

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

**“METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE LA GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO EN OBRAS SANITARIAS”.**

Realizado por:

Escobar A., Andrea G.

García M., Mirca L.

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de
Oriente como Requisito Parcial para optar al Título de:**

INGENIERO CIVIL

Barcelona, Mayo de 2010

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

**“METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE LA GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO EN OBRAS SANITARIAS”.**

Realizado por:

Escobar A., Andrea G

García M., Mirca L.

Revisado y Aprobado Por:

Prof. Morales Hilda

Asesor Académico

Barcelona, Mayo de 2010

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**



**“METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE LA GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO EN OBRAS SANITARIAS”**

El Jurado hace constar que asignó a esta tesis la clasificación de:

Asesor:

Prof. Hilda Morales

Asesor Académico

Jurado:

Prof. Ana Ghanem

Jurado Principal

Prof. Marielys Gomez

Jurado Principal

Barcelona, Mayo de 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 57 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Para la aprobación definitiva de los cursos especiales de grado como modalidad de trabajo de grado, será requisito parcial la entrega a un jurado calificador, de una monografía en la cual se profundice en uno o más temas relacionados con el área de concentración”

DEDICATORIA

Especialmente a mis padres Magaly Aular y Jorge Escobar por brindarme su apoyo incondicional, darme el ánimo cuando lo necesite y todo lo necesario para alcanzar tan anhelado éxito, por ustedes y mi dedicación soy lo que soy “Ing. Civil y más que eso” siéntanse orgullosos por eso viejitos.

A mis hermanitas Jorgi y Kari, demostrándoles que siempre se logran los objetivos que te propongas en la vida. Para ustedes, que ya están emprendiendo este camino universitario sigan adelante y confíen siempre en ustedes mismas y cuenten conmigo como siempre.

A mi familia paterna y materna, para que vean que con todo lo que disfrute saliendo en este camino aquí está mi título.

*Andrea Georgina Escobar
Aular*

DEDICATORIA

Les dedico esta obra a Dios y a mis padres: Carlos y Mirna, por darme la vida y por su apoyo incondicional, espero estén orgullosos y a mi hermano Carlos Eduardo B. que siempre será mi hermanito pero que espero poder decirle en un futuro cercano Colega.

Mirca Leonor García Maza

AGRADECIMIENTOS

A Dios por dar la vida por mí, por darme la capacidad de sobrellevar las cosas, la inteligencia y el entusiasmo. Mil gracias por ser tan especial conmigo iluminándome el camino que debía seguir y sobre todo por atender mi llamado y ayudarme en los momentos que pensaba que no iba a poder pero que nunca deje de perder las esperanzas y la fe en ti mi señor “Te Amo”. Con tu presencia mi esfuerzo de ser profesional valió la pena.

A mis viejos por darme el derecho a vivir, formarme en la persona que soy, enseñarme que no hay darse por vencida y luchar por lo que se quiere, así mami como lo hiciste tú al lograr la licenciatura” Eres la mejor porque con tu valentía y fuerzas has hecho que nosotras tus bebas pensemos en nuestro futuro como mujeres” y papi porque a pesar de todo eres el que nos orienta para que veamos más allá y seamos mejores profesionales brindándonos tus conocimientos y esfuerzo para tener lo que necesitamos. Este título lo alcance por el apoyo de ambos, agradezco todo lo que me dieron. ¡Los Amo y Admiro!

A mis hermas por apoyarme en todo momento, ayudarme en esos momentos en los que estaba presionada y no tenía mucho tiempo para hacer las cosas, por darme ánimos y gracias por respetar mis horas de estudios, saben que las Amo gallitas.

A toda mi familia Escobar Aular, a aquellos tíos y pimos que estuvieron pendiente de ayudarme y apoyar, en especial a mis abuelos: Hilda que siempre me consiente, Vicenta, Cruz y Pio que seguro me guiaron e iluminaron desde el cielo. “Los Quiero Muchote family”

A mi amiga y compañera desde que emprendimos nuestro cambio de carrera Mirca García, muchas gracias por tú ayuda en las veces de tortura en donde me explicabas y apoyabas, y lo logramos juntas futura Socia, sabes que eres especial para mí y que a pesar de todos tus regañitos “Te Quiero Mucho”. También a tú familia Carlos, Mirna y Carlitos gracias por el apoyo.

A mis amigos desde el inicio en nuestro camino por la UDO y que son únicos: Adri, Jonathan, las socias Flor y Frange, el team Madagascar b.k.o.p.j.r., Ale p., falie, gracias por su apoyo, ánimo y por todas esas aventuras que hemos pasado que nunca olvidare, hicieron que mi camino por la universidad fuera divertido.” Los Quiero Mucho” Ahora si todos profesionales.

A mi combo de amigas colegas: la gemelita Carlota, negrita Anita, Adri la amix Lili, Pau, que me apoyaron y fueron de gran ayuda para alcanzar esta meta de ser Ingeniera, “las Quiero Mucho” igualmente agradezco a los niños del grupo Luis y Armando, y a esos compañeros que me ayudaron en los momentos de estudio grupal. Coleguitas ustedes también hicieron mi camino más divertido. ¡Rumbo al éxito!

A los profesores que estuvieron presentes en mi carrera y con sus enseñanzas permitieron ser de mí una profesional, a la empresa Hidrocaribe y a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a lograr una de mis metas en la vida “ser Ing. Civil”.

A todos por ser personas especiales, mil gracias.!!.

Andrea Georgina Escobar Aular

AGRADECIMIENTOS

Lo valioso de los triunfos es perseverar y llegar a la meta, hoy estoy culminando una de ellas gracias a mis esfuerzos y también a la gran cantidad de personas a las que debo mis palabras de agradecimiento:

A Dios nuestro señor, por dotarme de inteligencia, fortaleza y por permitirme llegar hasta donde estoy, gracias por lo que soy y por lo que tengo.

A mis Padres porque gracias a su amor, confianza, exigencias, a su apoyo y al ejemplo que me han dado de honradez y responsabilidad, es que me he esforzado por llegar a esta meta, gracias por no dejarme desfallecer y por impulsarme a ser cada día mejor.

A mi hermano por darme su apoyo, por ser mi amigo, y por estar allí siempre que lo necesito.

A mis abuelas por darme apoyo moral y entusiasmo para que sea una profesional, espero se sientan orgullosas.

A mi compañera de áreas Andrea Escobar por estar conmigo desde el principio en la Universidad y por seguir a mi lado a pesar de los regaños, amiga lo logramos!... y a su familia por recibirme en su hogar esos largos días de estudio, gracias por brindarme su afecto.

A mis amigos de contaduría incluyendo a los que se cambiaron de carrera conmigo, y al team Madagascar, porque con ustedes inicie esta nueva etapa en mi vida, gracias por brindarme su amistad y por hacer más divertida mi vida, siempre los tengo presente.

A mis amigos de Civil que han compartido conmigo su amistad, horas de estudio y dedicación, espero que todos podamos terminar esta meta y seguir siendo amigos éxito a todos los quiero.

A los profesores que gracias a su labor me han formado para ser una profesional.

A todos los que participaron y colaboraron en la elaboración de esta monografía y a todos aquellos que de una u otra forma estuvieron allí cuando los necesite.

A todos ustedes muchas gracias.

Mirca Leonor García Maza

RESUMEN

Este estudio fue realizado con el objeto de proponer una Metodología para el control de la gestión de mantenimiento en obras sanitarias, que sirva como guía en el área de mantenimiento para los estudiantes del departamento de ingeniería civil, Núcleo Anzoátegui. Para dar una mejor explicación de la metodología propuesta se seleccionó a la estación de bombeo “La Caraqueña”. Se emplearon las fallas que presentan los equipos de dicha estación con la información suministrada y recolectada en las visitas directas con los operadores. Con estos datos se procedió a comparar los métodos de control de gestión para escoger el más favorable de acuerdo a la aplicación del mantenimiento, por medio de los indicadores. Se realizó el cálculo de la metodología en la estación de bombeo para evaluar el desempeño de los equipos y así proponer el programa de mantenimiento con el fin de disminuir las fallas y las paradas no programadas en la estación.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido a las consideraciones demandadas por el mercado, se encuentra un estado de transición en la que la excelencia es considerada parte del producto, por ello sería inconcebible que el Mantenimiento no existiera, siendo función importante de apoyo a la producción, y por ende parte de la organización empresarial.

Eventualmente, las empresas tienen latente el reto de cómo mejorar sus actividades de Gestión del Mantenimiento para ser más sostenibles, juegan su capacidad competitiva por la cantidad y calidad de los recursos que se comprometen en el área de mantenimiento, debido a que ésta sirve para generar beneficios a su más inmediato grupo de interés como es, el área de producción.

En las organizaciones de obras sanitarias, el mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua consiste en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras y conseguir que éstas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente.

La estrategia de mantenimiento tiene una gran influencia en los costos de funcionamiento, lo que es particularmente evidente en dos áreas: Si no se realiza un mantenimiento de las bombas, ciertas características de diseño, como son la capacidad de transporte de textiles y otros materiales similares, pierden su eficacia y aumenta el número de atascos. Además, se reduce el rendimiento del equipo con lo que se alargan los tiempos de funcionamiento y se incrementan los costos energéticos.

El segundo aspecto en el que influye es en la planificación del mismo. En muchos casos, podemos apreciar una tendencia en el mercado a que los equipos funcionen hasta su destrucción en el caso de bombas pequeñas de obras sanitarias y después reemplazarlas.

Es necesario proponer una metodología para el control de gestión de mantenimiento de obras sanitarias y así desarrollar correctamente las necesidades y/o prioridades de la función de mantenimiento, para lograr los efectos adecuados, a través de la mejora en cuanto a eficacia y eficiencia de procesos con lo cual alcanzar la excelencia operativa.

Esta monografía, estructurada en capítulos, es un complemento a la investigación del mantenimiento de obras sanitarias que junto a las

monografías de análisis de fallas y análisis de confiabilidad, aplica la metodología señalada en un ejemplo de cálculo, realizado en la estación de bombeo de “La Caraqueña” ubicada en Puerto La Cruz.

ÍNDICE

RESOLUCIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
AGRADECIMIENTOS	IX
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
ÍNDICE	XIV
CAPITULO I	XX
EL PROBLEMA	XX
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XX
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 <i>Objetivo General.....</i>	21
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	21
CAPITULO II	23
MARCO TEÓRICO.....	23

2.1 ANTECEDENTES	23
2.2 MANTENIMIENTO	23
2.2.1 <i>Objetivos del Mantenimiento</i>	24
2.2.2 <i>Tipos de Mantenimiento</i>	25
2.2.2.1 Mantenimiento Detectivo	25
2.2.2.2 Mantenimiento Correctivo	25
2.2.2.3 Mantenimiento Preventivo	25
2.2.2.4 Mantenimiento Mejorativo o Rediseño	26
2.2.2.5 Mantenimiento Predictivo	26
2.2.2.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	26
2.2.3 <i>Funciones del Mantenimiento</i>	27
2.2.4 <i>Formas de Estructura de la Organización de Mantenimiento</i>	27
2.2.4.1 Mantenimiento de Área	27
2.2.4.2 Mantenimiento Centralizado	28
2.2.4.3 Mantenimiento Área Central	28
2.2.5 <i>Actividades Básicas de un Sistema de Mantenimiento</i>	29
2.3 OBRAS SANITARIAS	30
2.3.1 <i>Mantenimiento de las Obras Sanitarias</i>	30
2.3.1.1 Revisión de la Línea de Conducción:	32
2.3.1.2 Revisión de válvulas:	33
2.3.1.3 Revisión al Tanque de Distribución:	33
2.3.2 <i>Personal de Mantenimiento</i>	33
2.4 ESTACIONES DE BOMBEO	34
2.4.1 <i>Descripción</i>	35
2.4.2 <i>Operación de las estaciones de bombeo</i>	37
2.4.2.1 Criterios de operación	37
2.4.2.2 Controles	37
2.4.2.3 Reportes del control	38
2.4.3 <i>Mantenimiento de la estación de bombeo</i>	39
2.4.3.1 Mantenimiento preventivo de Estaciones de bombeo ...	39
2.4.3.2 Mantenimiento correctivo en Estaciones de Bombeo. ...	42
2.4.4 <i>Equipos de reserva</i>	45
TABLA 1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBA CENTRIFUGAS DE EJE HORIZONTAL.....	46
2.5 GESTIÓN	47
2.5.1 <i>Funciones Básicas del Proceso de Gestión</i>	47
2.5.2 <i>Gestión de Mantenimiento</i>	48
2.5.3 <i>Importancia de la Gestión de Mantenimiento</i>	49
2.5.4 <i>Funciones Básicas del Proceso de Gestión de Mantenimiento</i>	49
2.6 CONTROL COMO PROCESO ADMINISTRATIVO	50

