA DIVIDIDA Panel de interfase: Led #5 no se enciende cuando la luz del HEAT se enciende. El quemador izquierdo no tiene flama. El led #4 se enciende y el ventilador funciona continuamente.	A. Fusible volado en el modulo de ignición derecho.	A. Checar el fusible del modulo, si esta volado, reemplazarlo por uno nuevo.
	B. Defecto en el modulo de ignición derecho.	B. Checar 24 VAC en la terminal V1D del lado izquierdo del panel de interfase cuando el led #4 se encienda. Si no se presentan los 24 VAC, Reemplazar el modulo.
TINA COMPLETA O DIVIDIDA La freidora opera normal mente, pero produce sonido de alarma cuando el quemador tiene flama.	A. Defecto en el plug de ignición.	A. Remover los plugs de ignición y checar que el aislador de cerámica no este roto. Reemplazar si esta roto.
	B. Entrada del ventilador de aire y motor sucios.	B. Remover el ventilador y limpiar (ver "Limpieza del ventilador de combustión de aire" en la secc. 16).
	C. Ventilador con arranque lento al empezar a funcionar.	C. Remover el ventilador y checar el aspecto del motor. Reemplazar si se encuentra algún defecto.
	D. Salida de la válvula del tubo de gas torcida, causando alta presión en el quemador.	D. Remover la salida de la válvula de gas y limpiarla con alambre y reinstalarlo.
	E. Loseta de cerámica de los quemadores rota.	E. Reemplazar el quemador.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO 36

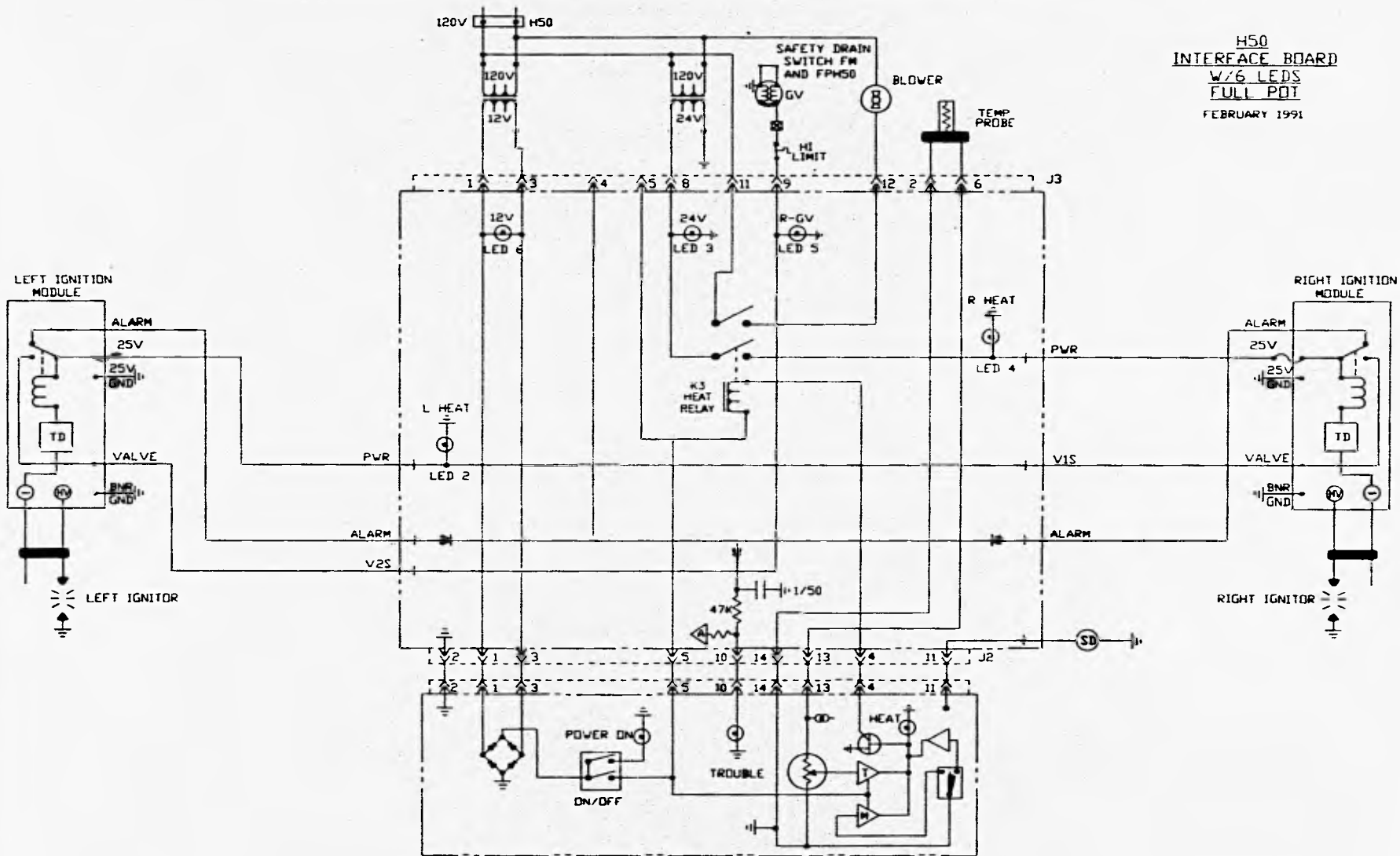
A continuación presentamos algunas de las refacciones más empleadas en el mantenimiento de la freidora.

Nº PARTE	REFACCION
806-4206	PROBETA DE TEMPERATURA
810-0687	QUEMADOR UNIVERSAL LP
812-0457	AISLADOR DE CERAMICA
807-1288	VALVULA DE GAS
826-0929	TINA COMPLETA
807-0800	TRANSFORMADOR 120/24 VOLTS
807-1006	MODULO DE IGNICION
806-3660	ALARMA DEL PANEL DE CONTROL
807-0910	FUSIBLE
826-0982	CHUPON DE IGNICION Y KIT DE EMPAQUE GAS LP
807-0855	TRANSFORMADOR 120/12 VOLTS
806-4145	VALVULA DE DRENADO 1 1/4" TINA COMPLETA
806-4789SP	TINA COMPLETA CON QUEMADORES
826-0930	TINA DIVIDIDA
807-1067	CHUPON DE 2 PIN
806-4504SP	ENSAMBLE TURBINA 120 VOLTS
826-0931	AISLADOR DEL QUEMADOR TINA COMPLETA
807-1068	CONECTOR CAP DE 2 PIN
810-0380	VALVULA DE DRENADO 1" TINA DIVIDIDA
807-0027	INTERRUPTOR DE DESAGÜE DE SEGURIDAD
806-3410	TERMOSTATO HI-LIMIT 425°F (218°C)

Las siguientes dos páginas muestran los diagramas eléctricos de los dos tipos de freidoras que se han mencionado con anterioridad.

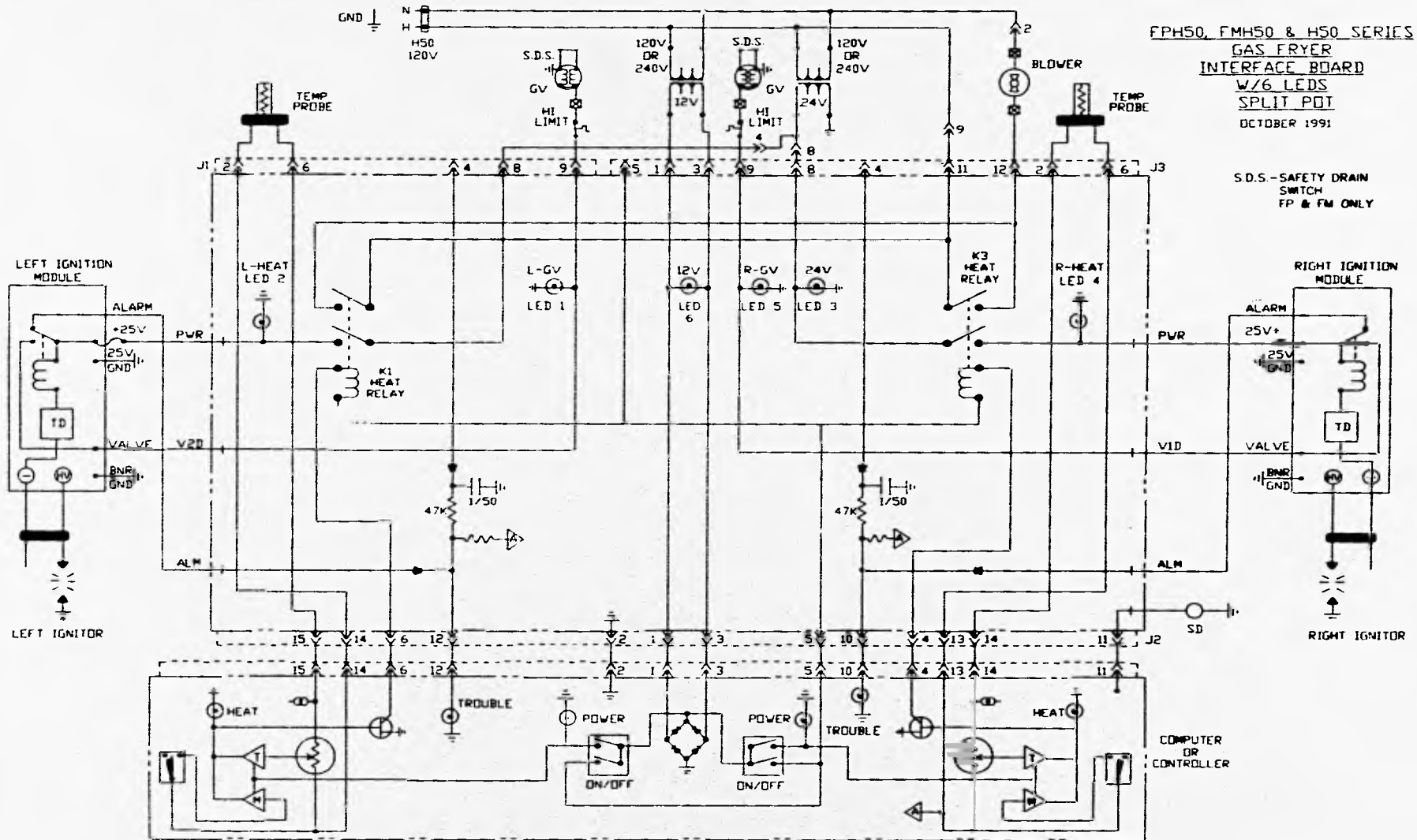
COMMON SIMPLIFIED WIRING DIAGRAM FOR H50 SERIES — FULL POT EXCEPT EXPORT

H50
INTERFACE BOARD
W/6 LEDs
FULL POT
FEBRUARY 1991



COMMON SIMPLIFIED WIRING DIAGRAM FOR H50 SERIES — SPLIT POT EXCEPT EXPORT

FPH50, FMH50 & H50 SERIES
 GAS FRYER
 INTERFACE BOARD
 W/6 LEDS
 SPLIT POT
 OCTOBER 1991



S.D.S. — SAFETY DRAIN SWITCH
 FP & FM ONLY

CAPITULO III

FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE CONFIABILIDAD

3.1. TERMINOLOGIA GENERAL

En el contexto del análisis de confiabilidad, un componente es la unidad básica de un sistema. Depende del nivel del análisis de confiabilidad del sistema será los que se considere como "unidad básica". Lo que es un componente en un análisis de confiabilidad podría ser tratado como un sistema en un análisis diferente.

Una misión es el objetivo, tarea, o propósito de un sistema o componente.

Un defecto es un incumplimiento de especificaciones. Por ejemplo, si el tamaño de un cerrojo que conecta a una turbina con la envoltura de su base es menor que el tamaño más grande especificado, esto se considerará un defecto.

Una falla es la incapacidad de un componente para realizar su función como fué especificada. Una falla no necesariamente es una falla funcional total; un componente puede funcionar, pero si lo hace y no funciona como fué especificado puede ser considerado como una falla.

NOTA: Algunas veces el término "defecto" es usado para referirse a algunos tipos de fallas, y el término "falla" es usado para referirse a defectos. El significado de éstos términos debería ser interpretado según el contexto.

Un componente puede ser requerido para realizar más de una función. Puede fallar al realizar dicha función pero continuar con la ejecución de las otras funciones correctamente. Así la falla es relacionada con funciones específicas.

El término modo de falla es usado para referirse a las posibilidades formas de falla en las cuales un componente puede fallar. Un componente puede tener uno o más modos de falla.

Una falla puede no ser detectada en el instante en el que ocurre. Por ejemplo, un termómetro podría fallar y proporcionar lecturas incorrectas sin que se detecte la falla hasta que se hace el mantenimiento o cuando se hace una prueba periódica.

Un componente se sabe que está en estado normal cuando no se encuentra en estado de falla.

El término falla básica es usado para hacer referencia a las fallas que de manera genérica no contribuyen a una falla, sino que es el menor nivel de falla considerado durante el análisis de confiabilidad. Y si ha de considerarse una falla básica dependerá del análisis particular.

El término tiempo es usado en el más amplio contexto de la palabra; esto puede ser fijado en términos de unidades temporales (horas, días años, etc) o en términos del número de misiones, número de ciclos de operación, número de demandas, etc.

El intervalo de tiempo entre $t = t_1$ y $t = t_2$ es representado de la siguiente manera: (t_1, t_2) si no está incluido en los instantes de tiempo t_1 y t_2 ; $[t_1, t_2]$ si esta incluido en los instantes de tiempo t_1 y t_2 ; $[t_1, t_2)$ si está incluido en el instante de tiempo t_1 pero no está incluido en el instante de tiempo t_2 y $(t_1, t_2]$ si no está incluido en el instante de tiempo t_1 pero si está incluido en el instante de tiempo t_2 .

3.2. COMPONENTES NO REPARABLES

3.2.1. Definición de Componentes Reparables y No Reparables

Se trata de un componente reparable cuando es reparado después de la detección de su falla. (Reemplazar es equivalente a reparar en el contexto del análisis de confiabilidad. También un componente reparado es considerado tan bueno como uno nuevo).

Si no es posible reparar un componente aún después de que la falla fue detectada, entonces el componente será llamado componente no reparable.

3.2.2. Confiabilidad y Disponibilidad

La confiabilidad de un componente en el tiempo t es la probabilidad de que el componente esté en su estado normal desde el tiempo 0 hasta el tiempo t , dado que el componente fué nuevo o tan bueno como uno nuevo en el tiempo cero. Un componente puede tener más de una función, y diferentes confiabilidades son asociadas con las diferentes funciones.

La no confiabilidad es el complemento de la confiabilidad. Si la confiabilidad en el tiempo t es $r(t)$, entonces la no confiabilidad en el tiempo t se denotará como $u(t)$ y se tendrá que:

$$u(t) = 1 - r(t) \quad \dots (3.1)$$

La disponibilidad en el tiempo t es la probabilidad de que el componente esté en su estado normal en el tiempo t , dado que fué nuevo o tan bueno como uno nuevo en el tiempo cero.

La no disponibilidad es el complemento de la confiabilidad. Si la disponibilidad en el tiempo t es $a(t)$, entonces la no disponibilidad en el tiempo t , denotada por $q(t)$, esta dada por:

$$q(t) = 1 - a(t) \quad \dots (3.2)$$

Si un componente no reparable falla en cualquier instante entre el intervalo de tiempo de 0 a t , permanece en el estado de falla en el tiempo t , porque no es reparado. Así la confiabilidad en el tiempo t es idéntica a la disponibilidad en el tiempo t para componentes no reparables.

Considérense N componentes supuestamente idénticos. Todos los N componentes son nuevos o tan buenos como nuevos en el tiempo cero. Digamos que $N - n$ componentes fallan en cualquier instante entre el intervalo de tiempo de 0 a t . La confiabilidad del componente en el tiempo t esta dada por:

$$r(t) = \frac{n}{N} \quad \dots (3.3)$$

La probabilidad de falla acumulada en el tiempo t es igual a la no disponibilidad en el tiempo t . La probabilidad de falla denotada por $F(t)$ está dada por:

$$F(t) = u(t) = 1 - r(t) \quad \dots (3.4)$$

$$F(t) = u(t) = \frac{N - n}{N} \quad \dots (3.5)$$

Nótese que n , r , u y F son funciones del tiempo, donde el término "tiempo" es usado en el sentido más general de la palabra esto es, podría ser en unidades temporales (horas, días, años, etc) o en términos del número de misiones, número de ciclos, número de demandas, etc.

La confiabilidad también puede ser calculada desde una perspectiva diferente. Considerar que un componente es nuevo o tan bueno como uno nuevo en el tiempo cero. Digamos que el componente falla en el tiempo t' . Dos componentes supuestamente similares pueden no fallar al mismo tiempo por las variaciones aleatorias inherentes en las propiedades del material, procesos de fabricación,

ensamble, etc. El tiempo en el cual un componente falla es además una variable aleatoria. La confiabilidad en el tiempo t está dada por:

$$r(t) = P[t < t'] \quad \dots (3.6)$$

Esto es, que la confiabilidad de un componente en el tiempo t es igual a la probabilidad de que el tiempo t sea menor que la variable aleatoria t' en la cual el componente falla.