2.7 CONTROL DE GESTIÓN	53
2.7.1 Sistema de Control de Gestión.....	54
2.7.2 Objetivos del Control de Gestión.....	55
2.7.3 Fundamentos del control de gestión.....	55
2.7.4 Los principios generalmente aceptados de control de gestión.....	55
2.7.5 Fases del Control de Gestión.....	57
2.7.6 Elementos que Componen el Control de Gestión.....	58
2.7.7 Aspectos a Considerar en el Control de Gestión del <i>Mantenimiento</i>	60
2.7.7.1 Factores Críticos del Éxito (FCE).....	60
2.7.7.2 Subsistema de Información.....	61
2.7.7.3 Indicadores	61
2.8 INDICADORES SEGÚN NORMA COVENIN 3049-93 MANTENIMIENTO. DEFINICIONES.....	62
2.8.1 Índices de Evaluación para el Control de Trabajo	62
2.8.2 Índice de Actuación del Factor Apoyo Logístico (AL)	63
2.8.3 Índices de Evaluación del Uso de Contratistas (UC)	64
2.8.4 Índice de Evaluación de la Organización (EO)	65
2.8.5 Índices de Evaluación del Factor Costo (IC)	66
2.9 INDICADORES SEGÚN GUÍA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO, AUTOR: DIÓGENES SUÁREZ.....	68
2.9.1 Indicadores Sugeridos para el Control de Equipos.....	68
2.9.2 Indicadores Recomendados para el Control de Trabajo <i>(Planificación y Personal de Mantenimiento)</i>	69
2.9.3 Indicadores para el control de costos.....	70
2.9.4 Indicadores Sugeridos para el Control de Materiales y <i>Repuestos</i>	71
2.10 ÍNDICES DE MANTENIMIENTO SEGÚN LIBRO SISTEMAS DE MANTENIMIENTO. AUTOR: SALIH O. DUFFUAA.....	72
2.10.1 Administración del Mantenimiento.....	72
2.10.2 Indicadores para la Eficacia del Mantenimiento	74
2.10.3 Costos de Mantenimiento.....	76
2.11 INDICADORES TÉCNICOS GENERALMENTE, SEGÚN TESIS DE CÁLCULO DE INDICADORES Y ANÁLISIS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO. AUTORES: GARCÍA Y SÁNCHEZ. (DPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL).....	79
2.11.1 Confiabilidad.....	80
2.11.2 Mantenibilidad	86
2.11.3 Disponibilidad	89
CAPITULO III	90
MARCO METODOLÓGICO	90

3.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	90
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	90
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	91
3.4 TÉCNICAS A UTILIZAR	91
3.4.1 Selección del Área de Estudio.....	91
3.4.2 Descripción del Sistema Operativo de la Estación de bombeo “La Caraqueña”.....	92
3.4.3 Inventario.....	95
3.4.4 Registro de Fallas de La estación de Bombeo “La Caraqueña”.....	95
CAPITULO IV.....	100
ANÁLISIS DE RESULTADOS	100
4.1 COMPARACIÓN DE INDICADORES PARA EL CONTROL DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	100
4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO	106
4.3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MÁS ADECUADA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO “LA CARAQUEÑA”	107
4.4 EJEMPLO DE CÁLCULO SOBRE LA ESTACIÓN DE BOMBEO “LA CARAQUEÑA”.....	107
4.5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO PARA LA ESTACION DE BOMBEO “LA CARAQUEÑA”	113
4.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS METODOLOGÍAS ENCONTRADAS	116
4.6.1 Diagrama General para seleccionar la metodologia adecuada	116
4.6.2 Diagrama de Flujo del Indicador de Confiabilidad	117
4.6.3 Diagrama de Flujo del Indicador de Mantenibilidad.....	118
4.6.4 Diagrama de Flujo del Indicador de Disponibilidad.....	119
CAPITULO V.....	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
5.1 CONCLUSIONES	120
5.2 RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXOS	125
ANEXO N°1. LOCALIZACIÓN DE FALLAS DE LA ESTACIÓN “LA CARAQUEÑA”	125
ANEXO N°2. PAPEL LOGARITMO-NORMAL GUMBELL TIPO 1	127

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBA CENTRIFUGAS DE EJE HORIZONTAL.....	46
TABLA 2: INVENTARIO DE EQUIPO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO “LA CARAQUEÑA”	96
TABLA 2: INVENTARIO DE EQUIPO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO “LA CARAQUEÑA”. (CONTINUACIÓN)	97
TABLA 3: REGISTRO DE FALLA DE ESTACIÓN “LA CARAQUEÑA”	98
TABLA 3: REGISTRO DE FALLA DE ESTACIÓN “LA CARAQUEÑA”. (CONTINUACIÓN)	99
TABLA 4: INDICADOR DE DISPONIBILIDAD	101
TABLA 5: INDICADOR DE ORDEN DE TRABAJO	102
TABLA 6: INDICADOR DE SOBRETIEMPO	103
TABLA 7: INDICADOR RELACIÓN DE MANTENIMIENTO	104
TABLA 8: INDICADOR DE COSTOS DE MANTENIMIENTO	105
TABLA 9: TABLA DE DATOS Y TOTALES DE LOS TIEMPOS A UTILIZAR	108
TABLA 10: PROBABILIDAD DE FALLA (P_F)	110
TABLA 11: PROGRAMA BASADO EN LAS FRECUENCIAS DE LAS FALLAS.	113
TABLA 11: PROGRAMA BASADO EN LAS FRECUENCIAS DE LAS FALLAS. (CONTINUACIÓN)	114

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	40
FIGURA N°2. ESQUEMA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.	48
FIGURA N°3: CONTROL COMO PROCESO ADMINISTRATIVO	53
FIGURA N°4: IMAGEN SATELITAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO “LA CARAQUEÑA”	92
FIGURA N°5: VISTA EN PLANTA ESTACIÓN DE BOMBEO “LA CARAQUEÑA”.	94
FIGURA N°6: GRAFICA TFS VS P _F EN PAPEL GUMBELL.....	111

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento Del Problema

En Venezuela las empresas hidrológicas se encargan de la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y recolección de aguas servidas. En los servicios que ellas prestan, se han detectado irregularidades en la calidad de los mismos, debido a que dentro de su plan de gestión integral no contemplan el mantenimiento como un objetivo principal. En el estado Anzoátegui la empresa que se encarga de ofrecer este servicio recibe el nombre de Hidrocaribe.

Esta región no escapa de la ausencia de un adecuado plan del mantenimiento lo que trae como consecuencia deficiencia en el suministro de agua potable, ya que solo se realiza mantenimiento del tipo correctivo paliativo a las obras sanitarias.

Debido a la situación antes mencionada, la Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui en sus áreas de grado, se ha visto en la necesidad de establecer una metodología del control de la gestión de mantenimiento la cual va a servir de base para estudios posteriores, dado que no se encuentra un manual enfocado a este tema que garantice el cumplimiento de las actividades en el tiempo de ejecución estipulado, con los recursos físicos y financieros asignados.

Las razones por las cuales se realiza la metodología del control del mantenimiento son prevenir o disminuir el riesgo de falla, recuperar el

desempeño, así como también, aumentar la vida útil de los equipos estableciendo las prioridades de mantenimiento que requiera cada uno de los sistemas.

Como parte del trabajo se va a elaborar a manera de ejemplo el análisis en una obra sanitaria existente en Puerto la Cruz, como lo es la estación de bombeo “La Caraqueña”, para ilustrar la metodología a desarrollar que servirá de base para trabajos de investigación futuros.

La metodología antes mencionada se realizará mediante la investigación acerca de las diferentes técnicas existentes para el control de gestión, así como también la realización de visitas a la estación de bombeo “La Caraqueña” y entrevistas con el personal encargado del departamento de mantenimiento de la empresa Hidrocaribe, los cuales nos permitirán conocer el historial de fallas y proponer las herramientas a utilizar para el control de gestión en el mantenimiento de las obras sanitarias.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Elaborar una metodología para el control de la gestión del mantenimiento aplicada a las obras sanitarias, basada en la selección del método más adecuado entre los sugeridos en las diferentes fuentes bibliográficas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1 Investigar acerca de los diferentes métodos existentes en la literatura para el control de la gestión del mantenimiento de obras sanitarias.

- 2 Comparar cada una de las metodologías encontradas para el análisis del control de gestión.
- 3 Seleccionar la metodología más adecuada para la aplicación en obras sanitarias.
- 4 Elaborar un diagrama de flujo de la metodología seleccionada.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

A continuación se indican algunos Trabajos de Investigación que se han realizado relacionados a esta área, los cuales sirven como referencia para el desarrollo de este proyecto:

En el año 2009, Landaeta realizó un Sistema Indicador de Gestión para el control del mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos de rehabilitación de pozos de una empresa de perforación y rehabilitación de petroleros.

En el año 2005, García y Sánchez desarrollaron el cálculo de indicadores y análisis de Gestión de Mantenimiento a la maquinaria de una empresa dedicada a la ejecución de obras civiles y electromecánicas.

2.2 Mantenimiento

Es el conjunto de acciones que permite conservar o reestablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.

Es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas.

Esta actividad debe ser susceptible a ser: planificada, dirigida y controlada a través de una gerencia de mantenimiento que tiene como funciones primarias: el control de los trabajos, equipos, materiales y costos. Estas funciones deben ser interconectadas por una base de datos que incluyan, entre otros, los registros de los equipos.

2.2.1 Objetivos del Mantenimiento

- ❖ Mejorar continuamente los equipos hasta su más alto nivel operativo, mediante el incremento de la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.
- ❖ Aprovechar al máximo los componentes de los equipos, para disminuir los costos de mantenimiento.
- ❖ Garantizar el buen funcionamiento de los equipos, para aumentar la producción.
- ❖ Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- ❖ Maximizar el beneficio global.

Según norma COVENIN 3049-93 Mantenimiento Definiciones: “El objetivo del mantenimiento es mantener un sistema productivo en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicio, a un costo global óptimo.”

2.2.2 Tipos de Mantenimiento

El Mantenimiento se clasifica según el momento de su ejecución en:

2.2.2.1 Mantenimiento Detectivo

Consiste en la inspección de las funciones, ocultas a intervalos regulares, para ver si han fallado, y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

2.2.2.2 Mantenimiento Correctivo

Es una actividad que se realiza después de la ocurrencia de una falla. El objetivo de éste tipo de mantenimiento consiste en llevar los equipos después de una falla a sus condiciones originales, por medio de restauración o reemplazo de componentes o parte de equipos, debido a desgaste, daños o roturas.

Tiene como ventaja que aprovecha al máximo la vida útil del equipo; no hay necesidad de detener el equipo ni velar por programaciones establecidas.

2.2.2.3 Mantenimiento Preventivo

Es una actividad planificada en cuanto a inspección, detención y prevención de fallas, cuyo objetivo es mantenerlos equipos bajo condiciones específicas de operación.

Se ejecuta a frecuencias dinámicas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, las condiciones operacionales, y la historia de fallas de los equipos.

Sus ventajas son incrementar la disponibilidad de los equipos y la seguridad, garantizar la planificación de los recursos y su desventaja el costo que implica la parada del equipo.

2.2.2.4 Mantenimiento Mejorativo o Rediseño

Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

2.2.2.5 Mantenimiento Predictivo

La acción de mantenimiento está basada en las condiciones actuales del equipo, tiene como ventaja que el mantenimiento está basado en las inspecciones programadas y en el monitoreo y como desventaja el elevado costo de los equipos y personal para el diagnóstico. Solo el 20% de los componentes causa el 80% de las fallas.

2.2.2.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Busca el mejoramiento permanente de la productividad industrial con la participación de todos, permite tener equipos de producción siempre listos y establece estrategias adecuadas para el aumento continuo de productividad.

2.2.3 Funciones del Mantenimiento

- ❖ Planificar, programar y ejecutar las actividades de mantenimiento.
- ❖ Instalar y controlar equipos y sistemas.
- ❖ Registrar, controlar y evaluar sus actividades.
- ❖ Registrar controlar y evaluar fallas.
- ❖ Desarrollar nuevas tecnologías del mantenimiento.
- ❖ Asesorar al departamento de adquisición de materiales y repuestos.
- ❖ Formación y adiestramiento de su personal.
- ❖ Garantizar la seguridad y eficiencia de los equipos al costo mas bajo posible.

2.2.4 Formas de Estructura de la Organización de Mantenimiento

La estructura de mantenimiento es la composición, localización y arreglo de los recursos para hacer frente de la mejor manera, a una carga de trabajo esperada. Se clasifican en:

2.2.4.1 Mantenimiento de Área

Subdivide al sistema productivo en varias partes geográficas y a cada una de ellas se asignan cuadrillas de personal para ejecutar las acciones de mantenimiento. Su objetivo es aumentar la eficiencia operativa, ya que estas pequeñas organizaciones se sitúan en las proximidades de los sistemas a los cuales sirven.

Se caracteriza por: mayor y menor control de personal por área, personal especializado en el área de trabajo, aumento de costos por

especialización funcional, mayor fuerza laboral, programación y prevenciones más ajustadas a la realidad, sistema de información más complejo y recomendable para sistemas productivos suficientemente grandes en distribución geográfica y diversidad de procesos y de personal.

2.2.4.2 Mantenimiento Centralizado

Es la concentración de los recursos de mantenimiento en una localización central. Se caracteriza por transferencia de personal de un lugar a otro donde exista necesidad de mantenimiento, personal con conocimiento del sistema productivo a mantener, bajo nivel de especialización en general comparado con el de área, reducción de costos por la poca especialización funcional.

2.2.4.3 Mantenimiento Área Central

Se aplica un macro sistema productivo, los cuales tienen organizaciones en situaciones geográficas alejadas, cantidades elevadas de personal y diversidad de procesos. En este tipo de entes organizacionales cada área tiene su organización de mantenimiento, pero todas manejadas bajo una administración central.

Independientemente del tipo de estructura de organización de mantenimiento requerida, se deben tener en cuenta como principios fundamentales el factor costo implicado, tipo de personal necesario y diversidad de procesos.

2.2.5 Actividades Básicas de un Sistema de Mantenimiento

El sistema de mantenimiento, es un conjunto coherente de políticas, procedimientos y normas que permiten ejecutar y controlar el mantenimiento mediante la realización de las siguientes actividades básicas:

- ❖ **Planificación e Inspección:** Es el proceso mediante el cual se determina y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo.
- ❖ **Ejecución del mantenimiento:** La ejecución se realiza basada en el “procedimiento de ejecución”, la cual se conoce como practica operativa. En este documento se encuentran los pasos y secuencia que deben seguir el personal de ejecución del mantenimiento para realizar el trabajo; además se indican las herramientas a utilizar y las medidas de seguridad que deben considerarse.
- ❖ **Actividades de Análisis y Control:** Se realizan con base a los resultados obtenidos sobre el funcionamiento de los equipos como consecuencia de un análisis de indicadores que periódicamente muestran los resultados del mantenimiento a nivel de la línea de producción.

En resumen la actividad y análisis de control se encarga de evaluar la gestión de mantenimiento, controlar los costos y recomendar mejoras a los estándares cuando correspondan.

2.3 Obras Sanitarias

Se entiende por obra sanitaria o infraestructura hidráulica a una construcción, en el campo de la ingeniería civil, donde el elemento dominante tiene que ver con el agua.

Generalmente se consideran obras hidráulicas:

- ❖ Estaciones de bombeo.
- ❖ Canales.
- ❖ Represas.
- ❖ Esclusas.
- ❖ Sistema de abastecimiento de agua potable.
- ❖ Sistema de recogida de aguas residuales.
- ❖ Sistemas de riego.
- ❖ Sistemas de drenaje.
- ❖ Defensas ribereñas.
- ❖ Recarga de acuíferos, Pozos de absorción.

2.3.1 Mantenimiento de las Obras Sanitarias.

El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua consistirá en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras y conseguir que éstas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente.

Para desarrollar las actividades de un mantenimiento correctivo en obras sanitarias se requiere:

- ❖ Reporte sobre la falla.
- ❖ Revisión y diagnóstico de la falla.
- ❖ Labores de reparación.
- ❖ Reporte final para efectos de control y estadística.

Los reportes de fallas son realizados generalmente por personal de operación; sin embargo, producto de una revisión o a través del público también pueden ser detectadas.

La atención de las fallas debe priorizarse de acuerdo a los siguientes aspectos:

- ❖ El tipo de estructura o equipo en cuestión.
- ❖ La magnitud de la falla.
- ❖ Como afecta la falla al abastecimiento de agua a la población.

Para las actividades de un mantenimiento preventivo es indispensable:

- ❖ Lista de equipos.
- ❖ Establecer procedimientos.
- ❖ Hacer la programación.
- ❖ Organizar y llevar un registro de datos.
- ❖ Producir la información.

Para programar la frecuencia entre revisiones existen tres criterios diferentes:

1. El primero considera que un equipo no debe trabajar períodos muy largos sin someterse a una revisión, este fija por tanto el tiempo máximo (número de horas, días, meses o años, según el caso) entre revisiones.
2. Establece que el desgaste es función del trabajo realizado y así define los períodos, por el número de horas trabajadas o por el de unidades que han intervenido (m^3 de agua, Km de recorrido, etc.).
3. Adopta los dos criterios y fija, como período, lo primero que se presente, por ejemplo, revisar un motor cada dos meses o cada 4,000 Km.

Algunas recomendaciones para dar mantenimiento a las partes del sistema son:

2.3.1.1 Revisión de la Línea de Conducción:

- ❖ Observar si hay deslizamiento o hundimiento de la tierra.
- ❖ Ver si existen áreas húmedas anormales sobre la línea; si es así, explorar la línea enterrada para controlar posibles fugas de agua.
- ❖ Abrir las válvulas de purga de lodo para evitar los sedimentos existentes.
- ❖ Verificar el buen estado y funcionamiento del flotador, de tal manera que permita la entrada de agua.

2.3.1.2 Revisión de válvulas:

- ❖ Revisar el buen funcionamiento de las válvulas, abrir y cerrar las válvulas lentamente para evitar daño a la tubería debido a las altas presiones.
- ❖ Observar que no haya fuga ruptura o falta de limpiezas, si existieran deben separarse o cambiarse.
- ❖ Esta actividad se puede hacer cada tres meses.

2.3.1.3 Revisión al Tanque de Distribución:

- ❖ Es importante realizar inspecciones cada tres meses y observar que el tanque no tenga grietas o filtraciones
- ❖ Revisar que la escalera que conduce a la parte superior, se encuentre en buenas condiciones.
- ❖ Inspeccionar que la tapa de visita esté en buenas condiciones.
- ❖ Verificar que el tanque esté limpio y con suficiente agua.
- ❖ Vigilar que las válvulas de limpieza, tubos de salida y distribución se encuentren en buen estado.

2.3.2 Personal de Mantenimiento

De acuerdo al régimen de funcionamiento de las estaciones de bombeo de 8 horas diarias, es recomendable contar como mínimo con dos operadores para el control de los equipos de bombeo y de los reservorios de almacenamiento.

Los requisitos básicos para el personal de la operación son los siguientes:

- ❖ Conocimientos técnicos elementales de los equipos que irá a operar.
- ❖ Raciocinio rápido para atender eficientemente las situaciones de emergencia.
- ❖ Noción de responsabilidad.

El personal de mantenimiento tiene los siguientes requisitos:

- ❖ Como mínimo tres personas: electricista, mecánico y albañil.
- ❖ Conocimientos técnicos avanzados en mecánica y electricidad y construcción civil.
- ❖ De preferencia debe haber un profesional responsable de la supervisión de los trabajos de mantenimiento.

Todo el personal de operación y mantenimiento, antes de asumir la función que se le asigne, debe recibir entrenamiento y capacitación de acuerdo al tipo de trabajo que realizará.

2.4 Estaciones de Bombeo

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que tiene la función de elevar el agua desde una cisterna o un pozo hacia un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

2.4.1 Descripción

Los componentes principales de una estación de bombeo son los siguientes:

- ❖ Cisterna o pozo: Sirven como fuente de agua para el equipo de bombeo.
- ❖ Motor: Son las máquinas que proporcionan energía a las bombas, cuyas características son de acuerdo al tipo de bomba a la cual van acopladas. La fuente de energía para los motores pueden ser eléctrica o de combustión.
- ❖ Caseta de bombeo: Casa que alberga al equipo de bombeo y al conjunto de tuberías que van conectadas a ellos. También sirve de alojamiento a tableros eléctricos, grupos electrógenos (si hubiesen), personal de operación, etc.
- ❖ Bombas: Son los equipos que transforman la energía mecánica proporcionada por un motor en energía potencial (altura de agua), logrando así la conducción del líquido desde un nivel inferior (fuente de agua) a otro superior (reservorio).

Las más utilizadas en pequeñas instalaciones de agua son de dos tipos: centrifugas de eje horizontal y de turbina de eje vertical.

- ✓ Centrifugas de Eje Horizontal: La disposición del eje de giro horizontal presupone que la bomba y el motor se hallan a la misma

altura; éste tipo de bombas se utiliza para funcionamiento en seco, exterior al líquido bombeado que llega a la bomba por medio de una tubería de aspiración.

Las bombas centrífugas, sin embargo, no deben rodar en seco, ya que necesitan del líquido bombeado como lubricante entre aros rozantes e impulsor, y entre empaquetadura y eje.

Como no son autoaspirantes requieren, antes de su puesta en marcha, el estar cebadas; esto no es fácil de conseguir si la bomba no trabaja en carga, estando por encima del nivel del líquido, que es el caso más corriente con bombas horizontales, siendo a menudo necesarias las válvulas de pie, (aspiración), y los distintos sistemas de cebado.

Como ventajas específicas se puede decir que las bombas horizontales, (excepto para grandes tamaños), son de construcción más barata que las verticales y, especialmente, su mantenimiento y conservación es mucho más sencillo y económico; el desmontaje de la bomba se suele hacer sin necesidad de mover el motor y al igual que en las de cámara partida, sin tocar siquiera las conexiones de aspiración e impulsión.

- ✓ De eje Vertical: Son equipos que tienen el eje transmisión de la bomba en forma vertical sobre el cual se apoya un determinado número de impulsores que elevan el agua por etapas. Deben ubicarse directamente sobre el punto de captación, por lo cual casi se limita su uso a pozos profundos.

Estas bombas se construyen de diámetros pequeños, a fin de poder introducirlas en las perforaciones de los pozos, los cuales exigen diámetros pequeños por razones de costo.

Las bombas verticales de turbina han llegado a un grado de perfección notable con rendimientos altos y determinadas ventajas hidráulicas.

2.4.2 Operación de las estaciones de bombeo

En las estaciones de bombeo la operación de la planta viene dada por lo siguiente:

2.4.2.1 Criterios de operación

- ❖ Eficiencia y seguridad en las operaciones.
- ❖ Operación de equipos e instalaciones con miras a la prolongación de su vida útil. Empleo racional de la capacidad instalada.
- ❖ Obtener información constante sobre el comportamiento de las instalaciones de manera que se pueda evaluar la operación y sus resultados para el control de la misma.

2.4.2.2 Controles

Para este efecto se necesita controlar los siguientes parámetros:

- ❖ Supervisar el funcionamiento de los equipos y elementos instalados en la estación, tableros eléctricos, accesorios mecánicos e hidráulicos.

- ❖ Mantener en funcionamiento los equipos, de acuerdo a las necesidades.
- ❖ Llevar un control de la operación, indicando por lo menos:
 - ✓ Número de equipos trabajando y horarios.
 - ✓ Hora de arranque.
 - ✓ Hora de parada.
 - ✓ Voltaje.
 - ✓ Amperaje.
- ❖ Mantener limpia y en orden todas las estructuras componentes de la estación.
- ❖ Cuidar la seguridad de los equipos ubicados en la estación.
- ❖ Reportar inmediatamente al profesional responsable cualquier situación extraordinaria que se pudiera presentar.
- ❖ Estado general de los componentes de la estación.
- ❖ Consumo de energía eléctrica y combustible.
- ❖ Tiempo de funcionamiento de las bombas.
- ❖ Niveles de operación.