Similarmente, la probabilidad de falla o no disponibilidad en el tiempo t está dada por:

$$F(t) = u(t) = P[t' \leq t] \quad \dots (3.7)$$

La confiabilidad en el tiempo t representa la probabilidad de que el componente esté en estado normal en un intervalo de tiempo de 0 a t , dado que fué nuevo o tan bueno como uno bueno en un tiempo cero, (ecuación 3.6) esta también representa la razón:

$$\frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{número de componentes que están en estado normal} \\ \text{en un intervalo de tiempo de 0 a } t \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} \text{número total de componentes que fueron nuevos} \\ \text{o tan buenos como nuevos en el tiempo cero} \end{array} \right\}}$$

(Ecuación 3.3). La no confiabilidad en el tiempo t es la probabilidad de que el componente fallará en el intervalo de tiempo de 0 a t , dado que fué nuevo o tan bueno como nuevo en el tiempo cero (ecuación 3.7). También representa la razón:

$$\frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{número de componentes que fallan en el intervalo} \\ \text{de tiempo de 0 a } t \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} \text{número total de componentes que fueron nuevos o} \\ \text{tan buenos como nuevos en el tiempo cero} \end{array} \right\}}$$

(Ecuación 3.5)

3.2.3. Función de Densidad de Probabilidad de Falla

La función de densidad de probabilidad de falla $f(t)$ es la derivada de la función de distribución de densidad de falla acumulada $F(t)$ con respecto al tiempo t :

$$f(t) = \frac{dF(t)}{d(t)} = \frac{du(t)}{dt} \quad \dots (3.8)$$

diferenciando ambos lados de la (ecuación 3.4) y usando la (ecuación 3.8), tenemos:

$$f(t) = -\frac{dr(t)}{dt} \quad \dots (3.9)$$

La cantidad $f(t)dt$ es igual a la probabilidad de que el componente fallará durante el intervalo de tiempo de t y $t+dt$, dado que el componente es nuevo o tan bueno como uno nuevo en el tiempo cero.

3.2.4. Vida Esperada

La vida esperada de un componente es el valor esperado del tiempo en el cual el componente falla, dado que éste fué nuevo o tan bueno como nuevo en el tiempo cero (ninguna reparación es considerada). Esto también es conocido como el tiempo medio de falla (MTTF) y está dado por:

$$MTTF = \int_0^{\infty} r(t)dt \quad \dots (3.10)$$

Alternativamente, si se prueba un cierto número de componentes para que fallen o se observa la falla de un cierto número de componentes en operación y se determina la vida (tiempo de falla) de cada uno, la vida media (MTTF) es calculada como el promedio de dichos valores.

3.2.5. Numero Esperado de Fallas

El número esperado de fallas (ENF) sobre el intervalo de tiempo t_1 y t_2 , dado que el componente fué nuevo o tan bueno como nuevo en el tiempo cero, es denotado como $w(t_1, t_2)$ o $ENF(t_1, t_2)$.

El número esperado de fallas de un componente no reparable en el intervalo de tiempo de 0 a t es igual a la no confiabilidad del componente en el tiempo t , esto es:

$$w(0, t) = ENF(0, t) = u(t) \quad \dots (3.11)$$

3.2.6. Tasa de Falla

La tasa en la cual la falla ocurre durante un intervalo específico de tiempo es llamada tasa de falla durante ese intervalo. La tasa de falla g durante el intervalo de tiempo t_1 a t_2 está dado por:

$$g(t_1, t_2) = \frac{r(t_1) - r(t_2)}{r(t_1)(t_2 - t_1)} \quad \dots (3.12)$$

Esta tasa de falla también se conoce como tasa constante de riesgo.

3.2.7. Tasa de Riesgo y Función de Riesgo

La tasa de riesgo en el tiempo t , se denota por $h(t)$, es la razón de falla durante un intervalo de tiempo de t a $t + \Delta t$, en el límite cuando Δt tiende a cero. Esto es:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{r(t) - r(t + \Delta t)}{\Delta t r(t)} \right] = \frac{f(t)}{r(t)} \quad \dots (3.13)$$

La tasa de riesgo también es conocida como la tasa de falla instantánea y como la función de riesgo.

La tasa de riesgo de un componente en el tiempo t , es definida como el número de fallas por unidad de tiempo en el tiempo t dividida por el número de componentes en su estado normal en el tiempo t . Esta definición puede ser expresada como:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{n(t) - n(t + \Delta t)}{n(t) \Delta t} \right] \quad \dots (3.14)$$

donde $n(t)$ es el número de componentes en estado normal en el tiempo t .

Considérese que N es el número total de componentes, todos ellos eran nuevos o tan buenos como nuevos en el tiempo cero (población total = N). La ecuación (3.14)

se reduce de la ecuación (3.13) en donde el numerador y el denominador se dividen por el número total de componentes N.

Una tercera definición es también usada por algunos analistas: la tasa de riesgo en el tiempo t es la razón de cambio de "la probabilidad condicional de falla en el tiempo t dado que el componente está en su estado normal en el tiempo t" esto es:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left\{ \frac{P[t < t' \leq t + \Delta t \mid t' > t]}{\Delta t} \right\} \quad \dots (3.15)$$

3.2.8. Relación entre la Tasa de Riesgo y Función de Densidad de Probabilidad de Falla

La relación matemática entre la función de riesgo y la función de densidad de probabilidad de falla está dada por la ecuación (3.13) esto significa que:

Considérese que N es el número total de componentes (población total). Todos los N componentes fueron nuevos o tan buenos como nuevos en un tiempo cero. Digamos que el número total de componentes en estado normal todo el tiempo en el intervalo de 0 a t es n(t); el número de componentes que fallan en el intervalo de 0 a t es N - n(t). Digamos que el número de fallas por unidad de tiempo en el tiempo t sea m(t). La función de densidad de probabilidad de falla en el tiempo t, denotada por f(t) es el número de fallas por unidad de tiempo en el tiempo t divididas por el número total de componentes, esto es:

$$f(t) = \frac{\eta(t)}{N} \quad \dots (3.16)$$

La función de riesgo en el tiempo t es el número de fallas por unidad de tiempo en el tiempo t divididas por el número de componentes en estado normal todo el tiempo en un intervalo de tiempo de 0 a t, esto es:

$$h(t) = \frac{\eta(t)}{n(t)} \quad \dots (3.17)$$

La diferencia entre la función de densidad de probabilidad de falla y la función de riesgo estriba en el denominador (el cual puede ser considerado como un factor de normalización). La función de densidad de probabilidad de falla utiliza el total de número de componentes como factor de normalización mientras que la función de riesgo utiliza el número de componentes en estado normal todo el tiempo en el

intervalo de tiempo de 0 a t como factor de normalización. Dado el número total de componentes nunca puede ser menor que el número de componentes en estado normal todo el tiempo en el intervalo de tiempo de 0 a t, la función de riesgo nunca puede ser menor de la función de densidad de probabilidad de falla.

3.2.9. Relación entre Función de Confiabilidad, Función de Distribución de Probabilidad de Falla Acumulada, Función de Densidad de Probabilidad de Falla y Función de Riesgo

Sustituyendo la ecuación (3.9) en la (3.13) tenemos:

$$h(t) = - \frac{dr(t)}{dt} \frac{1}{r(t)}$$

se puede escribir como

$$h(t) = - \frac{d}{d(t)} (\ln r(t))$$

multiplicando ambos lados por dt e integrando, tenemos

$$r(t) = e^{-\int_0^t h(t) dt} \dots (3.18)$$

usando la ecuación (3.4), tenemos

$$F(t) = u(t) = 1 - e^{-\int_0^t h(t) dt} \dots (3.19)$$

usando la ecuación (3.9)

$$f(t) = h(t) e^{-\int_0^t h(t) dt} \dots (3.20)$$

las ecuaciones (3.18) y (3.20) son importantes y fundamentalmente útiles en la relación de ingeniería de confiabilidad.

3.2.10. Tasa Constante de Riesgo y La Ley Exponencial

3.2.10.1. Formalicen General y Validación

Digamos que la función de riesgo $h(t)$ sea una constante con respecto al tiempo, digamos que la tasa constante de riesgo sea igual a λ , esto es

$$h(t) = \lambda$$

En este caso, las ecuaciones (3.18) y (3.20) se simplifican como:

$$r(t) = e^{-\lambda t} \quad \dots (3.21)$$

$$F(t) = u(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad \dots (3.22)$$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \dots (3.23)$$

sustituyendo la ecuación (3.21) en la ecuación (3.10), tenemos

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad \dots (3.24)$$

Esto es, que el tiempo medio de falla es igual al inverso de la tasa de riesgo, siempre que la tasa de riesgo sea una constante.

La tasa constante de riesgo frecuentemente es referida como la tasa de falla constante o como la tasa de falla simplemente.

La función de distribución de falla y la función de densidad de falla dada por las ecuaciones (3.22) y (3.23) son distribuciones exponenciales. Así que los casos de tasa constante de riesgo están sujetos a la ley de falla exponencial. Las distribuciones de falla exponencial y las tasas de riesgo constante son ampliamente usadas en cálculos de confiabilidad, porque los análisis de confiabilidad del sistema utilizando tasas de riesgo constante son mucho más fáciles que los análisis que emplean otras funciones de riesgo.

Una tasa constante de riesgo es usualmente empleada cuando el componente está en su vida infantil. Se dice que los componentes electrónicos de estado-sólido tienen tasas de riesgo aproximadamente constante. Los componentes eléctricos tienen indudablemente tasas de riesgo constante en comparación con la mayoría de los componentes mecánicos. Aun los componentes mecánicos tienen tasas de riesgo constantes si están hechos con un cierto número de subcomponentes (partes) con tasas de falla diferentes.

Herd y Drenich han demostrado que si un componente contiene muchos subcomponentes, cada uno con una tasa de riesgo diferente, la tasa de riesgo de todos los componentes es aproximadamente una constante.

Davis también discute la aplicación de tasas de riesgo constante. La tasa constante de riesgo también puede ser usada si los datos de falla disponibles están tan separados como para permitir la determinación de funciones de riesgo más exactas; sin embargo, esta afirmación no debería ser usada indiscriminadamente.

Es importante recordar que una tasa de falla constante (tasa constante de riesgo) implica que el uso previo del componente no afecta la tasa de falla (la tasa de falla no cambia con la edad del componente), en otras palabras, se asume que no hay acumulación de daño o degradación.

Muchos tipos de componentes se deterioran con el tiempo, y esto es una contradicción directa con la suposición de la tasa de falla constante. El argumento hecho por expositores de la tasa de falla constante es que cuando un componente esta fabricado por un número de subcomponentes con diferentes tasas de falla, el efecto total es tener una tasa de falla constante para el componente. Se ha demostrado matemáticamente que la tasa de falla del componente tiende a un valor constante si el número de subcomponentes aumenta. También se ha demostrado matemáticamente que, para un número fijo de subcomponentes, la tasa de falla del componente tiende a un valor constante cuando el tiempo de operación se aumenta, siempre que las fallas sean reparadas y el componente continúe la operación.

Si un componente no cae bajo alguna de las categorías anteriores, o si hay duda en la aplicación de la distribución exponencial, una verificación de si los datos de falla disponibles corresponden con una distribución exponencial puede ser realizada. Debe recordarse que los puntos (datos) raramente corresponderán exactamente con la distribución exponencial (o cualquier otra distribución de probabilidad standard. La correspondencia solamente será aproximada.

A pesar de las consideraciones y aproximaciones involucradas en un modelo de tasa de falla constante, éste es ampliamente usado en la ingeniería de confiabilidad ya que parece proporcionar resultados razonablemente buenos en la mayoría de las aplicaciones.

3.2.10.2. Casos de Alta-Confiabilidad

Las relaciones dadas por las ecuaciones (3.21) a la (3.23) pueden ser simplificadas considerablemente si la confiabilidad del componente en el tiempo t es alta, considérese $r(t) \geq 0.95$. Considerar la siguiente expansión en Series de Taylor:

$$e^{-\lambda t} = 1 - \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2!} - \frac{(\lambda t)^3}{3!} + \dots$$

donde $\lambda t \leq 0.05$ los términos de segundo y mayor orden pueden ser anulados sin perder mucha exactitud. Así se tiene que:

$$e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

sustituyendo esta expresión en las ecuaciones (3.21) y (3.23), tenemos las siguientes relaciones aproximadas que pueden ser usadas $r(t) \geq 0.95$ o cuando $F(t) \leq 0.05$:

$$r(t) = 1 - \lambda t \quad (3.25)$$

$$F(t) = u(t) = \lambda t \quad (3.26)$$

$$f(t) = \lambda(1 - \lambda t) \quad (3.27)$$

La ecuación (3.26) muestra que la desconfianza aumenta casi linealmente con el tiempo hasta alcanzar un valor cercano a 0.05. Similarmente, la función de confiabilidad decrece casi linealmente con el tiempo hasta que alcanza un valor cercano a 0.95. Comparando las ecuaciones (3.21) y (3.22) con las ecuaciones (3.25) y (3.26) el componente de confiabilidad calculado usando la ecuación (3.25) es ligeramente menor que el calculado usando la ecuación (3.21), y la desconfianza calculada usando la ecuación (3.26) es ligeramente mayor que la calculada usando la ecuación (3.22).

Debe notarse que el tiempo medio de falla (MTTF) se debe calcular usando la ecuación (3.24); no se debe calcular la vida esperada sustituyendo la ecuación (3.25) en la ecuación (3.10), porque al hacer la integral de la ecuación (3.10) desde $t=0$ hasta $t = \infty$, invariablemente, el término $1 - \lambda t$ (confiabilidad) puede ser menor que 0.95 para algunos valores del intervalo de tiempo t , por lo que invalidan la ecuación (3.25)

3.2.10.3. Efectos de Operación y Condiciones Ambientales

La tasa de falla es una función de condiciones de operación. Por ejemplo, la tasa de falla de un recipiente de presión que opera a una presión de 120 psi y a una temperatura de 100°F puede ser diferente a la tasa de falla a una presión idéntica del recipiente si opera a 200 psi y 150°F. Las condiciones ambientales como humedad, químicos corrosivos, polvo, etc, también pueden afectar las tasas de falla de los componentes sensibles a dichas condiciones.

Así cuando las tasas de falla son usadas en los cálculos de confiabilidad, se debe tener cuidado de que la tasa está basada en datos obtenidos bajo condiciones ambientales y de operación similares, si no es que idénticas.

Considerar un componente operando por t_1 horas bajo condiciones con una tasa de falla correspondiente de λ_1 , además t_2 horas bajo condiciones correspondientes de λ_2 y así sucesivamente. La confiabilidad del componente en el tiempo $t = t_1 + t_2 + \dots + t_n$ es

$$\begin{aligned} r(t_1 + t_2 + \dots + t_n) &= \exp(-\lambda_1 t_1) \exp(-\lambda_2 t_2) \dots \exp(-\lambda_n t_n) \\ &= \exp[-(\lambda_1 t_1 + \lambda_2 t_2 + \dots + \lambda_n t_n)] \quad \dots (3.28) \end{aligned}$$

3.2.10.4. Modo Standby y de Operacion

Algunos componentes se encuentran en el modo de standby (el modo pasivo) la mayoría del tiempo y solo entran en operación cuando se necesita. Por ejemplo, una bomba redundante que está en estado de standby en paralelo con otra bomba en operación, será requerida para operar solo cuando la bomba en operación falle o esté bajo mantenimiento. Otro ejemplo es un generador eléctrico que necesita operar solo cuando el suministro externo de energía eléctrica falle; el generador permanece pasivo el resto del tiempo.

La tasa de falla durante el modo de standby podría ser diferente de la que se tendría durante el modo de operación. Si el componente está en standby durante t_s horas y en el modo de operación durante t_o horas, la confiabilidad en el tiempo $(t_s + t_o)$ está dada por [usando la ecuación (3.28)]:

$$r(t_s + t_o) = \exp(-\lambda_s t_s) \exp(-\lambda_o t_o) \quad \dots (3.29)$$

donde λ_s y λ_o son las tasas de falla durante el modo standby y el modo de operación respectivamente.

Si la tasa de falla del modo standby no está disponible, la tasa de falla de operación puede ser usada en su lugar como una aproximación. Algunas fuentes de datos de fallas no identifican si las tasas de fallas proporcionadas son para los modos standby o de operación; algunas fuentes de datos pueden proporcionar tasas de falla que son una combinación de ambas (modo standby y de operación). En tales situaciones, la tasa de falla dada por la fuente de datos puede ser usada para ambos modos como una aproximación.

3.2.10.5. Modos de Fallas Múltiples

Cada modo de falla tiene una tasa de falla asociada. Si los modos de falla son estadísticamente independientes (esto es, que la frecuencia de un modo de falla no afecte que ocurra otro modo de falla), la componente de confiabilidad está dada por:

$$r(t) = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t] \quad \dots (3.30)$$

donde λ_i es la constante de la tasa de falla para el i ésimo modo de falla y n es el número de modos de falla. Basados en la ecuación (3.30) se concluye que la tasa de falla total del componente es la suma de las tasas de falla de los modos de falla individuales, dado que los modos de falla son estadísticamente independientes:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \quad (3.31)$$

3.2.11. Fases de Entrada Forzada y Desgaste

Un componente tendrá una tasa de riesgo relativamente alta en el momento en el que es puesto en servicio. La tasa de riesgo comenzará a decrecer inmediatamente después de que es puesto en servicio (ver la fig 3.3). La tasa de riesgo más alta durante este periodo inicial (llamado periodo de entrada forzada o el periodo de desgaste) se debe principalmente a defectos no detectados en el diseño, material, manufactura e instalación. El riesgo más alto durante el periodo inicial algunas veces es llamado mortalidad infantil. Una vez que los componentes defectuosos son eliminados durante el periodo de entrada forzada, los componentes restante pueden tener una tasa constante de riesgo durante el periodo subsecuente (ver la fig 3.3), este periodo es llamado vida útil normal o vida primaria del componente.