2.4.2.3 Reportes del control

Los buenos resultados de la operación de las instalaciones y equipos se realizan teniendo en cuenta y evaluando lo siguiente:

- ❖ Ejecutar las actividades técnicas de acuerdo a los manuales específicos (de parte del proveedor).
- ❖ Suministro de datos e informaciones operacionales.
- ❖ Evaluación de indicadores de gestión.
- ❖ Acciones para el mejoramiento del servicio.

2.4.3 Mantenimiento de la estación de bombeo

El requerimiento específico para el mantenimiento de los equipos electromecánicos y los sistemas de control se encontrarán en el Manual de Operación y Mantenimiento (O&M) entregado por los proveedores del sistema. Sin embargo, enseguida se darán recomendaciones sobre el mantenimiento a ciertos componentes del sistema, que podría ser implementado por los responsables de la administración del sistema.

Es un requisito indispensable que el personal encargado de estos trabajos, previamente haya recibido capacitación y esté adecuadamente entrenado.

2.4.3.1 Mantenimiento preventivo de Estaciones de bombeo

La actividad de mantenimiento es en realidad la conservación en buen estado del funcionamiento de los equipos e instalaciones en la Estación de Bombeo de Agua.

Equipos, válvulas y accesorios por mantener:

- ❖ Compuerta de volante.
- ❖ Bombas.
- ❖ Tablero eléctrico.
- ❖ Válvulas y accesorios.
- ❖ Sistema de control de funcionamiento de bombas.

El mantenimiento preventivo se realizará para que las instalaciones y equipos se encuentren en óptimas condiciones y deberán efectuarse con una periodicidad establecida.

Es indispensable tener en cuenta los manuales del proveedor de los equipos y el manual de mantenimiento interno.

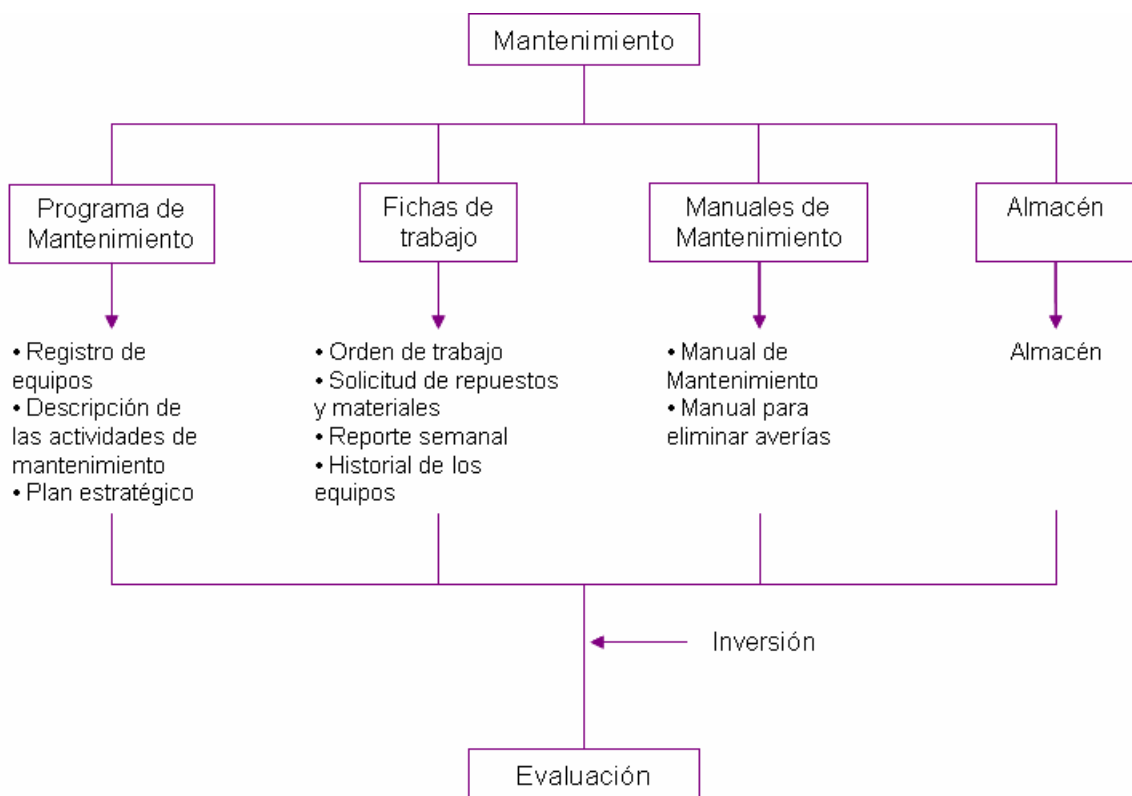


Figura N° 1: Organización del mantenimiento preventivo.

Fuente: Implementación del mantenimiento preventivo en los sistemas de abastecimiento de agua

El mantenimiento de rutina debe consistir en:

- ❖ Una revisión general de los equipos electromecánicos en condiciones operativas, sin abrir ninguna puerta, para verificar el sobrecalentamiento, deformación del tablero, caudal menor que el esperado, presión en la salida de la bomba menor que la esperada.
- ❖ Una verificación audible puede revelar una vibración en el contactor, uno donde los contactos están sucios o quemados y requiera reemplazo o limpieza, como corresponda.
- ❖ Verificar que todas las lámparas iluminen cuando la prueba de lámparas se opere.
- ❖ Con el interruptor desconectado y la puerta abierta, verificar que todas las cubiertas de seguridad están aún en su lugar, que la acción de abrir la puerta ha anulado la energía principal.
- ❖ Repetir la primera verificación para calor o evidencias de puntos calientes.
- ❖ Verificar que todos los pernos y tuercas de los cables de energía y barras de cobre al interruptor principal, contactores y terminales están ajustados y seguros.
- ❖ Las señales de quemado o calor requieren mayor investigación que puede conducir al reemplazo de cables, barras de cobre o contactores.
- ❖ Arrancar cada bomba a su turno, verificando la corriente inicial inducida y la corriente de operación. Si la corriente no está dentro de los límites esperados, verificar además por posibles problemas mecánicos.
- ❖ Verificar que los caudales y presiones esperados en la estación se obtienen durante los arranques individuales de la bomba.

- ❖ Las bombas son seleccionadas para operación manual desde el tablero de control de las bombas y son arrancadas presionando el botón (Arranque) o el reloj de Control de Horario.
- ❖ Las bombas que no se requiere que operen se seleccionan para la posición Off. Reestablecer el reloj a su posición si se hubiera hecho cambios.

2.4.3.2 Mantenimiento correctivo en Estaciones de Bombeo.

Una vez que los equipos se han dañado puede presentar las siguientes reparaciones:

- ❖ Reparación de motores:

Antes de manipular las bombas y controles, siempre desconecte primero la energía.

Cuando el servicio de campo es desarrollado para reparar una bomba, deberá seguirse las siguientes instrucciones cuidadosamente.

- ✓ Si el bobinado del motor es quemado o presenta corto circuito, éste puede ser rebobinado o reemplazado con un estator bobinado de fábrica.
- ✓ Si los sellos están en buenas condiciones, rellene la estación de sello con aceite.

- ✓ Coloque la bomba de costado para el llenado de aceite con el orificio hacia arriba. No llene completamente, deje más o menos una pulgada bajo el orificio.
 - ✓ Utilice únicamente un aceite transformador de alto grado o aceite sumergible regular en esta estación. Reemplace el tapón, utilice permatex o cuerdas. Instale la válvula de aire en la abertura del tapón superior de la caja del motor y cargue la caja con más o menos 10 PSI de aire.
 - ✓ Asegúrese que el aire sea seco. No utilice la línea de aire donde el agua pueda ser interceptada en la línea. Sumerja la unidad completa bajo el agua y verifique si hay filtraciones.
- ❖ Reemplazo de sellos y rodamientos:
- ✓ Drene todo el aceite desde la estación del motor y la estación de sello según lo descrito.
 - ✓ Remueva la caja del motor según lo descrito.
 - ✓ Retire los pernos y ajuste la estación de sello a la caja de la bomba. Utilice tornillos rebajados para aflojar. Con un bloque de madera dura, forre el final del impulsor para aflojarlo del eje.
 - ✓ Levante el ensamblaje de rotación (rotor, eje e impulsor) de la caja de la bomba y colóquelo horizontalmente sobre el piso.
 - ✓ Remueva el tornillo y el lavador desde el final del eje y luego atornille la cabeza del casquillo de vuelta al eje. Utilizando un destornillador en

los lados opuestos atrás del impulsor aplique fuerza y luego atornille en el extremo del perno del casquillo para impedir que el impulsor se afloje del eje ahusado.

- ✓ Retire la llave y palanquee en cada lado del hombro del manguito del eje para remover. El sello deberá salir con el manguito. Si el manguito no está libre, déjelo en su lugar y empuje cuando la placa del sello sea removida.
- ✓ Para remover la placa del sello, saque los tornillos achatados con cabeza del casquillo y los tornillos comunes en orificios rebajados palanqueando en la placa para que afloje. Esto también forzará la salida del sello si no ha sido ya removido.
- ✓ Remueva el anillo de resorte que ajusta el sello superior. Jale el sello si está libre. Si no está suelto, puede ser forzado para salir cuando el eje es removido.
- ✓ Remueva los pernos que ajustan la caja del rodamiento al lugar. Coloque el ensamblaje en posición vertical y golpee el extremo final del eje en un bloque de madera dura. Esto empujará el rodamiento desde la caja y forzará al sello superior desde el eje.
- ✓ Utilice un arrancador para remover los rodamientos. Reemplace con nuevos rodamientos. Presione únicamente en un anillo interior del rodamiento cuando lo esté cambiando. Presionar el anillo exterior puede dañar el rodamiento. Los rodamientos son en medida estándar y pueden ser obtenidos de alguna tienda de abastecimiento de rodamientos o pueden ser obtenidos en la fábrica proveedora.

- ✓ No utilice partes del sello antiguas. Coloque nuevos sellos.
- ✓ Limpie minuciosamente todas las fundiciones antes de reemplazar los sellos. Una partícula de suciedad entre las superficies de los sellos puede causar desperfectos.
- ✓ Examine todos los anillos en forma de O para mellas antes de usar.
- ✓ Asegúrese que la llave esté en su lugar para prevenir que el manguito del eje se mueva.
- ✓ Antes de rellenar la estación con aceite, haga una prueba de aire como se describe anteriormente.

2.4.4 Equipos de reserva

Se deben implementar equipos de reserva que son aquellos para cubrir necesidades que ocurren por falla de algún componente del sistema o también para posibilitar el mantenimiento preventivo en las estaciones con la mínima paralización de la operación.

Es por estas consideraciones y con el objeto de minimizar los costos de mantenimiento, se ha estandarizado las instalaciones de equipos y accesorios de las estaciones, de tal forma que un equipo pueda ser sustituido por el de reserva sin adaptaciones que prolonguen los tiempos de intervención y se reduzcan los costos de mantenimiento.

Tabla 1. Mantenimiento preventivo de bomba centrifugas de eje horizontal.

Mantenimiento	Trabajo para realizar	Materiales y repuestos indispensables
1 día	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reporte de presiones de descarga. ❖ Control externo y lubricación de cojinetes y rodamientos por aceite y grasa según el tipo. ❖ Reporte de vibraciones o estabilidad en el funcionamiento del equipo, y de condiciones generales de trabajo. ❖ Chequeo de prensaestopa y ajuste. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aceite ❖ Grasa ❖ Formularios ❖ Empaquetadura de prensaestopa
4 meses	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cambio de grasa de los rodamientos si fueron lubricados por grasa sin desmontaje, expulsando por presión de un engrasador tipo de pistola toda la grasa antigua. ❖ Cambio de aceite de los rodamientos si fueron lubricados por aceite, drenando el aceite usado y llenando nuevamente. ❖ Alineamiento de la unidad bomba motor y ajuste de los pernos de anclaje. ❖ Chequeo de prensaestopa y cambio de empaquetadura si fue necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aceite ❖ Grasa ❖ Empaquetadura de prensaestopa ❖ Láminas (calzas) para nivelación ❖ Pernos de repuesto
1 año	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desmontaje completo de la bomba. ❖ Lavado y limpieza completa de todas las partes. ❖ Chequeo del alineamiento y desgaste del eje y reparaciones o cambio si fuere necesario. ❖ Chequeo de impulsor es, bujes, rodamientos, anillos, empaques, y demás elementos sujetos a desgaste, reparaciones o cambios de las partes dañadas si fuere necesario. ❖ Montaje, alineamiento y prueba completa de la unidad. ❖ Pintura. ❖ Control de válvulas y reparaciones si fueren necesarias. ❖ Chequeo de las condiciones técnicas de trabajo del equipo en relación con su diseño y características. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ejes ❖ Solventes ❖ Pintura ❖ Impulsores ❖ Difusores ❖ Bujes, Anillos. ❖ Rodamientos ❖ Empaques ❖ Aceite, Grasa. ❖ Empaque de Prensaestopa ❖ Láminas para nivelación ❖ Barniz ❖ Pernos de repuestos y tuercas ❖ Empaques de válvulas ❖ Compuertas de válvula ❖ Pasadores y compuertas para válvula

Fuente: Guía para la operación y mantenimiento de Reservorios elevados y Estaciones de Bombeo.

2.5 Gestión

Es la función ejecutiva de planificar, organizar, dirigir, y controlar cualquier actividad con responsabilidad sobre los resultados.

La premisa de los departamentos de mantenimiento está basada en la necesidad de mejorar la productividad, la toma de decisiones acertadas, el manejo de un amplio volumen de información y la evaluación eficaz del desempeño de los equipos industriales, hace que esos adecuen sus recursos, e implanten nuevos procesos, con el fin de mejorar la gestión de mantenimiento.

2.5.1 Funciones Básicas del Proceso de Gestión

- ❖ **Planificación:** consiste en decidir lo que habrá que realizarse en el futuro en incluye definición de objetivos, las vías para cumplirlas y la mejor manera de utilizar los recursos.
- ❖ **Organización:** se encarga de distribuir las tareas o actividades, agruparlas por áreas y asignar los recursos para realizar el mantenimiento.
- ❖ **Dirigir:** guía y motiva a su personal para alcanzar los objetivos deseados o predeterminados por la empresa.
- ❖ **Control:** conjunto de actividades que se utilizan para comprobar si los resultados que se alcanzaron están de acuerdo con los objetivos o metas prefijadas y las causas de dichas desviaciones, que permitiendo así tomar las acciones necesarias para mejorar los resultados.

2.5.2 Gestión de Mantenimiento

Es la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento.

Debe basarse en asegurar la confiabilidad en los equipos, sistemas y máquinas de una manera sistemática, segura y al menor costo posible. Se pueden realizar labores de mantenimiento siguiendo procedimientos muy básicos y simples. No obstante, la correcta disposición de toda la información y aplicación de procedimientos claros y bien definidos hace que el personal desarrolle una labor de manera consistente respetando los estándares previamente definidos, obteniendo así resultados de gran calidad.

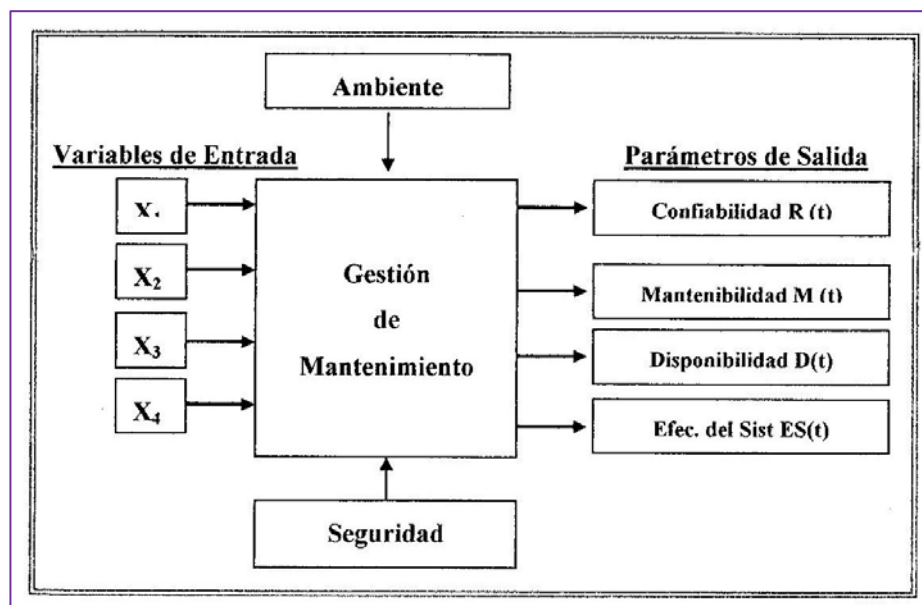


Figura N°2. Esquema de la Gestión de Mantenimiento.

Fuente: Tesis (Landaeta José)

2.5.3 Importancia de la Gestión de Mantenimiento

La importancia de la gestión de mantenimiento viene dada, entre otros factores, por:

- ❖ La gestión de mantenimiento compromete la rentabilidad de la empresa de allí que los recursos utilizados deben ser analizados exhaustivamente.
- ❖ La calidad de los productos está asociada íntimamente con la gestión de mantenimiento; no se pueden mantener unas especificaciones técnicas de producción sin una buena gestión de mantenimiento.
- ❖ La operatividad y conservación de los equipos son fundamentales para lograr un volumen de producción establecido.
- ❖ El desarrollo tecnológico asume más sofisticados y de mayores precios, lo que presume su conservación.

2.5.4 Funciones Básicas del Proceso de Gestión de Mantenimiento

- ❖ Planificar: Consiste en decidir lo que deberá hacerse en el futuro e incluye definición de objetivos, las vías para cumplirlas y la mejor manera de utilizar los recursos.
- ❖ Organizar: Se encarga de distribuir las tareas o actividades, agruparlas por áreas y asignar los recursos para realizar el mantenimiento.

- ❖ Dirigir: Guía y motiva a sus subordinados para conseguir los objetivos deseados o predeterminados por la empresa.
- ❖ Control: Conjunto de actividades que se utilizan para comprobar si los resultados que se alcanzaron están de acuerdo con los objetivos o metas prefijadas y las causas de dichas desviaciones, permitiendo así tomar las acciones necesarias para mejorar los resultados.

2.6 Control como Proceso Administrativo

El control como proceso administrativo tiene como objetivo reducir perdidas de equipos para mejorar la eficacia global, se centra en establecer un programa acertado para cada equipo y proporcionar un método satisfactorio para mejorar el estado del mantenimiento.

El programa de mantenimiento debe ejecutarse según lo planeado, para esto es necesaria la administración de un control, que no es más que una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación, si este ocurre se debe realizar un análisis para saber en dónde ocurre la falla y que tipo de control se debe aplicar, los tipos de control son los siguientes:

- ❖ Control del trabajo: se encarga de vigilar el estado del trabajo y el trabajo realizado para saber si este se ha realizado de acuerdo con las normas y con la planificación, se realiza por medio de un informe semanal de trabajos pendientes por ocupación o puestos, este también debe indicar la causa del atraso. En caso de que se

identifique una tendencia descendente en los trabajos pendientes, puede ser necesario alguna de las siguientes acciones correctivas:

1. Reducir el mantenimiento por contacto.
2. Considerar una transferencia entre departamentos.
3. Reducir la fuerza de trabajo de mantenimiento.

Si la cantidad de trabajos pendientes está aumentando, puede ser necesaria aplicar alguna de las siguientes correcciones:

1. Incrementar el mantenimiento por contrato.
2. Considerar la transferencia entre departamentos.
3. Programar tiempo extra que sea eficaz en costos.
4. Incrementar la fuerza de trabajo de mantenimiento.

❖ Control de Costos: El costo de mantenimiento comprende:

1. El costo directo de mantenimiento, que es el costo de la mano de obra, los materiales, el equipo y las herramientas.
2. Costo de paro de las operaciones debido a fallas.
3. Costo de redundancia debido a equipos de respaldo.
4. Costo de deterioro del equipo por la falta de un mantenimiento adecuado.
5. Costo de mantenimiento excesivo.

Se deben realizar un resumen de los costos de mantenimiento por orden de trabajo para controlar dichos costos y para indicar donde se debe realizar una reducción de costos.

- ❖ Control de Calidad: se debe realizar un informe mensual sobre el porcentaje de trabajos repetidos y rechazos de productos para ayudar a identificar cuales maquinas requieren una investigación de calidad.

Una vez que se investiga la maquina se tomara medidas de acción correctivas que puede dar como resultado una modificación de la planificación original de mantenimiento.

- ❖ Control de la Condición de la Planta: este requiere un sistema eficaz para el registro de las fallas y las reparaciones de equipos críticos e importantes en la planta, esta información generalmente se obtiene de la orden de trabajo y del historial de fallas. Un informe mensual de mantenimiento deberá incluir el tiempo muerto de los equipos críticos e importantes y su disponibilidad. Si el tiempo muerto es excesivo, se debe disminuir la ocurrencia de falla con un programa de mejora de confiabilidad o realizando un cambio en la planificación original.

El primer paso en el desarrollo del control de mantenimiento consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan como se diseñó originalmente. Se debe asignar un jefe comprometido con la dirección para el cumplimiento exitoso de las metas.

Para aplicar el control como proceso administrativo se debe realizar lo siguiente:

- ✓ Fijación de objetivos o metas.
- ✓ Identificación de las diferencias y análisis de las causas que las motivaron.
- ✓ Toma de decisiones y aplicación de acciones preventivas y/o correctivas.

- ✓ Obtención de indicadores y comparación con las metas.
- ✓ Recopilación de los resultados realmente obtenidos.

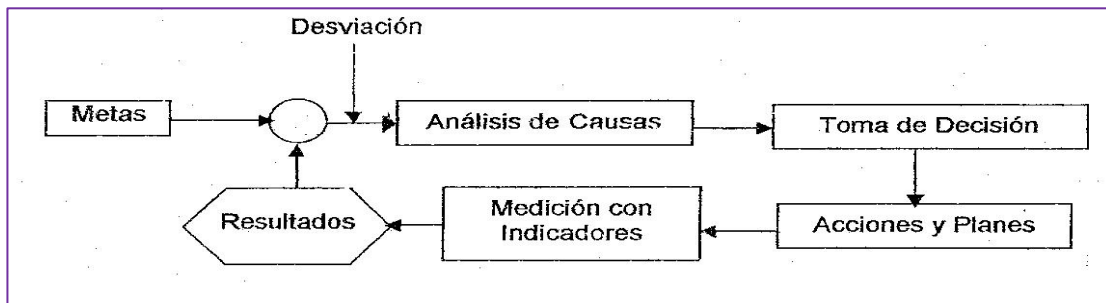


Figura N°3: Control como proceso Administrativo

Fuente: Guía Mantenimiento Mecánico (Suárez Diógenes).

2.7 Control de Gestión

Al principio (1978), se consideraba el Control de gestión, como una serie de técnicas tales como el control interno, el control de costos, auditorías internas y externas, análisis de ratios y puntos de equilibrio, pero el control presupuestario constituía y aún para algunos constituye el elemento fundamental de la gestión.

La ambigüedad de este concepto se debe a que ha sido sometido a muchas modificaciones propias de su evolución, con el objetivo de aportarle elementos que lo aparten "de su aspecto esencialmente contable y a corto plazo."

Anthony R. (1987) lo considera, acertadamente, "como un proceso mediante el cual los directivos aseguran la obtención de recursos y su

utilización eficaz y eficiente en el cumplimiento de los objetivos de la organización."

2.7.1 Sistema de Control de Gestión

El proceso comienza con la recolección de la información básica, luego hay un proceso de inteligencia para cruzar y relacionar esa información básica y generar los indicadores, debidamente clasificados y agrupados en un tablero de control, cuya evolución determina las recomendaciones a efectuar a través del informe de control de gestión.