Desde luego que hay situaciones en las que la tasa de riesgo no es constante aún durante este periodo. El envejecimiento de los componentes y el deterioro de sus partes propician que la tasa de riesgo comience a incrementarse; este es el periodo de desgaste (ver fig 3.3). La función de riesgo que se muestra en la fig 3.3 es conocida como la curva de la bañera. (Nótese que la duración del periodo de vida primaria es mucho más largo que la duración de los periodos de entrada forzada y desgaste).

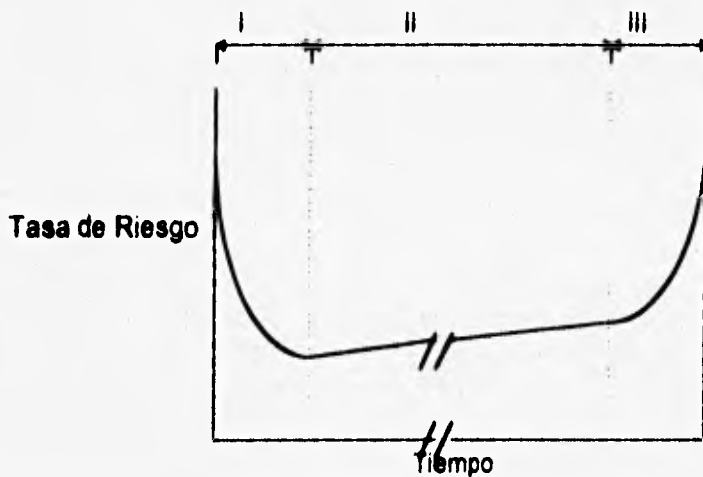


Fig. 3.3

- I: Periodo de Rompimiento
- II: Periodo de Vida
- III: Periodo de Desgaste

Si el interés se restringe al periodo de la vida primaria y si la tasa de riesgo es aproximadamente constante durante este periodo, los procedimientos de análisis de tasa constante de riesgo (tasa de falla) que se discutió en la sección 3.3.10 pueden ser usados.

Las pruebas del control de calidad podrían eliminar la mayoría de las fallas de entrada forzada durante el uso del componente, además de reducir o eliminar significativamente las altas tasas de riesgo más altas durante los primeros periodos del uso del componente. El mantenimiento apropiado podría reducir significativamente o eliminar la fase de desgaste. Además con un mantenimiento y un control de calidad bien realizado las fases de entrada forzada y desgaste pueden

ser reducidas significativamente o eliminadas. Así el componente operará la mayor parte del tiempo en la fase de vida primaria, la cual tiene una tasa de riesgo aproximadamente constante para muchos tipos de componentes.

3.2.12. Tolerancia Lineal de La Función de Riesgo

Si las tasas de riesgo en los periodos de entrada forzada y desgaste pueden ser aproximados por funciones lineales y la tasa de riesgo durante la vida primaria es aproximadamente constante, la función de riesgo puede ser representada por la fig 3.4 .La representación matemática de dicha función de riesgo es:

$$h(t) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 - bt + \lambda & \text{de } 0 \leq t \leq t_b \\ \lambda & \text{de } t_b \leq t \leq t_b + t_u \\ c(t - t_b - t_u) + \lambda & \text{de } t > t_b + t_u \end{array} \right\} \dots (3.32)$$

donde $t_b = a/b$ y $c = \tan\theta$. El periodo de tiempo de 0 a t_b es la fase de entrada forzada, el periodo de tiempo de t_b a $t_b + t_u$ es la fase de la vida primaria, y el periodo después de $t_b + t_u$ es la fase de desgaste.

La función de confiabilidad, función de desconfianza, y función de densidad de probabilidad de falla están dada por:

$$r(t) = 1 - u(t) = 1 - F(t)$$

$$= \left\{ \begin{array}{ll} \exp \left\{ - \left[(a + \lambda)t - b \left(\frac{t^2}{2} \right) \right] \right\} & \text{de } 0 \leq t \leq t_b \\ \exp \left\{ - \left[\lambda t + (0.5at_b) \right] \right\} & \text{de } t_b \leq t \leq t_b + t_u \\ \exp \left\{ - \left[\left[\frac{c}{2} \right] (t - t_b - t_u)^2 + \lambda t + (0.5at_b) \right] \right\} & \text{de } t > t_b + t_u \end{array} \right\} \dots (3.33)$$

$$f(t) = \left\{ \begin{array}{l} (a + \lambda - bt) \exp \left\{ - \left[(a + \lambda)t - b \left(\frac{t^2}{2} \right) \right] \right\} dt \quad 0 \leq t \leq t_b \\ \lambda \exp \left\{ - [\lambda t + (0.5at_b)] \right\} dt \quad t_b \leq t \leq t_b + t_u \\ [c(t - t_b - t_u) + \lambda] \exp \left\{ - \left[\left(\frac{c}{2} \right) (t - t_b - t_u)^2 + (0.5at_b) + \lambda t \right] \right\} dt \quad t_b + t_u \leq t \end{array} \right\} \quad (3.34)$$

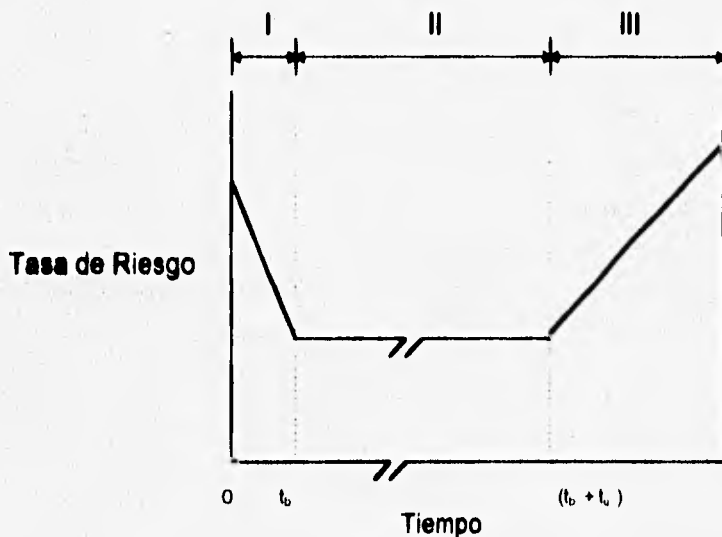


Fig. 3.4

Si se asume que el componente tiene una tasa constante de riesgo durante toda su vida, se tiene que fijar $t_b = 0$ porque el periodo de la entrada forzada no se toma en cuenta bajo la afirmación de que la tasa de riesgo constante es una aproximación. También se fija $t_u = \infty$ bajo la consideración de que se tiene una tasa constante de riesgo, se ignora el periodo de desgaste y se asume que el componente está siempre en la fase de vida primaria. Así, sustituyendo $t_b = 0$ y $t_u = \infty$ en las ecuaciones (3.32) y (3.34), se tiene que:

$$\begin{aligned}h(t) &= \lambda \\r(t) &= \exp(-\lambda t) \\f(t) &= \lambda \exp(-\lambda t)\end{aligned}$$

Estas ecuaciones son exactamente las mismas a las que se tenía para los casos de tasa constante de riesgo [ver sección 3.3.10 y las ecuaciones (3.21) y (3.23)].

3.2.13. Curva General de la Bañera

Dillon (1979) propuso la siguiente función de riesgo para la curva de la bañera:

$$h(t) = 0.5At^{-0.5} + (1-k)b\exp(bt) \quad \dots (3.35)$$

donde $A > 0$, $b > 0$, $0 \leq k \leq 1$ y $t \geq 0$; A, b y k son escogidos tales que la curva de riesgo tome los datos de falla útiles disponibles razonablemente.

La función de confiabilidad correspondiente y la función de no confiabilidad pueden ser obtenidas usando las ecuaciones (3.18) y (3.19). La función de confiabilidad es:

$$\begin{aligned}r(t) &= 1 - u(t) = 1 - F(t) \\&= \exp\{-kAt^{-0.5} - (1-k)[\exp(bt) - 1]\} \quad \dots (3.36)\end{aligned}$$

3.2.14. Distribución de Weibull

Si la distribución de probabilidad de falla (función de no confiabilidad) está definida por una distribución de Weibull, la correspondiente función de densidad de falla y la función de riesgo son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 F(t) &= u(t) = 1 - r(t) \\
 &= 1 - \exp \left\{ - \left[\frac{t-a}{b} \right]^c \right\} \quad \text{para } t \geq a \\
 f(t) &= \left(\frac{c}{b} \right) \left[\frac{t-a}{b} \right]^{c-1} \exp \left\{ - \left[\frac{t-a}{b} \right]^c \right\} \quad \text{para } t \geq a \quad \dots (3.37) \\
 h(t) &= \begin{cases} \left(\frac{c}{b} \right) \left[\frac{(t-a)}{b} \right]^{c-1} & \text{para } t \geq a \\ 0 & \text{para } t < a \end{cases}
 \end{aligned}$$

En las ecuaciones anteriores, a es mayor o igual que cero y b y c son mayores que cero.

Escogiendo el valor de c apropiadamente, las funciones de riesgo constante, decreciente y creciente pueden ser obtenidas. Cuando $c=1$ y $a=0$, la distribución de Weibull se reduce a una distribución exponencial, lo que indica que la función de riesgo es una constante.

Cuando $c < 1$, la función de riesgo decrece con el tiempo y cuando $c > 1$ la función crece con el tiempo. La función de riesgo de muchos componentes mecánicos crece con el tiempo debido al ambiente, la corrosión y otras formas de deterioro. En tales casos una función de riesgo creciente puede ser apropiada (ver fig 3.5).

Los coeficientes a , b y c pueden ser escogidos tales que la correspondiente distribución de probabilidad de Weibull $F(t)$, caigan dentro de los datos de falla disponibles.

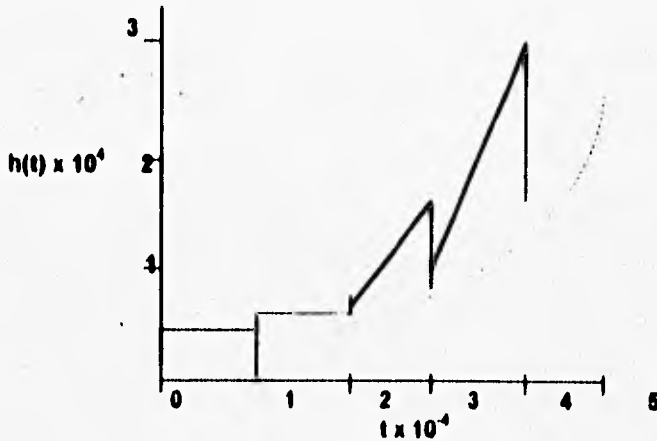


Fig. 3.5

3.3. COMPONENTES REPARABLES

3.3.1. Ciclo de Vida de Los Componentes Reparables

El ciclo de vida completo de un componente reparable consiste en la colocación de un nuevo componente en servicio, la ocurrencia de una falla en algún momento, la reparación y restablecimiento del componente a servicio (el componente reparado es tan bueno como uno nuevo), la ocurrencia de una segunda falla, la reparación y restablecimiento a servicio, y así sucesivamente. El ciclo se repite hasta que el componente es retirado de servicio.

3.3.2. Confiabilidad y Disponibilidad

Las definiciones de confiabilidad, disponibilidad, desconfianza y no disponibilidad dadas en la sección 3.3.2 se aplican también a los componentes reparables. Debido a que algunos componentes que fallan en cualquier tiempo entre el tiempo 0 y el tiempo t pueden ser reparados y puestos de nuevo su estado normal en el tiempo t , la confiabilidad no es necesariamente igual a la disponibilidad para componentes no reparables. La confiabilidad en el tiempo t es igual o menor que la disponibilidad en el tiempo t .

La disponibilidad en el tiempo t , cuando $t \rightarrow \infty$, es llamada disponibilidad en estado estable o disponibilidad asintótica y es denotada por $a(\infty)$. La correspondiente en estado estable de la no disponibilidad es denotado por $q(\infty)$.

El cálculo de la disponibilidad de componentes reparables y la confiabilidad en términos de las tasas de falla de los componentes y la tasa de reparación es discutida en la sección 3.4.5.

La disponibilidad y no disponibilidad son definidas aquí para un instante de tiempo t y más específicamente como punto de disponibilidad y punto de no disponibilidad, aunque es una práctica común llamarlos simplemente disponibilidad y no disponibilidad. Otro tipo de disponibilidad llamado intervalo de disponibilidad, es definido en la sección 3.4.12. Mientras que el punto de disponibilidad está definido para un instante de tiempo específico, el intervalo de disponibilidad está definido para un intervalo de tiempo específico.

3.3.3. Tiempo de Reparación y Tiempo Promedio para Reparar

Tiempo de reparación es el intervalo de tiempo desde el instante en el que falla hasta el instante en que el componente regresa a servicio después de ser reparado.

Esto incluye el tiempo que toma detectar la falla (tiempo de detección), el tiempo de detección para comenzar el tiempo de reparación, el tiempo que se toma el hacer la reparación, y el tiempo del examen preoperacional del componente reparado. Es decir que un componente reparado significa que tiene que estar completo cuando regrese a servicio. Se dice que el componente está en estado de falla hasta que es regresado a servicio.

Tiempo de reparación también es llamado tiempo para reparar (TTR) y es tratado como una variable aleatoria dado que el tiempo para reparar dos componentes supuestamente idénticos pueden no ser necesariamente iguales. El valor esperado del tiempo de reparación es llamado tiempo medio de reparación o tiempo medio para reparar (MTTR). Si los tiempos de reparación para el mismo o componentes similares en la misma o plantas similares, son registrados sobre un periodo de tiempo, el MTTR puede ser calculado como el promedio de los tiempos de reparación observados. El MTTR es denotado por τ .

Si se fija el tiempo de reparación como infinito, la disponibilidad coincidirá con la confiabilidad, debido a que con el tiempo de reparación en infinito, los componentes que fallaron no pueden ser regresados a servicio por un tiempo finito t , poniendo el tiempo de reparación en infinito es como decir que el componente es no reparable.

3.3.4. Tiempo de Detección

El tiempo de detección es la duración entre el instante en que la falla del componente ocurre hasta el instante en que la falla es detectada. Algunas fallas de los componentes son detectadas inmediatamente por el personal de operación. Algunos componentes cuentan con alarmas para alertar al personal cuando ocurre una falla. El tiempo de detección es cero si la falla del componente es notificada casi inmediatamente. Habrá componentes en los que las fallas no sean detectadas inmediatamente, por ejemplo, una bomba en su fase de standby puede fallar durante su fase de standby; y la falla puede no ser detectada hasta el siguiente mantenimiento periódico.

Considerar un componente cuya falla es detectada solamente durante el periodo de mantenimiento, considérese que el intervalo de mantenimiento periódico (la duración entre una rutina de mantenimiento y la siguiente) es T_1 . El componente podría fallar en cualquier momento durante el intervalo del mantenimiento periódico, entonces, el tiempo de detección se toma como $T_1/2$, este valor es aceptado para el análisis de confiabilidad si el intervalo del periodo de mantenimiento es menor al 10% del tiempo medio de falla (MTTF). Esto es $T_1 < 0.1 \text{ MTTF}$

3.3.5. Tasa de Reparación

La tasa de reparación en el tiempo t , denotada por $m(t)$, es la densidad de probabilidad (esto es, la probabilidad por unidad de tiempo) de que el componente sea reparado en el tiempo t dado que el componente falló en el tiempo cero y había permanecido en estado de falla (esto es, el componente aun no ha regresado a servicio) para el tiempo t . La cantidad $m(t)dt$ es igual a la probabilidad de que el componente sea reparado en $[t, t+dt)$ dado que el componente falló en el tiempo cero y permaneció en estado de falla para el tiempo t . En la mayoría de los casos, se asume que la tasa de reparación es independiente del tiempo (tasa constante de reparación).

3.3.6. Tasa Constante de Reparación

Una tasa constante de reparación puede ser usada si la tasa de reparación es casi independiente del tiempo (esto es análogo al uso de la tasa constante de falla de la sección 3.3.10). La tasa constante de reparación es denotada por μ . Así $m(t)$ es igual a μ cuando $m(t)$ es independiente de t .

Cuando se asume una tasa constante de reparación, se puede demostrar que ésta es igual al inverso del tiempo medio de reparación (MTTR), esto es:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{\tau} \quad \dots (3.38)$$

Nótese la similitud entre las ecuaciones (3.24) y (3.38).

¿Cuándo se puede asumir una tasa constante de reparación? Cuando el tiempo medio de reparación es mucho menor que el tiempo medio de falla, el actual tiempo-dependencia de la tasa de reparación no es importante para los cálculos de confiabilidad-disponibilidad. Entonces se asume que la constante de la tasa de reparación no introduce errores significativos.

Asumiendo constante la tasa de reparación y la tasa de falla para los componentes, se simplifican considerablemente los cálculos matemáticos para la formulación del análisis del sistema de confiabilidad-disponibilidad.

3.3.7. Diferencia entre Confiabilidad y Disponibilidad

Aún cuando un componente es reparable, se puede estar interesado en su confiabilidad. Por ejemplo, si la falla de un componente causara daños personales o a propiedades, se puede estar interesado en calcular la probabilidad de tales ocurrencias en cualquier momento en el intervalo de tiempo de 0 a t (lo que es igual a la no confiabilidad del componente en el tiempo t), aún si el componente mismo pudiera ser reparado y regresado a su estado normal antes del tiempo t.

Vale hacer la comparación entre la confiabilidad y la disponibilidad de un componente. Considerar que N componentes son puestos en servicio en el tiempo cero (nuevos o tan buenos como nuevos en el tiempo cero). Considérese que el número de componentes que nunca han fallado en el intervalo de tiempo de 0 a t es n(t). Considérese que el número de componentes en su estado normal en el tiempo t es n'(t); en esta categoría se incluyen los componentes que nunca han fallado en el intervalo de tiempo de 0 a t y también aquellos componentes que han fallado en el mismo intervalo de tiempo pero que han sido reparados y puestos en servicio en el tiempo t.

Así se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{confiabilidad} \quad r(t) &= \frac{n(t)}{N} \\ \text{disponibilidad} \quad a(t) &= \frac{n'(t)}{N} \quad \dots (3.39) \end{aligned}$$

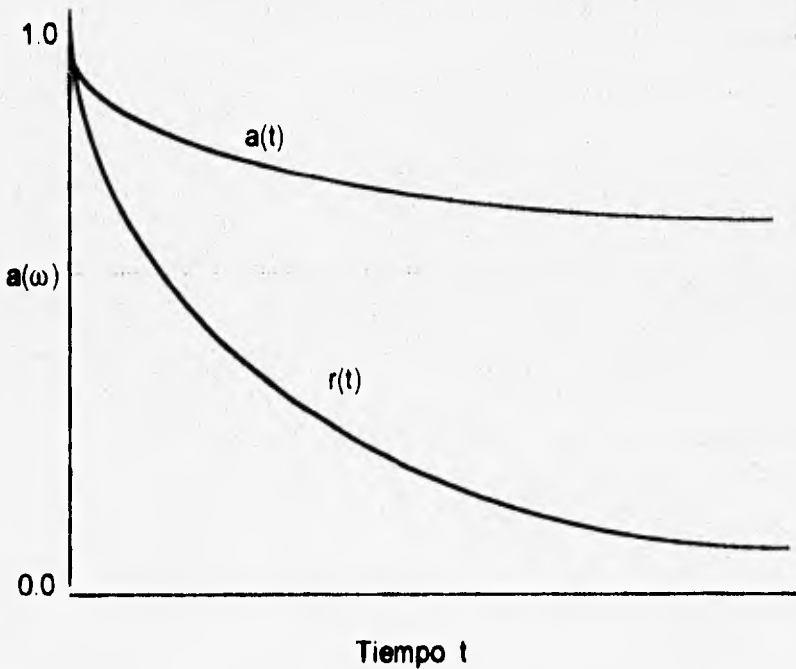
Basándose en la definición de $n(t)$ y $n'(t)$:

$$n'(t) \geq n(t)$$

entonces

$$a(t) \geq r(t) \quad \dots (3.40)$$

La figura 3.8 muestra un ejemplo de las gráficas de confiabilidad y disponibilidad del componente. La confiabilidad llegará a ser cero en algún punto del tiempo, mientras que la disponibilidad tenderá a ser asintótica, $a(\infty)$ cuando el tiempo se incremente.



Tiempo t
Fig. 3.8

3.3.8. Número Esperado de Fallas

El número esperado de fallas (ENF) en el intervalo de tiempo de t_1 a t_2 , dado que el componente fué tan bueno como nuevo en el tiempo cero, es denotado por $w(t_1, t_2)$.

La no confiabilidad de un componente en el tiempo t es un limite inferior al número de fallas entre los tiempo 0 a t , esto es

$$w(0, t) \geq u(t) \quad \dots (3.41)$$

3.3.9. Tiempo Medio de Falla

El tiempo medio de falla (MTTF) es el tiempo esperado de duración entre el instante en el que el componente es puesto en servicio, nuevo o tan bueno como nuevo, y el instante en el que el componente falla nuevamente. La ecuación (3.10) puede ser usada para calcular el MTTF.

3.3.10. Tiempo Medio entre Fallas

El tiempo medio entre fallas (MTBF) es el tiempo esperado de duración entre dos fallas consecutivas:

$$MTBF = MTTF + MTTR \quad \dots (3.42)$$

3.3.11. Tiempo Medio entre Reparaciones

El tiempo medio entre reparaciones (MTBR) es el tiempo esperado de duración entre el inicio de dos reparaciones consecutivas:

$$MTBR = MTTR + MTTF \quad \dots (3.43)$$

comparando las ecuaciones (3.42) y (3.43), se tiene

$$MTBR = MTBF \quad \dots (3.44)$$

3.3.12. Intervalo de Disponibilidad

La disponibilidad es un instante específico de tiempo t es llamado tiempo de disponibilidad en el tiempo t .

El intervalo de disponibilidad para un tiempo específico de duración entre t_1 y t_2 es definido como la relación de la duración de tiempo en que el componente está en su estado normal entre t_1 y t_2 a la duración total del tiempo entre t_1 y t_2 , donde el componente es puesto en servicio, nuevo o tan bueno como nuevo en el tiempo cero. El intervalo de disponibilidad se denota por $a(t_1, t_2)$ y está dado por:

$$\begin{aligned} a(t_1, t_2) &= \frac{t_N}{(t_1 - t_2)} \\ &= 1 - \frac{t_F}{t_1 - t_2} \quad \dots (3.45) \end{aligned}$$

donde t_N es la duración del tiempo en la que el componente está en su estado normal durante el intervalo de tiempo de t_1 a t_2 , y t_F es la duración del tiempo en la que el componente está en estado de falla durante un intervalo de tiempo de t_1 a t_2 . El intervalo de no disponibilidad es el complemento del intervalo de disponibilidad:

$$q(t_1, t_2) = 1 - a(t_1, t_2) \quad \dots (3.46)$$

donde $q(t_1, t_2)$ es el intervalo de no disponibilidad entre t_1 y t_2 .

El intervalo de disponibilidad es una función de los tiempos t_1 y t_2 . en el caso límite donde $(t_2 - t_1)$ tiende a infinito, el correspondiente intervalo de disponibilidad es llamado intervalo de disponibilidad en estado estable, intervalo asintótico de disponibilidad o intervalo límite de disponibilidad. Y es representado por $a_i(\infty)$. [Se usa el subíndice i para diferenciar del intervalo de disponibilidad en estado estable del punto de disponibilidad en estado estable $a(\infty)$] El correspondiente intervalo de la no disponibilidad de estado estable se denota por $q_i(\infty)$ y está dado por:

$$\begin{aligned} q_i(\infty) &= \frac{\text{tiempo medio de reparación}}{\text{tiempo medio de fallas}} = \frac{MTTR}{MTBF} \\ &= \frac{MTTR}{MTTF + MTTR} = \frac{\lambda\tau}{1 + \lambda\tau} \quad \dots (3.47) \end{aligned}$$

$$a_i(\infty) = 1 - q_i(\infty) = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{1}{1 + \lambda\tau} \quad \dots (3.48)$$

el intervalo de disponibilidad entre t_1 y t_2 puede también ser definido como el punto promedio de disponibilidad entre t_1 y t_2 :

$$a(t_1, t_2) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} a(t) dt}{t_2 - t_1} \quad \dots (3.49)$$

el intervalo de estado estable de disponibilidad está dado por:

$$a_i(\infty) = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} \int_0^T a(t) dt \right] \quad \dots (3.50)$$

El intervalo de disponibilidades es común usarlo para los componentes que se encuentran en estado de standby y que se les da periódicamente mantenimiento. El tiempo t es puesto en cero cuando el tiempo de mantenimiento se completa y el componente es regresado a servicio en estado standby. Se dice que $t_1 = 0$ y $t_2 =$ al intervalo de tiempo entre el tiempo en el que el componente es regresado a servicio después del mantenimiento periódico y el tiempo en que es sacado de servicio para el siguiente periodo de mantenimiento.

Si el tiempo que se requiere para el mantenimiento (el tiempo durante el cual el componente está fuera de servicio) es muy pequeño comparado con la duración entre el periodo de mantenimiento (T_1), debemos hacer a $t_2 = T_1$. (Nota: los puntos de disponibilidad también son usados para componentes que están en estado de standby y que se encuentran periódicamente en mantenimiento).

3.3.13. Prueba y Mantenimiento en La No Disponibilidad

El intervalo de la no disponibilidad debido a pruebas y mantenimientos periódicos está dado por:

$$q_{TM}(0, T_1) = \frac{t_{TM}}{T_1} \quad \dots (3.51)$$

donde t_{TM} es la duración promedio de tiempo en la que el componente sale de servicio para cada periodo de prueba o de mantenimiento T_1 y es el intervalo de tiempo entre los mantenimientos sucesivos. [Nota: ésta no disponibilidad no incluye la no disponibilidad debida a la falla de un componente. Si se está interesado en la

no disponibilidad total, la no disponibilidad debida a fallas debería ser agregada a la no disponibilidad por pruebas y mantenimientos].

Algunas veces se calcula la no disponibilidad debida a mantenimientos periódicos independientemente de la no disponibilidad debida a pruebas periódicas. En estos casos se efectúa la suma de ellas.

3.3.14. La No Confiabilidad en La Demanda

Si un componente en estado de standby falla en operación cuando hay demanda, dicha falla es llamada falla en la demanda. Si una bomba falla al arrancar o una válvula falla al abrirse y cerrarse cuando es requerido son ejemplos de fallas en la demanda.

La probabilidad de la falla en la demanda puede ser aprovechada en una de dos formas. Considérese que una bomba en standby falla al arrancar (en demanda), la falla de la bomba puede ocurrir antes de la demanda, en cualquier momento durante este periodo si se encuentra en standby (el tiempo entre el periodo de mantenimiento y el de demanda). Entonces la probabilidad de falla durante la demanda es la no confiabilidad de la bomba en el tiempo de la demanda, el tiempo se hace cero cuando la bomba es puesta en servicio después del periodo de mantenimiento y el tiempo de demanda es medido desde este punto.

Esta lógica puede ser aplicada para otros escenarios de falla durante la demanda, como cuando falla una válvula al abrirse o un motor al arrancar. Esta es la primera aproximación. (Si el tiempo de demanda es desconocido, $T_1 / 2$ puede ser usado como el tiempo de demanda para obtener un valor medio de la probabilidad de falla, si se quiere conservar el resultado, puede ser usado como el tiempo de demanda, donde T_1 es la duración entre los periodos de mantenimiento).

La segunda aproximación para calcular la probabilidad de falla en la demanda directamente es la razón del número de fallas durante la demanda entre el total del número de demandas, esto es:

$$q_D = \frac{n}{N} \quad \dots (3.52)$$

donde q_D es la probabilidad de falla durante la demanda, n es el número de fallas en la demanda y N es el número de demandas. El orden para calcular la probabilidad de falla en la demanda debe ser exacto, el número de demandas (N) debe ser lo más grande.

La probabilidad de falla en la demanda es una función del tiempo (donde el tiempo se hace cero cuando el componente es puesto en servicio), normalmente es creciente con el tiempo. De cualquier forma es común en la práctica asumir una constante de no confiabilidad en la demanda (independientemente del tiempo) tan grande como el componente si se encuentra en su vida primaria o infantil y si periódicamente está en mantenimiento. Si la probabilidad de falla se hace con la primera aproximación, $T_1/2$ puede ser usado como el tiempo de demanda y el valor de la constante es obtenido para la probabilidad de falla. La segunda aproximación asume constante la probabilidad de falla [ecuación (3.52)].

3.3.15. Computo de Confiabilidad-Eficiencia

La confiabilidad y la eficiencia de los componentes reparados pueden ser computadas en términos de la tasa de falla y el tiempo medio de reparación (MTTR). Aquí indicamos, sin derivar la fórmula para la confiabilidad y la eficiencia; la constante de la tasa de falla y la constante de la tasa de reparación.

La componente de la no confiabilidad en el tiempo t está dado por:

$$q(t) = \frac{\lambda\tau}{(1+\lambda\tau)} \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{1+\lambda\tau}{\tau} \right) t \right] \right\} \quad \dots (3.53)$$

donde λ es la tasa de falla y τ es el tiempo medio reparación.

La componente de confiabilidad está dada por

$$a(t) = 1 - q(t)$$

cuando $t \rightarrow \infty$, tenemos que la no confiabilidad en estado estable es:

$$q(\infty) = \frac{\lambda\tau}{(1+\lambda\tau)} \quad \dots (3.54)$$

El estado estable de la eficiencia está dado por:

$$a(\infty) = q(\infty)$$

El precedente de la no confiabilidad y la eficiencia de estado estable puede ser usado por un tiempo infinito y si t es claramente grande. En la ecuación (3.54) se muestra que $q(t)$ no debe ser mayor que el 14% si $t > 2\tau$ y no mayor del 5% si $t > 3$.

Si $\lambda\tau$ es menor que 0.1, $q(t)$ en la ecuación (3.54) puede ser aproximada por:

$$q(\infty) = \lambda\tau \quad \dots (3.55)$$

si $\lambda\tau = 0.1$, la ecuación (3.55) predice a $q(\infty)$ como el computo hecho por la ecuación (3.54) por el 10%, esto es que la ecuación (3.55) provee a $q(\infty)$ con un valor que es 10% mayor que el valor de $q(\infty)$ dado por la ecuación (3.54). Si $\lambda\tau = 0.05$, la predicción es 5% y si $\lambda\tau = 0.01$ a predicción es 1%. La ecuación (3.55) es muy usada en el análisis de confiabilidad.

La confiabilidad de un componente reparable es idéntica a la de un componente no reparable, porque en los cálculos de confiabilidad, la falla de un componente es considerada como falla todo el tiempo después de que ocurrió esa falla, esto es, desde la perspectiva de los cálculos de confiabilidad, un componente se asume como no reparable después de una falla. La ecuación dada en la sección 3.3 para la confiabilidad de componentes no reparables es aplicable también a los componentes reparables.

Alternativamente, la confiabilidad de un componente puede ser obtenida si el tiempo medio de reparación (τ) es infinito en la ecuación (3.53). Como $\tau = \infty$

$$\left[\frac{\lambda\tau}{(1+\lambda\tau)} \right] \rightarrow y \quad \left[\frac{(1+\lambda\tau)}{\tau} \right] \rightarrow \lambda$$

sustituyendo estos valores en la ecuación (3.53), se tiene que la desconfianza de un componente es

$$u(t) = 1 - \exp(-\lambda t) \quad \dots (3.56)$$

esto es idéntico a la ecuación (3.22) que se ha discutido con anterioridad, entonces la ecuación (3.56) se puede aproximar a:

$$u(t) = \lambda t \quad \dots (3.57)$$

Si $u(t)$ es menor que 0.05, el componente de confiabilidad está dado por

$$r(t) = 1 - u(t)$$

donde $u(t)$ se computa usando la ecuación (3.56) o la (3.57) apropiadamente. Debe notarse que aquí no se fija $\tau = \infty$ en las ecuaciones (3.54) o (3.55) esperando obtener la correspondiente no confiabilidad. Estas ecuaciones son una buena

aproximación solo para tiempos mayores de 3τ porque al fijar $\tau = \infty$ estas ecuaciones no son válidas para un tiempo infinito.

3.4. ASPECTOS ECONOMICOS DE LA CALIDAD Y LA FIABILIDAD.

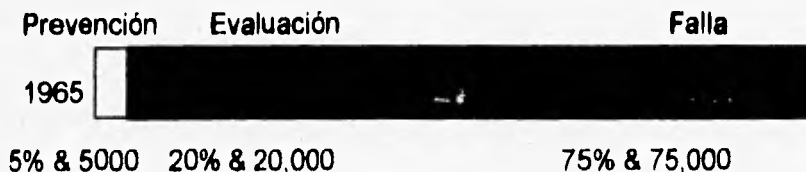
Una política y organización sólida para la calidad y la fiabilidad no depende solo de una buena ética sino de una buena economía empresarial. Sin embargo, cuando intentamos decisiones sobre la calidad en base a la economía a veces nos enfrentamos con la dificultad de expresar en términos financieros el efecto de las decisiones de calidad. Esta dificultad tiende a dirigir las decisiones de calidad en base a la intuición o a evadir decisiones y no tomar acción porque no se especifica claramente el efecto de una propuesta de calidad en el costo y la ganancia.