En base a las recomendaciones, la dirección superior adoptará las medidas concretas con el objeto de reducir amenazas y debilidades e incrementar fortalezas y aprovechar oportunidades.

El sistema de control de gestión es activo o proactivo cuando colabora con el buen funcionamiento de la gestión empresarial, estructurándose en etapas esenciales, estas son:

- ❖ Establecimiento de objetivos jerarquizados de corto y largo plazo.
- ❖ Establecimiento de planes, programas y presupuestos que cuantifiquen los objetivos.
- ❖ Establecimiento de estructura organizativa (Ejecución y control).
- ❖ Medición, registro y control de resultados.
- ❖ Cálculo de las desviaciones.
- ❖ Explicación del origen y causas de las desviaciones.
- ❖ Toma de decisiones correctoras.

El sistema de control de gestión está destinado a ayudar a los distintos niveles de decisión, a coordinar las acciones a fin de alcanzar los objetivos de mantenimiento, desempeño y evolución, fijados a distintos plazos, especificando si los datos contables siguen siendo importantes.

2.7.2 Objetivos del Control de Gestión

- ❖ Interpretación global de todas las funciones gerenciales.
- ❖ Integrar las variables estratégicas y operacionales.
- ❖ Correcta toma de decisiones del presente y del futuro.
- ❖ Construir los indicadores adecuados de gestión.
- ❖ Mejora continuada de los resultados.
- ❖ Corregir sobre la marcha desviaciones
- ❖ Reaccionar ante los cambios.

2.7.3 Fundamentos del control de gestión

- ❖ La dirección general como proceso integrado empresarial
- ❖ El control de las funciones gerenciales
- ❖ El sistema de control de gestión mediante planes y presupuestos
- ❖ Otros instrumentos del control de gestión
- ❖ Relevancia del análisis del entorno empresarial. (La contabilidad directiva).

2.7.4 Los principios generalmente aceptados de control de gestión

Los principios generalmente aceptados de control de gestión son pautas directrices que han sido elaborados a partir del consenso logrado entre los especialistas en la materia. Dentro de ellas están:

- ❖ La adaptabilidad de la herramienta: el control de gestión es una herramienta interdisciplinaria, adaptable a todo tipo y dimensión de empresas y organizaciones (grandes, medianas y pequeñas empresas, organizaciones sin fines de lucro o el Estado).
- ❖ La triple dimensión del control de gestión: el campo de acción del control de gestión es tridimensional, maneja por igual información monetaria, física y cualitativa.
- ❖ La relación entre el control y la dirección superior: la dirección superior debe participar junto al control para definir los indicadores fundamentales de la gestión, compartir el análisis FODA y ejercer una poderosa influencia didáctica sobre toda la organización.
- ❖ La necesaria independencia de criterio: el responsable del control de gestión en la organización debe gozar de independencia de criterio dentro de la estructura de las organizaciones, de una total libertad de acción y carecer de presiones de la línea acerca de sus juicios de valor en materia de fortalezas y debilidades encontradas.
- ❖ Ubicación en el organigrama: la posición ideal del control dentro del organigrama debiera ser de independencia respecto del gerente general, pero dependiente del directorio.
- ❖ El control de gestión distribuido: dada la diversificación y segmentación de los negocios, las tareas de control de gestión se deben orientar a cada una de las unidades estratégicas de negocios, para converger a partir de ellas en un diagnóstico global.

- ❖ Los diferentes campos de acción del control de gestión y de la auditoría: la auditoría (sea contable, de sistemas o de calidad) abarca aspectos operativos de la gestión organizacional.

El control de gestión se orienta claramente al proceso de toma de decisiones de la conducción superior (aunque se trata de funciones complementarias, igualmente útiles y necesarias).

- ❖ Posicionamiento estratégico de la función: la función de control de gestión, orientada a favorecer el proceso de toma de decisiones de la dirección superior, asume un carácter eminentemente estratégico.

2.7.5 Fases del Control de Gestión

En el control de gestión se diferencian cuatro fases, las cuales se mencionan a continuación.

- ❖ Recopilación de la información: Se basa en registrar los valores de referencia (meta) y los resultados realmente obtenidos por la ejecución de mantenimiento, que son objeto del control de gestión.
- ❖ Comparación de los resultados; Consiste en medir el comportamiento de los equipos a través de los indicadores e identificar las desviaciones entre los valores de referencia (meta) y los valores obtenidos.
- ❖ Análisis: Es esta fase se interpretan los resultados de los indicadores, para determinar las causas de las desviaciones, de tal forma que se

puedan formular alternativas o acciones que permitan mejorar los resultados.

- ❖ Toma de decisiones: Se eligen las alternativas o acciones que se consideran más apropiadas, para disminuir las causas de las desviaciones de los valores establecidos.

2.7.6 Elementos que Componen el Control de Gestión

El control de gestión se compone de cuatro elementos básicos que son:

- ❖ Datos: Son los valores que representan los compromisos definidos en la planificación y los resultados realmente obtenidos durante la función de mantenimiento.

El desarrollo de los datos es una de las actividades deseadas por el departamento de mantenimiento, ya que presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Elimina el trabajo repetitivo del analista de estudio de tiempos.
 - ✓ Ahorra tiempo en el establecimiento de estándares de trabajo.
 - ✓ Proporciona una mayor consistencia entre estándares de trabajos similares.
- ❖ Sistemas de Información: Sirve de apoyo para dar mayor fluidez a la información que se obtiene de cada uno de los indicadores, para la toma de decisiones técnicas y gerenciales de mantenimiento.

¿Por qué es necesario un sistema de información para una organización?

Las razones pueden ser muchas, pero pueden resumirse en estas:

- ✓ Para lograr un control eficaz de una organización, se deben tomar a tiempo medidas correctivas en caso de ser necesarias, antes de que se presente una gran desviación respecto de los objetivos planificados con anterioridad.
 - ✓ Es probable que los gerentes casi nunca tomen decisiones acertadas y oportunas si no disponen de información suficiente, pero tampoco deben verse desbordados por información irrelevante e inútil (redundancia), pues ésta puede llevar a una inacción o decisiones desacertadas.
 - ✓ Reducción de costos.
- ❖ Personal: es el conjunto de personas dentro de la organización que tiene la responsabilidad de realizar los procesos inherentes al control de gestión. El personal debe estar capacitado y motivado para obtener un desempeño deseado.

Los factores que causan deficiencia en el desempeño son:

- ✓ Factor de Conocimiento y de Destrezas: Los trabajadores tal vez no sean capaces de realizar sus trabajos debido a que no poseen el conocimiento y las destrezas requeridas.

- ✓ Factores Organizacionales: Los trabajadores tal vez sepan como realizar sus trabajos, pero carezcan de las herramientas, referencias y equipos requeridos.
- ✓ Factores motivacionales: Los trabajadores tal vez conozcan el trabajo, tengan todo lo que necesitan, pero carezcan de la motivación para realizar el trabajo al nivel de las normas requeridas.
- ❖ Métodos de trabajo: Define la forma de realizar el control de gestión, en donde se incluye, la definición de responsabilidad para el suministro de los datos, análisis de los resultados, reportes, informes, alternativas o acciones y toma de decisiones.

2.7.7 Aspectos a Considerar en el Control de Gestión del Mantenimiento

Los aspectos a considerar son de importancia porque de ellos depende la eficiencia de la gestión, estos son los factores críticos del éxito, los indicadores de evaluación y subsistema de información.

2.7.7.1 Factores Críticos del Éxito (FCE)

Son factores que impactan al mantenimiento, cada FCE se mide a través de uno o más indicadores cuantificables, para realizar una evaluación continua de su comportamiento. Estos factores se dividen en:

- ❖ Internos: Son aquellos en los cuales la gestión del mantenimiento puede tomar acciones sin que dependa de entes externos, es decir se encuentran bajo el control del control del mantenimiento.

- ❖ Externo: Son aquellos en los cuales la gestión del mantenimiento no tienen el control sobre ellos, por lo tanto no se pueden tomar acciones sobre los mismos sin involucrar los entes externos a los cuales pertenecen.

2.7.7.2 Subsistema de Información

Sirve de apoyo para dar mayor fluidez a la información que se desprende de cada uno de los indicadores, agiliza la toma de decisiones en cada nivel de la estructura organizativa de la empresa.

2.7.7.3 Indicadores

Según COVENIN 3049-93, Son parámetros cuantitativos de control que permiten determinar el comportamiento y la efectividad del sistema de mantenimiento de un sistema productivo, estos parámetros son absolutos o relativos.

Para asegurar el éxito de un sistema de mantenimiento es indispensable conocer los resultados con el fin de aplicar los correctivos necesarios que permitan obtener mejoras.

Por esta razón es necesario contar con una serie de indicadores que periódicamente muestren la situación del mantenimiento para decidir las acciones que deban implantarse.

2.8 Indicadores según Norma COVENIN 3049-93 Mantenimiento. Definiciones

Los índices propuestos en la norma no solo se utilizan en mantenimiento sino que son adaptados a dicha función para obtener a partir de ellos los correctivos necesarios para el mejoramiento de las actividades de la organización del mantenimiento.

Los indicadores a describir están agrupados dependiendo del tipo de actividad a evaluar, de la siguiente forma:

2.8.1 Índices de Evaluación para el Control de Trabajo

- ❖ Promedio de órdenes de trabajo (O.T.) recibidas o emitidas por día.

$$CT1 = \frac{\text{Total de O.T. recibidas o emitidas}}{\text{Número de días en el periodo a evaluar}} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

- ❖ Eficiencia de los ejecutores de las ordenes de trabajo (O.T.)

$$CT2 = \frac{\text{Total de O.T. terminadas}}{\text{Total de O.T. recibidas}} 100\% \quad \text{Ec. (2.2)}$$

- ❖ Eficiencia de la Función planificación.

$$CT3 = \frac{\text{Total de O.T. planificadas}}{\text{Total de O.T. recibidas}} 100\% \quad \text{Ec. (2.3)}$$

❖ Eficiencia de la organización de mantenimiento

$$CT4 = \frac{\text{Total de O.T. planificadas}}{\text{Total de O.T. terminadas}} 100\% \quad \text{Ec. (2.4)}$$

❖ Porcentaje de atrasos de trabajo

$$CT5 = \frac{\text{Total de O.T. incompletas}}{\text{Total de O.T. recibidas}} 100\% \quad \text{Ec. (2.5)}$$

❖ Porcentaje de Tiempo planificado

$$CT6 = \frac{\text{Total de horas - hombre en las O.T. planificadas}}{\text{Total de horas del período}} 100\% \quad \text{Ec. (2.6)}$$

❖ Porcentaje de sobretiempo

$$CT7 = \frac{\text{Total de horas - hombre de sobretiempo}}{\text{Total de horas - hombre de tiempo ordinario}} 100\% \quad \text{Ec. (2.7)}$$

❖ Porcentaje de tiempo para atender averías

$$CT8 = \frac{\text{Total de horas - hombre utilizadas en reparaciones y O.T.}}{\text{Total de horas - hombre del período}} 100\% \quad \text{Ec. (2.8)}$$

(ordinario y sobretiempo)

2.8.2 Índice de Actuación del Factor Apoyo Logístico (AL)

❖ Promedio diario de solicitudes de materiales y/o repuestos

$$AL1 = \frac{\text{Total de solicitudes de materiales}}{\text{y/o repuestos procesados}} \frac{1}{\text{Nº de días en el período}} \quad \text{Ec. (2.9)}$$

- ❖ Promedio diario de requisiciones de material y/o repuestos

$$AL2 = \frac{\text{Total de requisiciones de materiales y/o repuestos procesados}}{\text{Nº de días en el período}} \quad \text{Ec. (2.10)}$$

- ❖ Promedio de requisiciones de trabajo

$$AL3 = \frac{\text{Total de requisiciones de trabajo procesadas}}{\text{Nº de días en el período}} \quad \text{Ec. (2.11)}$$

- ❖ Inventario de almacén

$$AL4 = \frac{\text{Nº de renglones inexistentes}}{\text{Nº de renglones solicitados}} \quad \text{Ec. (2.12)}$$

- ❖ Compras realizadas

$$AL5 = \frac{\text{Nº de renglones comprados}}{\text{Nº de renglones en almacen}} \quad \text{Ec. (2.13)}$$