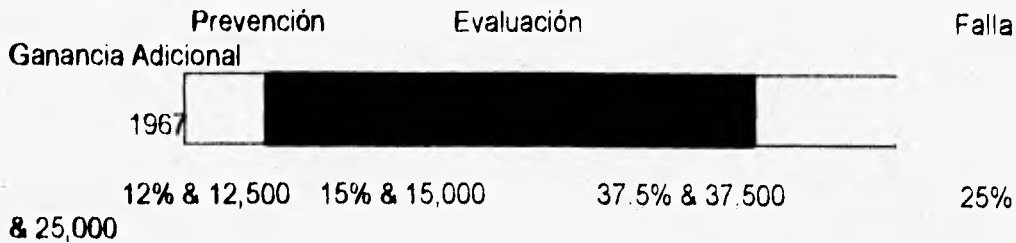
Pero debemos reconocer que un factor importante en el mejoramiento del control de calidad es el poder representarla calidad en términos de medición y este principio debe extenderse a medición monetaria.

En el grado en que los costos de calidad puedan extraerse y clasificarse, pueden ser de gran utilidad para tomar decisiones lógicas en muchos aspectos de la calidad. Ahora podemos decidir si nuestros esfuerzos están redituando buenos beneficios o si, por ejemplo, es posible modificar tolerancias o con otro método alternativo lograr nuestro propósito de manera más económica.

Los costos de calidad se definen como los costos combinados de prevención, evaluación y falla. En un alto porcentaje de industrias se estima que estos costos representan el 10% del capital transitorio de la compañía.

Por tal razón se argumenta que si gastamos más en la prevención tendremos más ahorros en los costos de evaluación y falla. Esto se ilustra en la figura siguiente.





Efecto del mejoramiento del control de calidad y la fiabilidad en los costos de calidad

El costo de prevención incluye los salarios y gastos del personal empleado específicamente en la ingeniería de calidad y control de calidad, el costo de investigación, investigación y ensayos en el mejoramiento de la calidad y el costo de operación y entrenamiento de personal en los aspectos de la calidad.

Los costos de evaluación incluyen aspectos tales como el costo de la inspección de rutina en productos terminados o en proceso

Los costos de falla (que normalmente representan la mayor parte de los costos de calidad) pueden subdividirse en costos de producción incluyendo el costo de desperdicio, retrabajo y descuentos en las mercancías o artículos de segunda calidad resultantes de fallas de manufacturas y costos del producto insatisfactorio que incluyen el costo de investigación y quizás de colocación y cualquier otro gasto o pérdida de ingresos causados por los defectos de calidad en el producto.

La extracción y clasificación de los costos de calidad pueden ser de gran ayuda en la formulación de decisiones y un estímulo para el mejoramiento. Por ejemplo, nos pueden ayudar a hacer decisiones lógicas sobre asuntos como:

- ¿Debemos emplear inspección al 100%, inspección por muestreo o ninguna inspección en los productos en proceso y terminados?
- ¿Debe introducirse la inspección patrulla durante la manufactura con la intención de reducir la inspección final y los costos de falla?
- ¿Se debe basar el control de calidad del proceso o la inspección de los productos terminados en la medición de variables en lugar de atributos?
- ¿Está justificada la inspección de un componente o es más económico permitir pasar la falla y rectificarlo después del ensayo del ensamble final?

- ¿Han justificado los resultados de la introducción de nuevos métodos de control?

Además el costo de la calidad es de capital importancia en el mejoramiento del diseño y análisis de valor. El costo de producción y el costo de reparación y mantenimiento al valorar los costos totales de la fiabilidad de un producto.

Cuando la fiabilidad de un equipo aumenta, los costos de diseño y producción también aumentan mientras que los costos de reparación y mantenimiento disminuyen. El costo de diseño sube porque deben hacerse evaluaciones más precisas de las condiciones de trabajo exactas además un desarrollo más amplio (tal vez ensayos de los prototipos y ensayos ambientales a fondo).

Los costos de producción suben porque se necesitan usar partes más caras (materiales más costosos), ensayos más elaborados, facilidades de inspección, mano de obra más capacitada (con remuneración mayor) y equipos más sofisticados.

Por lo que para aumentar la fiabilidad del equipo debe haber un incremento en los costos iniciales. Pero este aumento está más que compensado con el ahorro de los costos de reparación y mantenimiento además de prevenir una pérdida más grave como la que representa la buena fe del cliente.

Muy frecuentemente el comprador se interesa solamente en los costos iniciales del producto. Lo que olvida es que pagando más al inicio para obtener un equipo más confiable los costos de reparación y mantenimiento se reducen y por consiguiente el costo total es menor. La figura siguiente demuestra como varían los costos de diseño, producción y mantenimiento con la fiabilidad. Es interesante notar en esa figura que cuando el costo inicial (de diseño y producción) es más bajo, el costo total (gastos en el equipo durante su vida activa) es más alto.



El punto en el que el costo total es mínimo representa la fiabilidad económicamente óptima. Después del punto óptimo de la relación entre fiabilidad y costo está regida por la conocida regla "Usted obtiene lo que paga".

Concluyendo, no debe olvidarse que el mayor efecto que la mejor atención de la calidad y la fiabilidad puede tener en las utilidades de la compañía es el agrandar la empresa a largo plazo como resultado de la satisfacción del cliente y la difusión de una buena reputación. Esta situación puede compararse con la justificación del gasto en promoción y publicidad buscando ventas futuras.

Tanto la publicidad como el buen control de calidad son imprescindibles.

La actitud correcta y método indicado para la solución del problema de producir artículos confiables sin costos innecesarios y dando al consumidor un verdadero valor por su dinero nos ayuda a producir y vender más. Sin este lineamiento cualquier esfuerzo es inútil.

CAPITULO IV

DATOS PARA EL ANALISIS DE FALLA

4.1 INTRODUCCION

Los datos de falla del hardware, los errores de software en la computadora y los errores humanos son esenciales para cuantificar el análisis de confiabilidad del sistema. Debido a que los resultados cuantitativos son tan buenos como los datos de falla usados, se debe tener cuidado al tomar las especificaciones de las probabilidades de falla de hardware, software y humanas. Los datos exactos pueden no estar disponibles para todas las fallas de interés. Normalmente las probabilidades de falla son exactas en un sentido por orden de magnitud. Se pueden usar tantos datos como recordemos que resulte ser el sistema de confiabilidad obtenido de los datos que también son de naturaleza aproximada. Dichas aproximaciones resultan ser muy útiles para el diseño del sistema y su operación ya que es mejor tener una aproximación conocida del sistema.

Los resultados de la confiabilidad también son usados para clasificar diferentes componentes de acuerdo a su importancia en la confiabilidad del sistema, por lo que dichos componentes pueden ser jerarquizados en la asignación de recursos para el mejoramiento de la confiabilidad.

De los tres tipos de fallas (hardware, software y humanos) la mayoría de los datos que están disponibles son de las fallas de hardware y nosotros únicamente utilizaremos éstas para nuestro estudio.

4.2. DATOS DE FALLA DE HARDWARE

4.2.1. Revisión

La información de la confiabilidad del hardware (componentes) es necesaria cuantitativamente para el análisis de la confiabilidad del sistema. Esta información incluye modos de falla, probabilidad de falla en la demanda, el tiempo que se lleva el procedimiento de reparación y la duración de la prueba de mantenimiento.

La cantidad referida como el tiempo para realizar el procedimiento de reparación es diferente al tiempo de reparación. El tiempo de reparación incluye además del tiempo tomado para realizar el procedimiento de reparación, el tiempo que se

requiere para detectar la falla (tiempo de detección), y el intervalo de tiempo entre la detección y el inicio del procedimiento de reparación. Considerar el tiempo para realizar el procedimiento de reparación en lugar del tiempo de reparación, porque el tiempo de detección y el intervalo de tiempo entre la detección y el inicio de la reparación de la falla podría ser muy dependiente de la configuración del sistema, el acceso del componente, las facilidades del lugar de reparación, etc.

La tasa de falla y la probabilidad de falla del componente pueden ser estimadas a través del análisis de confiabilidad o con un análisis estadístico del historial de datos de falla. El tiempo para realizar el procedimiento de reparación el componente y la duración de la prueba de mantenimiento son determinados por la experiencia operacional. La predicción de la tasa de falla de un componente (o probabilidad de falla) a través del análisis de confiabilidad es una buena aproximación. La probabilidad de que un componente falle es calculada como una función de distribuciones de probabilidad de los parámetros del componente tales como propiedades de los materiales, dimensiones de los componentes y condiciones de operación.

Otro método para encontrar la probabilidad de falla es haciendo una prueba a un número de componentes para que fallen. La tercera aproximación es a través de un análisis estadístico del historial de los datos de falla. Se restringirá la atención a los casos de la tercera aproximación, ya que son los más usados por los ingenieros en el análisis de confiabilidad. Las dos primeras aproximaciones son más usadas por los fabricantes que transmiten sus datos a los diseñadores del sistema.

El análisis estadístico del historial de los datos de falla es la forma más directa y más exacta de hacer una aproximación para estimar la confiabilidad de los componentes. Una ventaja de esta aproximación es que los parámetros de confiabilidad de los componentes son obtenidos del comportamiento actual de los componentes bajo las condiciones actuales de operación.

Los inconvenientes de esta aproximación son que (i) el historial de datos (de operación) puede no ser suficiente, (ii) los datos disponibles pueden no pertenecer al mismo pedigree (1*) específico y ser de diferente fabricación, diseño, tamaño y clasificación, (iii) los datos disponibles pueden pertenecer a diferentes aplicaciones bajo diferentes condiciones de operación. Así, los parámetros de confiabilidad de los componentes derivados de los historiales de operación pueden no ser muy exactos. Como una regla general, la razón de falla y las probabilidades derivadas desde la experiencia operacional de un amplio espectro de aplicaciones y que involucren componentes de diferente pedigree son exactas en un senso de orden de magnitud.

(1) El pedigree de un componente se refiere a sus especificaciones (tamaño, fabricación, diseño, etc.). Los componentes hechos por el mismo fabricante, bajo las mismas especificaciones son llamados componentes del mismo pedigree.

Si los datos operacionales son suficientes y que pertenecen al componente del pedigree deseado están disponibles, éstos pueden proporcionar estimaciones más exactas de componentes confiables. sin embargo, en muchas situaciones, datos de este tipo son muy limitados y la estimación de componentes confiables está limitada a la cantidad de datos que puede ser exacta en un senso de magnitud solamente.

Los datos de falla pueden ser obtenidos de una planta sencilla o de un amplio número de plantas o industrias. Lo anterior es llamado datos específicos de plantas y más recientemente datos genéricos.

4.2.2. Tipos de Componentes de Falla

Las fallas de los componentes se pueden clasificar como fallas primarias y fallas secundarias.

4.2.2.1. Fallas Primarias

Las fallas primarias son el resultado de una deficiencia en el componente, y la falla de éste ocurre cuando las condiciones ambientales y de operación están dentro de los límites de diseño.

4.2.2.2. Fallas Secundarias

Las fallas secundarias son el resultado de causas secundarias que produce la operación y/o las condiciones ambientales que están fuera de los límites de diseño del componente. Puede ser que no haya deficiencia en el componente que falló por sí mismo y podría no haber fallado en ese momento si las condiciones de operación y/o ambientales hubieran estado dentro de los límites de diseño.

Las condiciones de operación y/o ambientales que causan fallas secundarias incluyen temperaturas anormales, presiones, sobrecargas, velocidades, vibraciones, corrientes eléctricas, polvo, humedad y corrosión química.

La presencia de causas secundarias no siempre resulta en fallas de componentes; el componente puede fallar solamente en un cierto porcentaje de las veces en que una causa secundaria ocurra.

Las fallas secundarias se pueden dividir en cuatro categorías:

(i) Causas comunes de fallas, (ii) Fallas de propagación, (iii) Fallas por error humano, (iv) Misceláneos de fallas secundarias.

(i) **Causas comunes de fallas:** Una falla secundaria puede ser clasificada como una falla de causa común si la causa secundaria induce fallas en más de un componente. Es decir, un mal funcionamiento de otros sistemas o componentes inducen a fallas en un número de componentes, por ejemplo, una falla en el sistema de aire acondicionado aumenta la temperatura y esto puede causar fallas en varios componentes eléctricos.

(ii) **Fallas de propagación:** La falla de un componente conduce a la falla de uno o más componentes adicionales. Dichas fallas son llamadas fallas de propagación. Si el componente falla (falla secundaria) conduce a fallas de más de un componente, dicha falla secundaria puede ser tratada como una causa común de falla.

(iii) **Fallas por error humano:** Si un componente falla como resultado de errores humanos de operación, mantenimiento o prueba, dichas fallas de error humano pueden ser tratadas como causas secundarias. Si un componente falla debido a errores humanos de diseño, fabricación e instalación son consideradas como fallas primarias. Si un número de componentes falla debido al mismo error humano, dichas fallas pueden ser tratadas como causas comunes de falla.

(iv) **Misceláneos de fallas secundarias:** Las fallas secundarias que no caen bajo ninguna de las tres categorías precedentes son agrupadas aquí.

4.2.3. Dependencia Estadística entre Fallas

Si un número de componentes falla debido a una causa común, entonces se dice que hay una dependencia estadística entre esos componentes. Las fallas de propagación son también estadísticamente dependientes.

La dependencia estadísticas entre fallas primarias puede elevarse por un diseño, fabricación o instalación similar de esos componentes.

4.2.4. Base de Datos de una Planta Específica

Los datos de falla de una sola planta son llamados datos de una planta específica y una base de datos que contiene dicha información es llamada base de datos de una planta específica. Si la planta tiene poco tiempo de operación una base de datos confiable debería ser establecida y será modificada continuamente con los nuevos datos de falla que lleguen a estar disponibles. Si la planta ya ha estado en

operación varios años: (i) Establecer una base de datos confiable desde ahora y si es posible (ii) Derivar los datos de falla anteriores apartir de archivos de mantenimiento, los reportes de pruebas y los diarios del operador, etc. Una buena base de datos debe contener la siguiente información para observar cada una de las fallas:

1. Identificación de componente.
2. Fecha de la falla.
3. Modos de falla.
4. Causa de la falla(*).
5. Tiempo del procedimiento de reparación.
6. Tiempo de detección(*).
7. Tiempo para obtener las piezas de repuesto(*).
8. Acciones correctivas(*).
9. Efectos de los componentes de falla a nivel del sistema.
10. Dependencia estadística, si la hay con cualquier otra falla(*).

(Los puntos marcados con un asterisco no son necesarios para los cálculos de confiabilidad pero pueden ser tomados en cuenta para mejorar los diseños futuros y para los procedimientos de las pruebas de mantenimiento).

La información precedente se mantiene continuamente escrita como un archivo o en una base de datos por computadora. En intervalos regulares (digamos, cada año) la información es resumida en una tabla como la que se presenta en el Capítulo VII, donde hemos vaciado los datos acumulados en el periodo de estudio (ver Cap. 7, tablas 7.3, 7.4 y 7.5).

4.2.5. Uso de la Base de Datos

Se deben tener en cuenta algunas consideraciones al usar bases de datos. Algunas notas sobre esto se dan a continuación:

1. La mayoría de las bases de datos proporcionan detalles acerca de las fuentes de los datos de falla, método de análisis estadístico, limitaciones de las bases de datos. Los usuarios deben leer estos detalles antes de usar una base de datos.
2. Algunas bases de datos identifican los modos de falla y otras no. El último tipo de base de datos puede no usarse mucho si se calculan las tasas de falla para un modo específico de falla.

3. Muchas bases de datos no hacen la diferencia entre fallas independientes, fallas dependientes, fallas secundarias y causas comunes de fallas. Esto podría ser una fuente de error.

4. Las fallas de componentes debidas a errores humanos no deberían ser incluidas en la cuenta de fallas, pero algunas bases de datos sí incluyen tales fallas.

5. Las fallas durante la prueba de mantenimiento no deberían ser incluidas en el conteo de fallas pero algunas bases de datos sí incluyen dichas fallas.

6. Si se asume una tasa de falla constante, las fallas durante el periodo de entrada forzada y el periodo de desgaste no deberían ser incluidas en el conteo de fallas pero algunas bases de datos sí incluyen dichas fallas.

7. Los datos de falla usados en las bases de datos genéricas son reportadas por personal y organizaciones diferentes, por lo que la confiabilidad de los datos de falla reportados puede no ser consistente (inexactitud de horas de trabajo, omisión de fallas, etc).

8. Las tasas de falla podrían ser afectadas significativamente por el código de diseño usado, el control de calidad durante la fabricación, los procedimientos y horarios de prueba- mantenimiento. Dicha información puede no ser encontrada en la base de datos, especialmente si solo una o dos bases de datos genéricas son usadas, es mejor usar bases de datos pertenecientes a una industria o aplicación similar al proyecto bajo investigación.

9. Los avances tecnológicos pueden generar componentes mejorados más confiables, esto significa que las tasas de falla de clases anteriores de componentes pueden ser ligeramente mayores.

10. Comparar las tasas de falla de una base de datos a otra y verificar por cualquier valor anormal. Si la tasa de falla de una base de datos es significativamente diferente de las otras bases de datos, ver si existe alguna razón específica para dicha desviación; descartar dicha tasa de falla si la diferencia no puede ser explicada satisfactoriamente.

4.2.6. Factores de Corrección

Las estadísticas de falla presentadas en la mayoría de las bases de datos genéricas se basan en datos de falla de una variedad de aplicaciones, y las condiciones actuales de operación y ambientales tales como temperatura, humedad y el esfuerzo

mecánico. Si se está interesado en la confiabilidad de un componente que se espera que opere, en un ambiente particularmente mal acondicionado, se puede multiplicar la falla estadística genérica por un factor de corrección.

Los factores de corrección se estiman a través de modelos teóricos en la mayoría de los casos. Aquí se presentan dos modelos como ejemplo.

En 1957 Levenbach sugiere un modelo de regla importante para hacer el cálculo de los efectos de voltaje eléctrico en la vida media de un cierto capacitor dieléctrico:

$$\theta_i = \frac{C}{V_i^p} \quad \dots (4.3)$$

donde θ_i es el tiempo medio de falla del voltaje de V_i . Los parámetros empíricos C y p pueden ser estimados si θ_i es conocido para diferentes valores de V_i .

En 1964 Pershing y Hollingsworth recomendaron la siguiente regla exponencial para considerar los efectos de temperatura en materiales semiconductores:

$$\lambda_i = \exp \left[A - \frac{B}{T_i} \right] \quad \dots (4.4)$$

donde λ_i es la tasa de falla a la temperatura T_i , A y B son los parámetros empíricos que se determinan si λ_i es conocido para diferentes valores de T_i .

Estas reglas se aplican solo para tipos específicos de componentes para los cuales son derivados y no deberían ser aplicados a otros tipos de componentes. También, además para aplicar estas relaciones, se necesitan suficientes pares de valores (θ_i, V_i) de (λ_i, T_i) para estimar los coeficientes empíricos. Dichos datos no siempre están disponibles y puede requerirse una prueba para el componente. También, los modelos teóricos tales como las ecuaciones (4.3) y (4.4) no están disponibles para dichos tipos de componentes.

Encarando tales dificultades, muchos gerentes de proyecto de análisis de confiabilidad de sistemas solicitan opinión experta para calcular los factores de corrección. La opinión experta es tan buena como el conocimiento de los expertos acerca de la falla relativa al componente. Debido a que las tasas de falla y las probabilidades de falla en la demanda de las bases de datos genéricas son exactas solo en un orden de magnitud, no se necesita que los factores de corrección sean muy exactos por tanto.

La Guía del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 1977) proporciona factores ambientales (factores de corrección) para algunos componentes eléctricos y electrónicos. Por ejemplo, se recomienda que las tasas de

falla para actuadores y operadores de válvulas eléctricas se multipliquen por un factor de corrección de 1.57 si la temperatura ambiental es muy alta y se recomienda un factor de 2.04 si la humedad es muy alta.

Las tasas de falla pueden reducirse por un factor de corrección estable si el procedimiento de diseño usado es muy conservador o si es muy restringido el control de calidad usado durante la fabricación y la prueba. La opinión experta puede ser requerida para estimar el factor de corrección.

4.2.7. Causas Comunes de Fallos

El siguiente procedimiento de cálculo se basa en la publicación "Probabilistic Risk Assessment Guide" de la Comisión de Regulación Nuclear(1983). Estos cálculos pueden ser obtenidos si los datos están disponibles.

Denotaremos una causa común como Y, y se usará la siguiente notación:

c = tasa de ocurrencia de la causa común Y

p = probabilidad condicional de que un componente específico falle, dado que la causa común Y ha ocurrido

λ = tasa de falla de los componentes debido a causas diferentes de la causa común Y

n = número de componentes idénticos en el sistema que son simultáneamente susceptibles a la causa común Y todos los n componentes deberían tener la misma λ y p

Se calculan los parámetros probabilísticos básicos c , p y λ de los datos de falla disponibles.

La tasa común de la ocurrencia de falla c , puede ser calculada por datos históricos o por procedimientos deductivos. Si la causa común es interna a la planta (por ejemplo, un incendio o una falla en el sistema de aire acondicionado), los datos históricos de la planta o de plantas similares pueden ser usados para estimar c . Alternativamente, los procedimientos deductivos tales como el análisis de árbol de falla pueden ser usados para calcular la probabilidad del incendio o la falla en el sistema de aire acondicionado.

La tasa de ocurrencia c de causas comunes externas, tales como terremotos, tornados o inundaciones pueden ser calculados con datos históricos a través de procedimientos deductivos. Los datos históricos de eventos naturales como terremotos pueden ser obtenidos por expertos de los campos apropiados.

Alternativamente, las tasas de ocurrencia de eventos naturales, tales como terremotos pueden ser deducidas usando modelos matemáticos.

La probabilidad condicional de falla de la falla de un componente específico dado que la causa común Y ha ocurrido (p) es también calculada ya sea con datos históricos o a través de procedimientos deductivos.

Si la información necesaria no está disponible, se puede asumir a $p=1$.

Algunas ingenierías de confiabilidad asumen a $p=1$ y realizan análisis de confiabilidad del sistema; si la confiabilidad calculada no es aceptable esto es, que no cumpla con los requerimientos de confiabilidad del sistema, entonces se realiza un análisis más exacto utilizando valores más exactos de p.

Si se saben los valores de c, λ , p y n las probabilidades de falla de componentes simples y múltiples pueden ser calculadas como sigue:

Tasa de falla de un componente específico que falla debido a la causa común Y
 $= z_1 = cp$

Tasa de falla de un componente específico que falla debido a varias causas incluyendo la causa común Y

$$= \lambda^* = \lambda + cp$$

Tasa de falla de al menos un componente que falla debido a la causa común Y

$$= s_1 = c(1 - q^n) \quad \text{donde } q = (1 - p)$$

Tasa en la cuál un conjunto específico de K componentes fallan simultáneamente debido a la causa común Y

$$= z_k = c p^k \quad \text{donde } n \geq k > 1$$

Probabilidad condicional en el que un conjunto específico de K componentes fallen simultáneamente dado que uno de los componente ha fallado

$$= G_k = \frac{z_k}{\lambda^*} \quad \text{donde } n \geq k > 1$$

¿Cuál es la diferencia entre Z_1 y S_1 ? Esto lo podemos explicar mejor si consideramos 2 componentes ($n=2$). Los referiremos como A y B. La tasa de falla Z_1

es la tasa de falla en la cuál un componente específico (digamos A) falla durante una causa común Y. Cuando se trabaja con Z_1 , se centra la atención en la falla de un componente específico (en este caso A). Considerar un tiempo de duración de T horas. Cada falla de A debido a Y durante ésta duración es considerado como un incidente. Supóngase que durante el periodo de T horas, A falla m veces debido a Y. Entonces $Z_1 = m/T$ fallas por hora.

Debido a que A y B son componentes idénticos, la tasa de falla de B debido a Y también es $Z_1 = m/T$ fallas por hora.

La tasa de falla S_1 es la tasa de falla en la cuál al menos uno de los dos componentes (Ya sea A o B o ambos) falla debido a Y. Cuando se trabaja con S_1 ,

se observan las fallas tanto de A como de B. Considerar también un tiempo de duración de T horas. Una falla de A o de B o la falla simultánea de A y B debido a Y es considerada como un incidente. Debe notarse que la falla simultánea de A y B no se toman como dos incidentes, sino como uno solo.

Considérese que A falla m veces y B falla m veces durante el periodo de T horas. Considérese que A y B fallan simultáneamente j veces. Entonces A falla solamente m-j veces, B falla m-j veces y A y B fallan simultáneamente j veces, la cuenta total es:

$$(m - j) + (m - j) + j = 2m - j$$

la tasa de falla correspondiente $S_1 = (2m - j)/T$ fallas por hora. Debido a que j no puede ser mayor que m, S_1 no puede ser mayor que Z_1 . Entonces $Z_1 \leq S_1$.

4.2. DATOS DE ERROR HUMANOS

Mantenimiento, prueba y personal de operación son esenciales para el funcionamiento adecuado de los sistemas de ingeniería. Los errores en sus partes podrían contribuir a las fallas de componentes y del sistema. Así, los datos de error humano son necesarios para cuantificar el análisis de confiabilidad del sistema. Las probabilidades de error humano son estimadas por tres medios diferentes: la experiencia de operación actual, prueba del simulador y opinión experta. Los datos derivados de la experiencia actual es la mejor, pero los datos suficientes pueden no estar disponibles para algunos tipos de acciones. Los datos del simulador no son tan buenos como los datos de operación pero son aceptables.

La opinión experta es aceptable y útil si los expertos son experimentados y con conocimientos.

La experiencia de operación usada en muchas de las fuentes de datos genéricas provienen de una variedad de plantas; el personal de mantenimiento, prueba y operación puede tener diferentes niveles de experiencia y entrenamiento; pueden estar trabajando con o sin procedimientos claramente escritos, bajo condiciones de trabajo diferentes (rotación de horario, horas extras o normales y condiciones variables de luz, temperatura y humedad); los errores pueden haber sido cometidos durante condiciones normales o de stress (como accidentes, incendios, terremotos, etc). De tal forma que se pueden encontrar en las fuentes de datos un promedio de probabilidad de errores humanos cubriendo un amplio rango de situaciones. Estas probabilidades pueden ser usadas tal cual, o afectadas por un factor ya sea positivo o negativo dependiendo de la situación.

Los puntos estimados pueden ser usados si se cree que las condiciones de operación son promedio; el valor más alto y más cercano límite superior del intervalo de confianza puede ser usado si las condiciones de operación son substancialmente "peores" que el promedio, y el valor más bajo y más cercano al límite inferior del intervalo de confianza puede ser usado si las condiciones de operación son substancialmente "mejores" que el promedio. Se debe tener en mente que la mayoría de las estimaciones de probabilidad de error humano son aproximadas.

NOTA: Los errores humanos en el diseño y fabricación de un componente son raros, sin embargo pueden ser explícitamente considerados en el análisis de confiabilidad del sistema. Los efectos de dichos errores son implícitamente incluidos en las probabilidades de falla del componente.

Algunos ingenieros de confiabilidad clasifican las fallas de los componentes en fallas dinámicas y fallas cuasiestáticas. Las primeras involucran un cambio en el estado del componente (de un estado activo a un estado pasivo o viceversa). Las fallas que no implican un cambio de esta naturaleza son llamadas cuasiestáticas.

La probabilidad de las fallas dinámicas guardan una proporción de uno a tres respecto de las probabilidades de las fallas cuasiestáticas. Las probabilidades de error humano son en general de uno a tres veces mayores que las probabilidades de fallas dinámicas.

4.3. DOCUMENTACION

La documentación de datos de falla debería contener probabilidades de fallas de componentes, probabilidades de error de software, probabilidades de error humano y la identificación de las bases de datos o documentos de los cuales se obtiene la información. Si las estadísticas de falla de un cierto número de bases de datos son combinadas, la descripción del procedimiento de combinación y los pesos asignados a las diferentes bases de datos deberían ser incluidos en la documentación. Si la opinión experta es usada, los nombres y filiaciones de los expertos, un breve resumen de su experiencia, las estimaciones individuales, los factores de peso asignado a cada experto y el método usado para consolidar las estimaciones individuales debería ser incluido en la documentación.

Todos los datos de falla pueden ser resumidos en una tabla (ver tabla 7.1). Deben acotarse adecuadamente los valores tabulados (indicando si se trata de la media, media geométrica o mediana), o bien proporcionar los tres valores. Los rangos o intervalos de confianza pueden también ser incluidos en la tabla, si es que están disponibles. Todos los documentos y las bases de datos usadas en el desarrollo de la tabla pueden ser listadas al final del reporte e identificadas por un número de referencia.

CAPITULO V

ANALISIS DE RIESGO PRELIMINAR

5.1. ANTECEDENTES

El análisis de riesgo preliminar (PHA) plantea el diseño conceptual del escenario de un sistema (o una planta) para identificar los elementos de riesgo en ese sistema y fijar sus medidas de seguridad. El análisis de riesgo preliminar es un tipo de análisis que da una visión amplia del sistema.

Las decisiones y recomendaciones que se tomen del análisis, serán transmitidas al equipo de diseño, este equipo hará los cambios apropiados en el diseño para reducir accidentes y minimizar sus consecuencias.

Si es necesario, otros análisis de riesgo preliminar pueden llevar a hacer cambios después de haber hecho el diseño.

5.2. PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS

Un análisis de riesgo preliminar consiste de los siguientes pasos:

1. Colección de datos.
2. Identificación de las fuentes de riesgo.
3. Preparación de los riesgos y elaboración de la tabla de efectos.

5.2.1. Colección de Datos

El equipo que hace el análisis de riesgo preliminar debe examinar toda la información confiable del hardware, materiales, procesos, pruebas y operaciones relacionadas con el sistema que se estudia. Los dibujos del sistema deben mostrar el lugar relativo del hardware, de las facilidades de almacenamiento, de las estaciones de los operadores y de los procesos que deben ser examinados.

5.2.2. Identificación de Las Fuentes de Riesgo

Cualquier hardware, material, proceso u operación, bajo ciertas condiciones, causa pérdidas de vidas, enfermedades o daños a propiedades, por lo que son consideradas como fuentes o elementos de riesgo.

Bajo condiciones normales, estas fuentes de riesgo están libres de ocasionar un daño, pero en condiciones anormales pueden considerarse como fuentes de riesgo y ocasionar algún accidente.

Todas estas fuentes pueden identificarse en una lista como la que a continuación se muestra:

1. Cargas explosivas.
2. Materiales flamables.
3. Excesiva presión, alta o baja.
4. Excesiva temperatura, alta o baja.
5. Alto voltaje.
6. Materiales radioactivos.
7. Materiales venenosos.
8. Equipo alternativo.
9. Equipo de rotación.
10. Levantamiento de cargas.
11. Objetos colgantes.
12. Equipo suspendido.

Todos estos elementos pueden no solo encontrarse durante la operación del sistema, sino durante la instalación, la prueba o el mantenimiento.

Los efectos secundarios también deben ser considerados. Por ejemplo, si se tiene cualquier equipo suspendido del techo y éste se cae, puede traer como consecuencia un segundo accidente, como que un químico se derrame y contamine el ambiente de trabajo; esto es llamado accidente secundario. El análisis preliminar debe ser detenido en ese momento y encontrar las fuentes de riesgo.

En nuestro caso, tenemos que la freidora, trabaja con gas (material Flamable), a temperaturas muy altas, por lo que se tiene un sistema de seguridad interno, al elevarse la temperatura fuera de su rango de operación, la máquina se desconecta automáticamente, antes de que el sistema contra incendios (ANSUL) se active y ocurra algún accidente.

5.2.3. Preparación de los Riesgos y Elaboración de las Tablas de Efectos

La tabla 5.1 muestra un formato que se sugiere para los riesgos y la elaboración de la tabla de efectos. Se puede partir de 10 puntos, que a continuación se explican, pero muchos de ellos pueden ser omitidos:

	(1)	(2)
1. Fuentes de riesgo.	Suministro de gas.	Fuego en el quemador.
2. Localización e identificación de las fuentes de riesgo.	-----	-----
3. Mecanismo de riesgo.	(i) Válvula de cierre abierta o goteando en el sistema, (ii) luz piloto apagada.	(i) Quemadores de ignición con explosiones, causando flamas que escapan por el respiradero; (ii) materiales flamables cerca del quemador.
4. Accidente.	Gas esparcido en el cuarto; puede esparcirse a cuartos adyacentes.	Fuego en el quemador; pueden esparcirse a cuartos adyacentes o áreas.
5. Efectos de un accidente.	Envenenamiento por gas en cuartos llenos de gas; posible riesgo a la salud y muerte.	Posible muerte, daño y daño a la propiedad.
6. Precauciones	Ninguna.	Ninguna.
7. Protección (Prevención de accidentes).	Ninguno.	Ninguno.
8. Protección (Mitigación de efectos).	Ninguno.	Ninguno.
9. Frecuencia de accidentes.	-----	-----
10. Grado crítico de un accidente.	Crítico (III). Recomendación: Proveer de un detector de gas y alarma.	Crítico (III). Recomendación: (i) Proveer de barreras antifiama alrededor del quemador; (ii) Proveer de una alarma.
11. Observaciones.		

Tabla 5.1
Prueba de riesgo y Tabla de Efectos.

1. Fuentes de riesgo. Todas las fuentes de riesgo son anotadas en esta columna.

2. Localización e identificación de las fuentes de riesgo. El nombre o el número que identifica a la fuente de riesgo y su ubicación son anotados aquí, (debe ponerse este mismo para los dibujos y otros documentos). Esta ubicación es de mucha importancia, ya que los accidentes pueden reducirse o evitarse si éstos se encuentran lejos de los mecanismos de riesgo.

3. Mecanismos de riesgo. Los elementos de riesgo pueden ser peligrosos en condiciones normales de trabajo. Esto constituye un problema de seguridad sólo cuando algún operador, evento o proceso se vuelve un accidente. La lista que a continuación se presenta es de los mecanismos de riesgo que pueden encontrarse:

1. Reacción química.
2. Corrosión.
3. Explosión.
4. Fuego.
5. Filtración.
6. Sobrecarga eléctrica.
7. Sobrecarga mecánica.
8. Vibración.
9. Material de degradación.
10. Excesivo alto voltaje.
11. Excesiva alta o baja temperatura.
12. Excesiva alta o baja presión.
13. Choque mecánico.
14. Equipo de falla.
15. Falla estructural.
16. Falla de energía eléctrica.
17. Error de operación.
18. Sabotaje.