2.8.3 Índices de Evaluación del Uso de Contratistas (UC)

- ❖ Costo de los contratos

$$UC1 = \frac{\text{Valor total de los contratos}}{\text{Valor total del costo de mantenimiento}} \quad \text{Ec. (2.14)}$$

- ❖ Eficiencia del uso de contratos

$$UC2 = \frac{\text{Número de contratos atrasados}}{\text{Número de contratos terminados}} \quad \text{Ec. (2.15)}$$

- ❖ Ordenes de trabajo y los contratos

$$UC3 = \frac{\text{N}^\circ \text{ de trabajos contratados}}{\text{N}^\circ \text{ de O.T. efectuadas por la organización}} \quad \text{Ec. (2.16)}$$

2.8.4 Índice de Evaluación de la Organización (EO)

- ❖ Personal en la función mantenimiento

$$EO1 = \frac{\text{Personal de mantenimiento}}{\text{Personal total del SP}} \quad \text{Ec. (2.17)}$$

- ❖ Costo del personal de mantenimiento

$$EO2 = \frac{\text{Costo de personal de mantenimiento}}{\text{Costo de la función de mantenimiento}} \quad \text{Ec. (2.18)}$$

- ❖ Mantenimiento rutinario y mantenimiento programado

$$EO3 = \frac{\text{Horas para mantenimiento rutinario}}{\text{Horas para mantenimiento programado}} \quad \text{Ec. (2.19)}$$

- ❖ Mantenimiento por avería y mantenimiento programado

$$EO4 = \frac{\text{Horas para mantenimiento por avería}}{\text{Horas para mantenimiento programado}} \quad \text{Ec. (2.20)}$$

- ❖ Mantenimiento correctivo y mantenimiento programado

$$EO5 = \frac{\text{Horas para mantenimiento correctivo}}{\text{Horas para mantenimiento programado}} \quad \text{Ec. (2.21)}$$

❖ Mantenimiento circunstancial y mantenimiento programado

$$EO6 = \frac{\text{Horas para mantenimiento circunstancial}}{\text{Horas para mantenimiento programado}} \quad \text{Ec. (2.22)}$$

❖ Eficiencia de ejecución de los programas

$$EO7 = \frac{\text{Nº de acciones programadas ejecutadas}}{\text{Nº total de acciones programadas}} \quad \text{Ec. (2.23)}$$

❖ Fallas atendidas

$$EO8 = \frac{\text{Nº de fallas reportadas}}{\text{Nº de fallas atendidas}} \quad \text{Ec. (2.24)}$$

❖ Operabilidad del SP

$$EO9 = \frac{\text{Horas operando el SP}}{\text{Horas totales disponibles}} \quad \text{Ec. (2.25)}$$

❖ Paradas y operación

$$EO10 = \frac{\text{Horas totales en parada}}{\text{Horas totales en servicio}} \quad \text{Ec. (2.26)}$$

2.8.5 Índices de Evaluación del Factor Costo (IC)

❖ Porcentaje de gastos

$$IC1 = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Costo total del sistema productivo}} 100\% \quad \text{Ec. (2.27)}$$

❖ Influencia de mantenimiento sobre producción

$$IC2 = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Total de unidades producidas}} 100\% \quad \text{Ec. (2.28)}$$

❖ Porcentaje de costo de mantenimiento por avería

$$IC3 = \frac{\text{Costo total de los O.T. para mantenimiento por avería}}{\text{Costo total de mantenimiento}} 100\% \quad \text{Ec. (2.29)}$$

❖ Porcentaje de costo de mantenimiento correctivo

$$IC4 = \frac{\text{Costo total de los O.T. para mantenimiento correctivo}}{\text{Costo total de mantenimiento}} 100\% \quad \text{Ec. (2.30)}$$

❖ Porcentaje de costos de materiales y/o repuestos

$$IC5 = \frac{\text{Costo de materiales y/o repuestos utilizados}}{\text{Costo total de mantenimiento}} 100\% \quad \text{Ec. (2.31)}$$

❖ Costo promedio de la O.T.

$$IC6 = \frac{\text{Costo total de las O.T.}}{\text{Nº total de O.T}} \quad \text{Ec. (2.32)}$$

2.9 Indicadores Según Guía de Mantenimiento Mecánico, Autor: Diógenes Suárez

Los indicadores están agrupados para distintas áreas a evaluar, de la siguiente manera:

2.9.1 Indicadores Sugeridos para el Control de Equipos

- ❖ % Disponibilidad: Es la probabilidad de que un equipo se encuentre en condiciones de cumplir su función de manera satisfactoria.

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Disponible}}{\text{Horas Calendario}} \times 100 \quad \text{Ec. (2.33)}$$

- ❖ % Demora por mantenimiento: se recomiendan dividir las en especialidades como Mecánicas, eléctricas, instrumentación, etc.

$$\% \text{ Demoras por Mantto} = \frac{\text{Horas Totales de Demoras por Mantto}}{\text{Horas Disponible}} \times 100 \quad \text{Ec. (2.34)}$$

- ❖ % Cumplimiento paradas por mantenimiento programado: se obtiene de la relación entre el tiempo de referencia estimado para ejecutar mantenimiento y el tiempo real obtenido.

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{Horas de paradas Meta para Mantto Programado}}{\text{Horas de paradas Real para Mantto Programado}} \times 100 \quad \text{Ec. (2.35)}$$

2.9.2 Indicadores Recomendados para el Control de Trabajo (Planificación y Personal de Mantenimiento)

Se refiere al recurso humano asignado a la gestión del mantenimiento y comprende los siguientes indicadores:

- ❖ % Cumplimiento de mantenimiento preventivo. (CPM):

$$\%CPM = \frac{\text{Número de órdenes de Trabajo Ejecutadas}}{\text{Número de órdenes de trabajo Programadas}} \times 100 \quad \text{Ec. (2.36)}$$

- ❖ Relación mantenimiento preventivo/mantenimiento correctivo. (MP/MC)

$$\text{Relación de Mantto} = \frac{\% \text{ Mantto Correctivo}}{\% \text{ Mantto Preventivo}} \quad \text{Ec. (2.37)}$$

$$\% \text{ Mantto Preventivo} = \frac{\text{Total H - H utilizadas mantto preventivo}}{\text{Total H - H utilizadas en Mantto}} \times 100 \quad \text{Ec. (2.38)}$$

$$\% \text{ Mantto Correctivo} = \frac{\text{Total H - H utilizadas mantto correctivo}}{\text{Total H - H utilizadas en Mantto}} \times 100 \quad \text{Ec. (2.39)}$$

H= Horas

Si el indicador es > 1 hay muchos trabajos realizados con emergencias, en un periodo determinado. Mientras mayor mantenimiento preventivo se realice menor es la cantidad de mantenimiento correctivo necesario.

- ❖ Aprovechamiento de la mano de obra: Representa la Relación entre las Horas-Hombre estimadas y las que realmente se utilizaron.

$$\text{Aprovechamiento Mano de Obra} = \frac{\text{Total H - H Estimadas para Mantto}}{\text{Total H - H reales para Mantto}} \times 100 \quad \text{Ec. (2.40)}$$

❖ **Retrabajos:** Este indicador sirve para evaluar los conocimientos del personal de mantenimiento, mientras más retrabajos existan, refleja la necesidad de programar una formación y entrenamiento del personal o revisar las especificaciones de los materiales y repuestos utilizados en la ejecución del mantenimiento.

❖ **Sobretiempo:**

$$\text{Sobretiempo} = \frac{\text{Total H de sobretiempo por personal de Mantto}}{\text{Total H disponibles personal de Mantto}} \quad \text{Ec. (2.41)}$$

2.9.3 Indicadores para el control de costos

❖ **Costo de Mantenimiento (CM)** Para obtener el valor de este indicador, se debe procesar la información de todas las operaciones que produzcan costos para el mantenimiento de sus equipos o instalaciones, se clasifican en costos directos e indirectos.

$$\text{CM} = \text{Costos Directos} - \text{Costos Indirectos} \quad \text{Ec. (2.42)}$$

Donde:

Costos Directos: son los costos de mano de obra, administrativos, de posesión de inventario, de repuestos y materiales, de servicios contratados y de asesorías.

Costos indirectos: son los costos de penalización.

- ❖ Relación entre Costo de Mantenimiento y Costo de Producción (CM/CP):
Permite evaluar qué porcentaje corresponde al mantenimiento del costo total de producción.

$$\% \frac{CM}{CP} = \frac{\text{Costo de Mantto}}{\text{Costo de Producción}} \quad \text{Ec. (2.43)}$$

2.9.4 Indicadores Sugeridos para el Control de Materiales y Repuestos

El inventario de repuestos y materiales, es un mal inevitable con el cual hay que contar si se desea asegurar la continuidad de la producción, por esta razón es necesario, establecer algún indicador, que permitan evaluar y establecer acciones que garanticen un comportamiento adecuado basado en la disponibilidad esperada.

$$\text{Índice de Inventario} = \frac{\text{Cantidad Satisfecha}}{\text{Cantidad Demandada}} \quad \text{Ec. (2.44)}$$

La cantidad satisfecha, se refiere a las veces que se han solicitado materiales o repuestos de almacén con entrega de los mismos.

La cantidad demandada: indica las solicitudes realizadas con o sin existencias.

2.10 Índices de Mantenimiento según Libro Sistemas de Mantenimiento.

Autor: Salih O. Duffuaa

Estos indicadores están centrados principalmente en medir la eficacia del mantenimiento, son útiles en la preparación de informes y brindan una cuantificación razonable del rendimiento de algunas áreas claves.

En esta metodología los índices están asignados a tres clases que se relacionan y reflejan los objetivos del mantenimiento. Éstas son la administración, la eficacia y los costos de mantenimiento.

Los indicadores a continuación deben adaptarse a cada organización antes de su uso.

2.10.1 Administración del Mantenimiento.

❖ Horas subcontractadas por mes

$$\% = \frac{\text{Horas subcontractadas totales trabajadas}}{\text{Horas totales trabajadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.45)}$$

❖ Horas de tiempo extra por mes

$$\% = \frac{\text{Horas de tiempo extra totales trabajadas}}{\text{Horas totales trabajadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.46)}$$

❖ Nivel de actividades de los trabajadores

$$\% = \frac{\text{Horas estándar ganadas}}{\text{Tiempo de reloj total}} 100 \quad \text{Ec. (2.47)}$$

- ❖ Trabajos pendientes actuales (en cuadrilla-semanas)

$$\text{Cuadrilla} - \text{semanas} = \frac{\text{Trabajo programado listo para liberarse (en H - H)}}{\text{Una cuadrilla - semana (en H - H)}} \quad \text{Ec. (2.48)}$$

- ❖ Trabajos pendientes totales (en cuadrilla-semanas)

$$\text{Cuadrilla} - \text{semanas} = \frac{\begin{array}{c} \text{Horas de mano de obra} \\ \text{de trabajo totales en espera de ejecución} \end{array}}{\text{Una cuadrilla - semana (en H - H)}} \quad \text{Ec. (2.49)}$$

- ❖ Productividad de los trabajadores por mes

$$\% = \frac{\text{Horas estándar}}{\text{Horas totales trabajadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.50)}$$

- ❖ Utilización de los trabajadores

$$\% = \frac{\text{Horas consumidas en trabajo productivo}}{\text{Horas totales programadas para trabajo}} 100 \quad \text{Ec. (2.51)}$$

- ❖ Índice de productividad compuesta (CPI) de los trabajadores

$$\text{CPI} = \text{Productividad} \times \text{Utilización} \quad \text{Ec. (2.52)}$$

- ❖ Ordenes de trabajo planeadas y programadas diariamente

$$\% = \frac{\text{Ordenes de trabajo planeadas y programadas}}{\text{Ordenes de trabajo totales ejecutadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.53)}$$

- ❖ Horas programadas contra horas trabajadas según el programa

$$\% = \frac{\text{Horas trabajadas según el programa}}{\text{Horas totales programadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.54)}$$

- ❖ Horas programadas contra horas trabajadas

$$\% = \frac{\text{Horas programadas}}{\text{Horas totales trabajadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.55)}$$

- ❖ Mantenimiento preventivo y predictivo efectuado según el programa

$$\% = \frac{\text{H - H totales de mantto preventivo y predictivo ejecutado}}{\text{H - H totales de mantto preventivo y predictivo programado}} 100 \quad \text{Ec. (2.56)}$$