Estos representan mecanismos de riesgo para una fuente de riesgo. Si una pieza particular de hardware, material o químico es una fuente de riesgo, pero se encuentra a una distancia considerable, las tablas de efectos y riesgos pueden incluir una nota de precaución, así como si existe un químico, material o hardware del que se tengan que especificar condiciones ambientales (presión, temperatura, etc).

4. **Accidente.** De la interacción de los elementos de riesgo con los mecanismos de riesgo, puede resultar un accidente.

5. **Efectos de un accidente.** Los efectos de un accidente pueden ser mortales o pueden causar enfermedades o daños a personas o propiedades, y este efecto puede producir un accidente secundario.

6. **Precauciones.** La mayoría de los accidentes no son repentinos o causan accidentes catastróficos, por lo que las precauciones antes tomadas ayudan a evitar accidentes o en todo caso a aminorar las consecuencias.

7. **Protección (Prevención de accidentes).** Las medidas de prevención de accidentes no eliminan por completo los accidentes pero la probabilidad de que ocurran disminuye significativamente. La separación física de los mecanismos de riesgo de los elementos de riesgo también es una posible prevención contra los accidentes.

Las frecuencias de los accidentes y sus consecuencias pueden reducirse si el sistema trabaja en óptimas condiciones, esto es, si se reducen las presiones de operación o la temperatura, etc.

8. **Protección (Mitigación de efectos).** Los efectos adversos al accidente pueden ser mitigados con la instalación apropiada de hardware o por procesos de operación correcta. Como ejemplo en este punto, se tienen los extinguidores de fuego o los procedimientos de evacuación de una planta.

9. **Frecuencia de accidentes.** La frecuencia esperada de un accidente (probabilidad de accidentes) es difícil de conocer cuando se hace el análisis preliminar de riesgo. Se pueden hacer estimaciones o bosquejos y pueden incluirse en esta columna. Los sistemas de seguridad y las protecciones preventivas pueden reducir la probabilidad de accidentes. En lugar de la estimación numérica de la probabilidad de accidentes se usa la clasificación de frecuencia, como ejemplo se presenta la siguiente:

I. **Extremadamente remoto:** probabilidad de accidente menor que 10^{-6} por hora.

II. **Remoto:** probabilidad de accidente entre 10^{-5} y 10^{-6} por hora.

III. **Posible:** probabilidad de accidente entre 10^{-4} y 10^{-5} por hora.

IV. **Probable:** probabilidad de accidente mayor que 10^{-4} por hora

10. **Grado crítico de un accidente.** El efecto de un accidente es clasificado de acuerdo a que tan crítico haya sido. Los sistemas de seguridad y la mitigación de los efectos puede ayudar a reducir el grado crítico de los accidentes. Por ejemplo:

- I. Insignificante: Causa un daño limitado de propiedad.
- II. Menor: Causa daños al sistema, requiriendo de reparación, pero muertes, enfermedades o extenso daño de la propiedad no ocurren.
- III. Crítico: Puede causar muertes, enfermedades o severos daños a la propiedad, pero existe tiempo para que los operadores de la planta corrijan la mayoría de los daños inmediatamente.
- IV. Catastrófico: Causa muertes, enfermedades y severos daños a la propiedad inmediatamente (no hay tiempo de reaccionar).

La clasificación de grado crítico se basa en el juicio de los efectos de la falla.

11. Observaciones. Cualquier comentario relevante acerca de la seguridad del sistema es anotada en este punto. Las recomendaciones de los sistemas de seguridad, las protecciones y los cambios en el hardware y en los procedimientos de operación también entran en este punto.

En nuestro caso, la freidora cuenta con un sistema contra incendios (ANSUL) que se activa cuando aparece una temperatura mayor a los 450°F, el cual desactiva eléctricamente a la freidora y cae un polvo sobre la manteca caliente, para bajar la temperatura y evitar la flama.

5.3. BENEFICIOS Y LIMITACIONES

El análisis de riesgo preliminar ve al sistema desde la perspectiva de seguridad. Todas las fuentes de riesgo deben ser identificadas, así como todo el hardware, los materiales, los químicos y las operaciones que interactúen con éstas y que pueden provocar un accidente. Los resultados o descubrimientos del análisis preliminar pueden ser usados para improvisar un sistema de seguridad, así como para identificar áreas que requieren de un estudio más riguroso.

Estos descubrimientos también son usados para desarrollar procedimientos de entrenamiento, catálogos de prueba-mantenimiento y si es necesario, planes de emergencia y para decidir la localización óptima de las fuentes para la máxima seguridad posible.

Los accidentes con una clasificación crítico-alto y con una clasificación de frecuencia alta son los más serios y por lo tanto los que requieren de mayor atención. La decisión de los grados críticos de clasificación o de una mayor clasificación la tienen los ingenieros que cuentan con toda la información acerca de los accidentes y de los datos que sean obtenidos a través de la confiabilidad detallada y de la valoración de riesgo.

Una limitación del análisis de riesgo preliminar es que los descubrimientos son esencialmente de naturaleza cualitativa a través de un bosquejo estimado de la frecuencia de los accidentes y ésta debe ser incluida.

A pesar de estas limitaciones, el análisis preliminar de riesgo es de gran ayuda para identificar problemas serios de seguridad durante el diseño conceptual del escenario. Y para habilitar al equipo de diseño cuando se quiera hacer uno anticipado.

En nuestro caso, requerimos de un espacio específico para la freidora, que cuente con una campana de extracción de grasa quemada, un espacio mínimo de 1.50 m. hacia el frente para poder maniobrar o trabajar en ella (cocinar el producto) y de que el lugar cuente con aire acondicionado para contrarrestar el calor de la freidora.

CAPITULO VI.

MODOS DE FALLA Y ANALISIS DE EFECTOS.

6.1. ANTECEDENTES

Los modos de falla y análisis de efectos (FMEA) es un procedimiento cualitativo que identifica el potencial de los componentes de fallas y calcula sus efectos en el sistema. Si el grado crítico de los efectos se considera también en dicho análisis, el análisis debe referirse a los modos de falla, los efectos y el análisis crítico (FMECA).

Deben hacerse las siguientes preguntas para cada uno de los componentes al hacer el análisis de efectos y los modos de falla:

1. ¿Cómo falla un componente? (puede haber más de un modo de falla)
2. ¿Cuáles son las consecuencias (efectos) de las fallas?
3. ¿Qué tan críticas son las consecuencias?
4. ¿Cómo se detectó la falla?
5. ¿Qué medidas de seguridad se tomaron contra la falla?

En respuesta a estas preguntas, todos los modos de falla significantes deben ser identificados, su detección y sus medidas de seguridad deben estar documentados y los efectos del sistema deben ser determinados.

Los modos de falla y el análisis de efectos se usan para:

1. Asegurarse de que todo lo concerniente a los modos de falla y sus efectos han sido entendidos.
2. Dar asistencia a la identificación de los diseños débiles.
3. Proporcionar bases para seleccionar alternativas de diseño durante los diseños de escenarios previos.
4. Proporcionar bases para recomendar mejoras del diseño.
5. Proporcionar bases para corregir acciones prioritarias.
6. Proporcionar bases para recomendar programas de pruebas.
7. Dar asistencia a problemas existentes en el sistema con problemas de operación.

Los modos de falla bien organizados y los análisis de efectos benefician en gran parte a los equipos de diseño y la comunicación entre los elementos de este equipo y los diseñadores del sistema es esencial para su mejora.

Los modos de falla y el análisis de efectos pueden conducir al diseño conceptual del escenario o a diseños preliminares o detallados para un próximo diseño.

La mayoría de los proyectos de análisis de confiabilidad terminan completándose con los modos de falla y el análisis de efectos, si otros proyectos conducen a un análisis más riguroso tal como el análisis del árbol de falla, depende de la propuesta y de la extensión del proyecto.

6.2. PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS

Los modos de falla y el análisis de efectos consisten en cuatro pasos:

1. Establecimiento de la extensión del análisis.
2. Colección de datos.
3. Preparación de la lista de componentes.
4. Preparación de las hojas de los modos de falla y el análisis de efectos (FMEA).

6.2.1. Establecimiento de la Extensión

La extensión de los modos de falla y el análisis de efectos debe identificar claramente lo siguiente:

1. Límite del análisis: Los límites del sistema pueden ser identificados si ninguno de los componentes está fuera de consideración.

2. Extensión del análisis: Las hojas de FMEA deben incluir la siguiente información acerca de cada componente potencial de falla:

- Subrayar las causas de las fallas.
- Posibles efectos de las fallas.
- Detección de las fallas.
- Medidas de seguridad.
- Frecuencia de la falla.
- Grado crítico de los efectos de la falla.

La extensión de los modos de falla y el análisis de efectos depende de cuándo fueron hechos. Si se hacen para un mismo sistema, se debe realizar uno para diseño conceptual y otro para diseño detallado; la extensión del segundo debe ser mayor, y debe decidirse en base a cada caso dependiendo de la propuesta del análisis.

6.2.2. Colección de Datos

El equipo que realiza el análisis debe tener acceso a documentos confidenciales relacionados con la configuración del sistema, diseños, especificaciones y procedimientos de operación.

6.2.3. Preparación de la Lista de Componentes

Una lista de cada uno de los componentes debe hacerse antes de empezar a examinar los modos de falla potenciales, y para las funciones y las condiciones de operación (temperaturas, cargas, presión, etc) y las condiciones ambientales de cada componente.

6.2.4. Preparación de las Hojas FMEA

Los descubrimientos de los modos de falla y del análisis de efectos debe archivarse en un formato de hoja tabular, que lista los 10 puntos siguientes:

1. **Componente:** Es el único nombre o código para identificar al componente. Este nombre debe corresponder con el usado en los dibujos del sistema, los del diseño y otros documentos pertinentes. Si existe alguna parte del componente debe anotarse aquí.
2. **Función:** Es una corta descripción de la función del componente en diferentes modos de operación.
3. **Modos de fallas:** Son las posibles formas en las que el componente puede fallar. Las fallas debido a la degradación por el tiempo (corrosión, fatiga, etc), deben ser consideradas. Los posibles modos de falla en todos los modos de operación de interés (automático, manual, prueba, bypass, etc) también deben ser considerados. La operación y desgaste del sistema bajo condiciones ambientales (terremoto, tornado, inundaciones, etc), deben ser considerados como factibles, ya que las fallas pueden causar daños personales. La operación prematura y las fallas durante la operación deben ser incluidas, así como las deformaciones excesivas del componente y las fallas estructurales.
4. **Causas de las fallas:** Todas las posibles causas deben ser anotadas aquí.
5. **Efectos de las fallas:** Todos los posibles efectos de las fallas deben ser anotados aquí.

EJEMPLO DE UNA HOJA FMEA

	1	2
1) Componente	Válvula de cierre	Válvula de gas
2) Función	Controla el flujo de gas	Controla el flujo de gas
3) Modo de falla	Falla al cerrar	Falla al cerrar
4) Causa de la falla	Corrosión	Corrosión
5) Efectos de la falla	Incremento anormal en la presión y temperatura del agua	Falla produce agua caliente
6) Detección de la falla	(i) Temperatura del agua muy caliente, (ii) SRV se habrá (si el SRV falla al abrir, tanque del agua puede romperse)	Temperatura del agua muy baja
7) Procedimiento de seguridad	SRV se habrá y el exceso de presión en el tanque de agua es liberada	Ninguna
8) Frecuencia de falla	Posiblemente (III)	Posiblemente (III)
9) Gravedad de los efectos	Grado (IV) NOTA: "Crítico" solamente si SRV falla al abrir	Mayor (III)
10) Observaciones	Ninguna	Ninguna

6. Detección de las fallas: Las fallas, o cuando alguna función cese, deben ser inicialmente detectadas por alarmas, ya sean visuales o audibles. La mayoría de las fallas puede ser detectada en el período de prueba o en el de mantenimiento.

7. Características de seguridad: Se anotan en esta columna las construcciones provisionales realizadas en el sistema, las cuales tienden a reducir la probabilidad de falla y por tanto mitigar sus efectos.

8. Frecuencia de la falla: En el caso de que la frecuencia de falla sea conocida, esta es anotada aquí.

9. Grado crítico de los efectos: El efecto de una falla se clasifica de acuerdo a su grado crítico. El siguiente es un ejemplo de esta clasificación:

I. Insignificante: No hay seguridad de riesgo y tendrá muy pocos efectos en la confiabilidad y disponibilidad.

II. Menor: No hay seguridad de riesgo pero afectará la confiabilidad y disponibilidad de algo.

III. Mayor: No hay seguridad de riesgo pero afectará la confiabilidad y disponibilidad significativamente.

IV. Crítico: Seguridad de riesgo potencial.

Este criterio lo toma el personal que esté a cargo del análisis.

10. Observaciones: Cualquier comentario relevante de los modos de falla y los efectos son anotados aquí, así como las recomendaciones de cambios en el sistema.

Hoja FMEA de la Freidora.

1) Componente	Ventilador	Probeta
2) Función	Distribución de la flama	Controla temperatura
3) Modo de falla	Suciedad	Falla en la resistencia
4) Causa de la falla	Decoloración de la flama	No hay transmisión correcta de temperatura al temporizador
5) Efectos de la falla	El tiempo de calentamiento aumenta	Mala calidad en el producto terminado
6) Detección de la falla	Ninguna	Ninguna
8) Frecuencia de falla	Posiblemente III	Posiblemente III
9) Gravedad de los efectos	Grado II Menor	Grado II Menor
10) Observaciones	Ninguna	Se recomienda tener cuidado en el manejo y conexión del cable de la probeta, al hacer los mantenimientos preventivos semanales

6.3. Beneficios y Limitaciones

Los modos de falla y el análisis de efectos concentran los posibles componentes de falla identificables y sus efectos en el sistema. Las deficiencias en el sistema pueden ser corregidas ya que existen programas que las detectan y los modos de falla pueden priorizarse de acuerdo a su frecuencia y a su grado crítico.

La limitación de los modos de falla y análisis de efectos es que solo puede hacerse uno a la vez, es decir, cada uno debe considerarse individualmente.

6.4. DOCUMENTACION

En la documentación final puede incluirse:

- 1. Extensión del análisis.**
- 2. Lista de los componentes.**
- 3. Hojas FMEA.**

Las referencias tales como dibujos, especificaciones, reporte, datos, vendedores, etc, deberán tener la información claramente identificada.

Los modos de falla y análisis de efectos pueden conducir a diferentes formulaciones de etapas en el proceso de diseño (durante la parte conceptual, preliminar o final), por lo que las hojas FMEA deben ser actualizadas y deben tener una numeración progresiva.

CAPITULO VII

CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS

7.1. INTRODUCCION

El tema que se esta tratando en este estudio es de confiabilidad de un equipo electrico. Por lo que se deberan hacer una serie de calculos necesarios para obtener la información que defina la confiabilidad en el equipo que estamos estudiando.

7.2. CONSTRUCCION DE UNA HOJA DE PROBABILIDAD WEIBULL UTILIZANDO UNA HOJA DE CALCULO.

Los datos que se presentan en la tabla 7.1. so los tiempos en los que se presentaba una falla en el equipo en estudio. Con esta información se realizaran las distintas operaciones para calcular el grado de confiabilidad del equipo.

Los datos se fuerón almacenando en la columna (A) donse se coloca el número de evento que va sucediendo y en la columna (B) el tiempo en el que ocurrio la falla. A continuación se indica la forma de llenado de las tablas de datos.

1) Llenado de las columnas A - F:

COLUMNA

A:	Número de eventos (j)
B:	Tiempo de Falla (Hrs)
C:	Posición en la Gráfica $F(t) = (j - 0.3) / (n + 0.4)$
D:	Logaritmo Natural de t $\ln(t)$
E:	$\ln(\ln(1/(1-F(t)))) = \ln(\ln(1/(1-C)))$
F:	Regresión Lineal ($y = A + Bx$)

Ver tabla 7.1

2) Estimación de Parámetros:

Los siguientes datos que se presentan son los resultados que se obtienen en la regresión lineal de la tabla 7.1. columnas D y E. Donde Beta y Theta son las constantes A y B; en la ecuación de la recta ($y = A + Bx$), y estas columnas se utilizan para obtener los datos de la columna F de la tabla 7.1.

7.2.1. Desarrollo de la Regresión Lineal.

Desarrollar la Regresión Lineal donde:

- Variable Independiente $\ln(t)$ (Columna D)
- Variable Dependiente $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ (Columna E)

Beta = Coeficiente x

Theta = $\exp(- \text{Coeficiente Constante} / \text{Beta})$

Ver tabla 7.2

3) Graficación:

Columna	
D:	Serie x
E:	Datos Observados
F:	Distribución Weibull estimada

Ver Gráfica 7.1

CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS 97

HOJA DE PROBABILIDAD WEIBULL

A	B	C	D	E	F
j	t(falla)	F(t)	ln(t)	lnx(1/R)	lnx(1/Res)
1	11280	0.015	9.331	-4.208	-4.095
2	12240	0.036	9.412	-3.310	-3.795
3	16320	0.057	9.700	-2.836	-2.735
4	18000	0.078	9.798	-2.510	-2.374
5	19008	0.099	9.853	-2.259	-2.174
6	20884	0.120	9.936	-2.055	-1.866
7	21072	0.141	9.956	-1.881	-1.794
8	21384	0.162	9.970	-1.730	-1.740
9	21432	0.184	9.973	-1.596	-1.732
10	23616	0.205	10.070	-1.474	-1.374
11	24096	0.226	10.090	-1.363	-1.300
12	24432	0.247	10.104	-1.261	-1.249
13	24696	0.268	10.114	-1.165	-1.210
14	25056	0.289	10.129	-1.076	-1.156
15	25344	0.310	10.140	-0.991	-1.114
16	25584	0.331	10.150	-0.911	-1.079
17	26040	0.352	10.167	-0.834	-1.014
18	26112	0.373	10.170	-0.760	-1.004
19	26808	0.395	10.196	-0.690	-0.907
20	28584	0.416	10.261	-0.621	-0.671
21	29928	0.437	10.307	-0.555	-0.502
22	30504	0.458	10.326	-0.491	-0.432
23	32688	0.479	10.395	-0.428	-0.177
24	33768	0.500	10.427	-0.367	-0.057
25	33960	0.521	10.433	-0.306	-0.036
26	34272	0.542	10.442	-0.247	-0.003
27	34536	0.563	10.450	-0.188	0.028
28	34800	0.584	10.457	-0.130	0.054
29	35352	0.605	10.473	-0.072	0.112
30	35472	0.627	10.476	-0.015	0.124
31	36024	0.648	10.492	0.042	0.181
32	36360	0.669	10.501	0.100	0.215
33	36408	0.690	10.503	0.158	0.220
34	37656	0.711	10.536	0.216	0.344
35	37752	0.732	10.539	0.275	0.353
36	38592	0.753	10.561	0.336	0.434
37	38808	0.774	10.566	0.398	0.455
38	39000	0.795	10.571	0.462	0.473
39	40008	0.816	10.597	0.528	0.567
40	40368	0.838	10.606	0.597	0.600
41	40584	0.859	10.611	0.671	0.620
42	40800	0.880	10.616	0.751	0.639
43	41208	0.901	10.626	0.836	0.676
44	42024	0.922	10.646	0.936	0.748
45	42360	0.943	10.654	1.053	0.778
46	42552	0.964	10.658	1.202	0.794
47	43200	0.985	10.674	1.439	0.850

TABLA 7.1

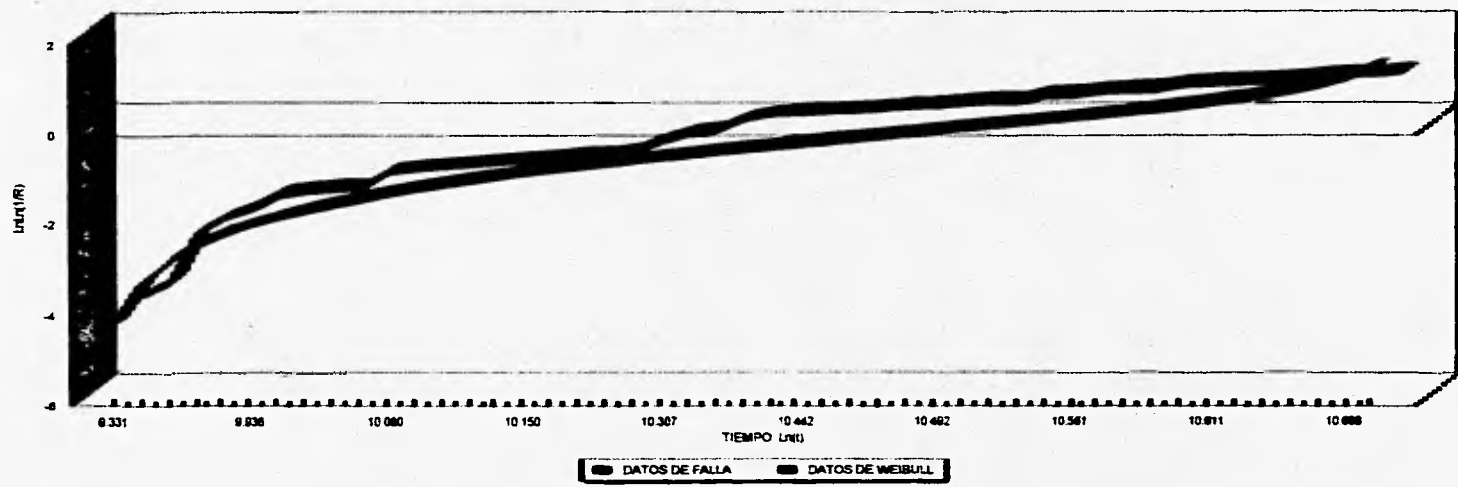
CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS 98

RESULTADOS DE REGRESION LINEAL

BETA=-37.4772	
THETA=3.588	
Resultado regresión	
Constante	-37.4772
Error de estim. Y	0.237892
Coef. determinac.(r²)	0.962722
Tamaño de la muestra	47
Grados de libertad	45
Coeficiente(s) X	3.588
Error coef. X	0.1053

TABLA 7.2

COMPORTAMIENTO DE LA FREIDORA



GRAFICA 7.1

CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS 100

A continuación se utilizaran los datos de falla de la freidora, para obtener: MTTF (Tiempo Medio entre Fallas), MTTR (Tiempo Medio entre Reparaciones), Disponibilidad y No Disponibilidad del equipo (ver tabla 7.3)

Columna

- A: Número de Eventos
- B: Tiempo de Falla (Hrs)
- G: Tiempo de Trabajo de la Freidora (Hrs)
- N: Tiempo de Reparación de la Falla (Hrs)

En la tabla 7.4 tenemos los resultados:

$$MTTF = (\text{Sum}(\text{Tiempo de Falla}) / \text{Total de Fallas}) = (\text{Sum}(t(\text{Falla}))) / 47$$

$$MTTR = (\text{Sum}(\text{Tiempo de Reparación})) / \text{Total de Fallas} = (\text{Sum}(t(\text{Reparación}))) / 47$$

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTTF} / (\text{MTTF} + \text{MTTR}) = A(t)$$

$$\text{No Disponibilidad } U(t) = 1 - A(t)$$

En la tabla 7.5 tenemos los costos de reparación así como los costos por hora de reparación.

Columna

- M: Costo de la Reparación (Mano de Obra y Refacciones)
- O: Costo por Hora de la Reparación

En la tabla 7.6 tenemos la Producción Total de Papas en Libras, por año, día y hora; así como las porciones elaboradas cada hora y su costo de producción. También tenemos el costo de lo perdido en el periodo de estudio.

CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS

TABLA DE TIEMPOS

A	B	G	N
j	t(falla)	t(trabajo)	t(Reparación)
1	11,280	11,280	568
2	12,240	960	914
3	16,320	4,080	1,243
4	18,000	1,680	623
5	19,008	1,008	561
6	20,664	1,656	380
7	21,072	408	104
8	21,384	312	31
9	21,432	48	651
10	23,616	2,184	396
11	24,096	480	249
12	24,432	336	104
13	24,696	264	166
14	25,056	360	373
15	25,344	288	135
16	25,584	240	249
17	26,040	456	50
18	26,112	72	210
19	26,808	696	656
20	26,584	1,776	746
21	29,928	1,344	530
22	30,504	576	951
23	32,688	2,184	663
24	33,768	1,080	100
25	33,960	192	145
26	34,272	312	259
27	34,536	264	186
28	34,800	264	255
29	35,352	552	75
30	35,472	120	166
31	36,024	552	287
32	36,360	336	12
33	36,408	48	300
34	37,656	1,248	50
35	37,752	96	313
36	38,592	840	179
37	38,808	216	166
38	39,000	192	392
39	40,008	1,008	210
40	40,368	360	192
41	40,584	216	197
42	40,800	216	247
43	41,208	408	435
44	42,024	816	300
45	42,360	336	100
46	42,552	192	249
47	43,200	648	876

TABLA 7.3

CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS:102

TABLA DE DISPONIBILIDAD

MTTF	MTTR
919.149	345.536
DISPONIBILIDAD	
A(t)	
0.727	
NO DISPONIBILIDAD	
U(t)	
0.273	

TABLA 7.4

CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS 0103

TABLA DE COSTOS

A	B	G	M	N	O
j	t(falla)	t(trabajo)	COSTO	t(Reparación)	COSTO(Hr)
1	11280	11280	\$245.40	568	\$0.43
2	12240	960	\$495.13	914	\$0.54
3	16320	4080	\$119.79	1,243	\$0.10
4	18000	1880	\$177.84	623	\$0.29
5	19008	1008	\$252.00	561	\$0.45
6	20884	1656	\$490.83	380	\$1.29
7	21072	408	\$199.44	104	\$1.93
8	21384	312	\$286.20	31	\$9.24
9	21432	48	\$96.00	651	\$0.15
10	23616	2184	\$203.25	396	\$0.51
11	24096	480	\$181.85	249	\$0.73
12	24432	336	\$153.80	104	\$1.48
13	24696	264	\$139.17	166	\$0.84
14	25056	360	\$687.30	373	\$1.84
15	25344	288	\$165.25	135	\$1.38
16	25584	240	\$259.08	249	\$1.04
17	26040	456	\$56.89	50	\$1.13
18	26112	72	\$111.15	210	\$0.53
19	26808	696	\$687.30	656	\$1.05
20	26584	1776	\$51.33	746	\$0.07
21	29928	1344	\$143.85	530	\$0.27
22	30504	576	\$53.13	951	\$0.06
23	32688	2184	\$112.80	663	\$0.17
24	33768	1080	\$34.65	100	\$0.35
25	33960	192	\$136.65	145	\$0.94
26	34272	312	\$46.45	259	\$0.18
27	34536	264	\$250.35	186	\$1.34
28	34800	264	\$144.24	255	\$0.57
29	35352	552	\$88.65	75	\$1.16
30	35472	120	\$142.80	166	\$0.66
31	36024	552	\$177.00	287	\$0.62
32	36360	336	\$127.95	12	\$10.66
33	36408	48	\$929.25	300	\$3.10
34	37656	1248	\$71.85	50	\$1.44
35	37752	96	\$292.16	313	\$0.93
36	38592	640	\$159.00	179	\$0.89
37	38808	216	\$929.25	166	\$5.81
38	39000	192	\$61.36	392	\$0.16
39	40008	1008	\$109.35	210	\$0.52
40	40368	360	\$207.21	192	\$1.08
41	40584	216	\$84.45	197	\$0.43
42	40800	216	\$175.20	247	\$0.71
43	41208	408	\$43.20	435	\$0.10
44	42024	816	\$723.90	300	\$2.41
45	42360	336	\$190.80	100	\$1.91
46	42552	192	\$155.01	249	\$0.62
47	43200	648	\$93.87	876	\$0.11
		43200	\$10,763.02	16,240	\$0.66

TABLA 7.5

TABLA DE RESULTADOS

	AÑO	PRODUC S	VENTAS S	DIA (Lb)	HORA (Lb)	PORCIONES	PRODUC S	VENTAS S
1º	279 498	\$1.636 08	\$2.454 13	765 75	51 05	233	\$559 20	\$838 80
2º	271 263	\$1.587 88	\$2.381 82	743 19	49 55	226	\$542 40	\$813 60
3º	353 309	\$2.068 15	\$3.102 23	967 97	64 53	294	\$705 60	\$1.058 40
4º	250 676	\$1.467 37	\$2.201 06	686 78	45 79	209	\$501 60	\$752 40
5º	314 840	\$1.842 96	\$2.764 45	862 57	57 50	262	\$628 80	\$943 20
							\$2.937 60	\$4.406 40
TENIENDO 16,240 HRS DETENIDA LA MAQUINA								
DEBIO DE PRODUCIR 59 64 Lb POR HORA					A UN COSTO DE		\$143 14	
POR COSTO DE HRS NO TRABAJADAS EN EL PERIODO DE ESTUDIO MAS EL MANTENIMIENTO SE PERDIO								
MANTENIMIENTO COSTO POR FALTA DE PRODUCCION								
		\$10.763 02	+	\$2.324.557 89	=		\$2.335.320.91 37.77%	
PRODUCCION REAL DE PAPAS EN LA FREIDORA								
Hrs TRABAJADAS								
		26 959 60	X	\$143 14	=		\$3.858.917.31 62.47%	
PRODUCCION NETA DE LA FREIDORA EN S				PRODUCCION NETA SIN FALLA EN S				
		\$3.848.154.29		\$6.183.475.20				
		62.23%						

TABLA 7 6

CALCULO DE FALLA Y ANALISIS DE RESULTADOS 104

CONCLUSIONES

En años recientes la apertura en México de diferentes franquicias de comida rápida han estimulado diversas áreas de la Ingeniería, tal es el caso de la "Confiabilidad".

La confiabilidad es una de las características más importantes de la calidad de un producto. Al consumidor le interesa que el producto que adquiere tenga una alta probabilidad de funcionar bien durante un tiempo razonable. Al fabricante le interesa satisfacer decorosamente los requerimientos del mercado.

Los estudios de confiabilidad permiten conocer la probabilidad de buen funcionamiento del producto y sus partes, sirviendo para el mejoramiento de la calidad del producto. Así como también permite planear las facilidades necesarias para otorgar un buen servicio de garantía, mantenimiento y venta de refacciones.

Un producto de calidad puede producirse únicamente cuando la máquina o proceso con que se elabora puede mantener las tolerancias especificadas. Cuando el equipo no puede satisfacer estas tolerancias, el costo se incrementa en forma de desecho, proceso o ambos.

El tiempo es un factor muy importante en la capacidad del proceso, ya que los cambios en el nivel de calidad ocurrirán cuando se desgastan las herramientas o son reemplazadas, cuando los operarios hacen los ajustes correctivos, cuando los materiales cambian o se varían, cuando se desgasta el equipo de medición o cualquier combinación de cambios es significativa.

Es por esto que el estudio presentado surgió de los problemas que resultaron en un aparato eléctrico. Tal fué el caso específico de la freidora de papas en un restaurante de comida rápida en los primeros cinco años de funcionamiento en México. Por ser una empresa transnacional el entorno no estaba bien medido y causó que se sobrepasara el servicio y que el gasto fuera más fuerte de lo que se esperaba. Los problemas que se presentaron fueron ocasionados debido a la demanda, uso excesivo y mal entrenamiento en el manejo y en los mantenimientos preventivos y correctivos.

Anteriormente se definió a la confiabilidad de una máquina como la longevidad de está y el gasto del mantenimiento total durante el tiempo de vida de la misma. Esto requiere que se mantengan registros muy completos junto con la estrecha coordinación entre control de calidad, mantenimiento y producción. Si se cumple esto debidamente, se generará información muy útil para hacer comparaciones entre máquinas diferentes que realicen trabajos similares.

Dado que la freidora de papas es un elemento importante en el sistema de producción, éste empieza a tener grandes dimensiones cuando se le reduce su vida útil.

la demanda fué tan alta que la freidora fué sometida a una vida acelerada con mantenimientos calendarizados para una vida útil normal.

Para evitar que la demanda fuera más alta que la producción, la solución fué utilizar una freidora en la que se cocinaba otro tipo de producto, afectando así la calidad del producto final.

Uno de los resultados que se obtuvo en el estudio realizado nos dice que el aumento del costo por mantenimiento fue del 37.77% tomando en cuenta el tiempo en que la máquina no produjo.

Otro de los resultados fue la comparación del porcentaje de pérdidas contra el de ganancias, resultando que las pérdidas son más de la mitad de las ganancias, lo que resultó que el equipo en estudio no daba los rendimientos esperados.

Haciendo los estudios económicos pertinentes recomendados que, en la compra de equipo de importación, éstos vayan acompañados de una póliza de garantía que incluya una curva característica de su desempeño, una curva de vida útil, las pruebas y resultados del prototipo, las condiciones de trabajo y un calendario de mantenimiento correctivos y preventivos.

En México estos equipos tienen una póliza de garantía que está amparada por la casa distribuidora autorizada.

Nuestros resultados finales fueron primeramente, que éste equipo no sirvió para la carga de trabajo a la que fué sometido y que por tener un gasto mayor debido a la sobrecarga de trabajo y a que los mantenimientos no fueron programados de acuerdo a la demanda, en cualquier periodo de vida en el que se encuentre es mejor cambiar la freidora por una nueva que estar gastando en reparaciones y refacciones.

Ahora bien nuestras recomendaciones en la compra de equipo de importación o nacional, si se tiene un estimado de ventas y demanda, es comprar un equipo de mayor capacidad, para poder evitar los posibles incrementos de demanda y de producción y así evitar una vida acelerada y mantenimientos inadecuados. También recomendamos tener un equipo de reserva de menor capacidad, siempre y cuando se hagan los estudios económicos pertinentes para que se puedan satisfacer las necesidades en caso de que el equipo de planta falle.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Reliability in Engineering Design.**
KC Kapur
LR Lamberson
Wiley

- 2.- Probability Concepts in Linear Problems.**
Vol I
Ang
Lang

- 3.- Los Metodos de la Calidad Total.**
Patrick Lyonnet
Ediciones Diaz de Santos S.A.

- 4.- Guide to Reliability Engineering.**
Data, Analysis, Applications, Implementation, and Management.
C. (Raj) Sundararajan, Ph.d.
Van Nostrand Reinhold.

- 5.- Pequeño Larousse Técnico.**
Editorial Larousse