- ❖ Cobertura de mantenimiento predictivo y preventivo

$$\% = \frac{\text{H - H totales de mantto preventivo y predictivo}}{\text{H - H totales trabajadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.57)}$$

2.10.2 Indicadores para la Eficacia del Mantenimiento

- ❖ Indicador de Disponibilidad (A)

$$A = \frac{\text{Tiempo de producción planeado} - \text{Tiempo muerto no planeado}}{\text{Tiempo de producción planeado}} \quad \text{Ec. (2.58)}$$

❖ Indicador de Velocidad (S)

$$S = \frac{\text{Cantidad real de Producción}}{\text{Cantidad planeada de producción}} \quad \text{Ec. (2.59)}$$

❖ Indicador de Calidad (Q)

$$Q = \frac{\text{Cantidad real de Producción} - \text{Cantidad no aceptada}}{\text{Cantidad real}} \quad \text{Ec. (2.60)}$$

❖ Eficacia global del equipo (OEE)

$$OEE = A.S.Q \quad \text{Ec. (2.61)}$$

❖ Porcentaje de horas brutas de operación

$$\% = \frac{\text{Nº de horas brutas de operación}}{\text{Nº de horas brutas de operación} + \text{tiempo muerto por mantto}} 100 \quad \text{Ec. (2.62)}$$

❖ Número de fallas en el sistema (NFS)

$$NFS = \frac{\text{Nº de paros en producción}}{\text{Nº de horas brutas de operación}} \quad \text{Ec. (2.63)}$$

❖ Tiempo muerto del equipo ocasionado por descomposturas

$$\% = \frac{\text{Tiempo muerto causado por descompostura}}{\text{Tiempo muerto total}} 100 \quad \text{Ec. (2.64)}$$

❖ Horas – Hombre de emergencia

$$\% = \frac{\text{H - H consumidas en trabajos de emergencia}}{\text{Horas totales trabajadas en mantto directo}} 100 \quad \text{Ec. (2.65)}$$

- ❖ Horas – Hombre de emergencia y todas las demás no programadas

$$\% = \frac{\text{H - H en trabajos de emergencia y no programadas}}{\text{H - H totales trabajadas en mantto}} 100 \quad \text{Ec. (2.66)}$$

- ❖ Evaluación del mantenimiento predictivo y preventivo

$$\% = \frac{\text{Trabajos resultantes de inspecciones}}{\text{Inspecciones completadas}} 100 \quad \text{Ec. (2.67)}$$

2.10.3 Costos de Mantenimiento

- ❖ Costo de mantenimiento en relación con el valor agregado de producción

$$\% = \frac{\text{Costo directo de mantenimiento}}{\text{Valor agregado de producción}} 100 \quad \text{Ec. (2.68)}$$

Donde:

El costo directo de mantenimiento: comprende el costo de la fuerza laboral, de los materiales (refacciones, lubricantes, etc.) y del trabajo subcontratado y sobrecargas.

El valor agregado de producción: es el costo de producción menos el costo de los materiales.

- ❖ Costo de mantenimiento por unidad de producción

$$\text{Costo por unidad} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Unidades totales producidas}} \quad \text{Ec. (2.69)}$$

- ❖ Costo de fuerza laboral en el costo de mantenimiento

$$\% = \frac{\text{Fuerza laboral total en mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento directo}} 100 \quad \text{Ec. (2.70)}$$

- ❖ Costo de mantenimiento subcontratado

$$\% = \frac{\text{Costo de subcontratación (fuerza laboral)}}{\text{Costo directo de mantenimiento}} 100 \quad \text{Ec. (2.71)}$$

- ❖ Proporción de costo de mano de obra con respecto al costo de materiales de mantenimiento

$$\text{Proporción} = \frac{\text{Costo total de mano de obra de mantenimiento}}{\text{Costo total de materiales de mantenimiento}} \quad \text{Ec. (2.72)}$$

- ❖ Costo de hora de mantenimiento

$$\text{Costo de hora} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{H - H totales trabajadas}} \quad \text{Ec. (2.73)}$$

- ❖ Costo de supervisión como porcentaje del costo total de mantenimiento

$$\% = \frac{\text{Costo total de supervisión}}{\text{Costo total de mantenimiento}} 100 \quad \text{Ec. (2.74)}$$

❖ Avance en los efectos de reducción de costos

$$\text{Índice} = \frac{\% \text{ H - H de manto consumidas en trabajos programados}}{\text{Costo de mantenimiento/Unidad de Producción}} \quad \text{Ec. (2.75)}$$

❖ Costo de mantenimiento preventivo (MP) relacionado con el mantenimiento correctivo

$$\% = \frac{\text{Costo total de MP (incluye las pérdidas de producción)}}{\text{Costo total de descomposturas}} 100 \quad \text{Ec. (2.76)}$$

❖ Tasa de rotación de inventario por año

$$\text{Tasa} = \frac{\text{Costo de consumo}}{\text{Inversión promedio de inventario}} \quad \text{Ec. (2.77)}$$

❖ Costo de refacciones y materiales con respecto al costo de mantenimiento

$$\% = \frac{\text{Salidas y compras totales del almacén}}{\text{Costo total del mantenimiento directo}} 100 \quad \text{Ec. (2.78)}$$

❖ Proporción del valor de las existencias con respecto al valor del equipo de producción

$$\text{Proporción} = \frac{\text{Valor promedio de las existencias}}{\text{Valor de reemplazo del equipo de producción}} \quad \text{Ec. (2.79)}$$

2.11 Indicadores Técnicos Generalmente, según tesis de Cálculo de Indicadores y Análisis de Gestión de Mantenimiento. Autores: García y Sánchez. (Dpto. Ingeniería Industrial).

El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo, Esto incrementa la vida útil de los equipos y sus funciones.

Controlar y evaluar la gestión de mantenimiento es de vital importancia por la sencilla razón, de necesitar saber cuan eficiente es la aplicación de una política de mantenimiento que se ha planificado para el entorno productivo. Esta información permite actuar de forma rápida y precisa sobre los factores débiles en el mantenimiento. Una buena política para controlar y evaluar la gestión de mantenimiento en la empresa resulta de la implantación, estudio y análisis de un paquete de indicadores.

Para este caso se tomaran patrones o estándares internacionales llevados por empresas de clase mundial y que representan valores límites para establecer estrategias de diseño, planificación y ejecución de los programas de mantenimiento. Estos patrones son:

- ❖ Confiabilidad $\geq 90\%$
- ❖ Mantenibilidad $\geq 50\%$
- ❖ Disponibilidad $\geq 95\%$

El cálculo de estos indicadores se explica a continuación.

2.11.1 Confiabilidad

Es la probabilidad de que un sistema, equipo o componente opere sin presentar fallas o averías determinado bajo condiciones de operación establecidas. Estadísticamente, la confiabilidad de un componente o sistema **[R(t)]** se define como la probabilidad de que dicho componente no falle durante el intervalo **[0, t]** o lo que es lo mismo a la probabilidad de que falle en un tiempo mayor que t. Siendo **$R(t) = P(T > t)$** , t la duración del componente, T es el tiempo de ocurrencia de la falla y P la probabilidad casi inmediata de fallar.

Entre los métodos estadísticos para estimar la confiabilidad tenemos: El modelo paramétrico y el modelo no paramétrico.

❖ Modelos Paramétricos:

- ✓ Distribución exponencial.
- ✓ Distribución de Weibull.
- ✓ Distribución de Carga - Resistencia.

❖ Modelos No paramétrico: Es un análisis probabilístico que permite mediante la llamada técnica de supervivencia efectúa una estimación geométrica de las diferentes funciones que describen el comportamiento de un equipo.

La ventaja principal que proporcionan los métodos no paramétricos en el estudio de la fiabilidad de dispositivos es que no

requieren ninguna suposición relativa a la identidad o la forma de la distribución de vida. No es necesario suponer restricciones potenciales sobre el comportamiento.

Otra ventaja también significativa es que las cantidades estimadas con métodos no paramétricos suelen ser más fáciles de calcular y manipular que las que se derivan de métodos paramétricos. La desventaja más importante del uso de métodos no paramétricos es que las estimaciones obtenidas normalmente no permiten deducir inferencias relativas a la forma.

- ✓ Distribución exponencial: Representa datos de tiempo para la falla cuando esta es realmente aleatoria o cuando la tasa de fallas es constante. Tales fallas generalmente son resultado de una carga excesiva repentina. Asimismo, la distribución exponencial puede modelar el tiempo, para completar un servicio. Esta distribución es útil para modelar el tiempo para la falla de muchos componentes electrónicos y equipos industriales, que tienen tasa de falla constante.

La distribución exponencial es el equivalente continuo de la distribución geométrica discreta. Esta ley de distribución describe procesos en los que nos interesa saber el tiempo hasta que ocurre determinado evento, sabiendo que, el tiempo que pueda ocurrir desde cualquier instante dado t , hasta que ello ocurra en un instante t_f , no depende del tiempo transcurrido anteriormente en el que no ha pasado nada.

Esta devuelve la probabilidad de una variable aleatoria continua siguiendo una distribución exponencial. Se usa para la planeación del tiempo entre dos sucesos.

La distribución exponencial juega un papel importante tanto en teoría de colas como en problemas de confiabilidad. El tiempo entre las llegadas en las instalaciones de servicio y el tiempo de falla de los componentes y sistemas eléctricos, frecuentemente involucran la distribución exponencial.

Se dice que una variable aleatoria continua tiene una distribución exponencial con parámetro $\lambda > 0$ si:

- Su función de densidad es:

$$f(t) = \begin{cases} e^{-\lambda t} & \text{para } t \geq 0 \\ 0 & \end{cases} \quad \text{Ec. (2.80)}$$

- Su esperanza o valor esperado:

$$E(t) = \frac{1}{\lambda} \quad \text{Ec. (2.81)}$$

- Su varianza:

$$V(t) = \frac{1}{\lambda^2} \quad \text{Ec. (2.82)}$$

- Su función de distribución acumulada es:

$$f(t) = P(X \leq t) \begin{cases} 0 & \text{para } t < 0 \\ 1 - e^{-\lambda t} & \text{para } t \geq 0 \end{cases} \quad \text{Ec. (2.83)}$$

Cálculo de estimadores:

La distribución exponencial tiene una característica muy importante, la propiedad de cerradura. Esta se define de la siguiente manera: si el sistema falla cuando el primer componente lo hace, y todos los componentes operan independientemente, la vida de la distribución del sistema es exponencial como sus componentes, gracias a esta propiedad se puede decir que:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad \text{Ec. (2.84)}$$

Donde: λ_s = Parámetro del sistema.

λ_i = Parámetro de cada componente

La estimación de λ en un lapso de tiempo determinado, independientemente que fallen o no las unidades analizadas, se realiza de la siguiente manera:

$$\hat{\lambda} = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Unidades de tiempo en las que se tomó la muestra}} \quad \text{Ec. (2.85)}$$

Adaptando estos valores a la confiabilidad se puede decir que la ecuación de la confiabilidad por el método exponencial es:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{Ec. (2.86)}$$

Donde: t: tiempo de estudio o de experimentación.

λ : tasa de falla.

En la distribución exponencial el tiempo entre fallos es la inversa de la tasa de fallo, es decir:

$$TPEF = 1/\lambda \Rightarrow \lambda = 1/TPEF \quad \text{Ec. (2.87)}$$

Sustituyendo la tasa de fallos en la ecuación de la confiabilidad obtenemos:

$$R(t) = e^{-t/TPEF} \quad \text{Ec. (2.88)}$$

- ✓ Distribución de Weibull: El análisis de Weibull es la técnica mayormente elegida para estimar una probabilidad, basada en datos medidos o asumidos. Esta fue descubierta por el sueco Waloddi Weibull, y anunciada por primera vez en 1951.

La función de Weibull es una herramienta matemática que explica la variación de la tasa de fallas de componentes homogéneos de una muestra grande de ellos, y/o de equipos dentro de un sistema. Su amplia y aceptada adaptabilidad a los problemas de naturaleza operativa, la hace un invaluable instrumento para el estudio del comportamiento de las fallas de un sistema en un intervalo de tiempo determinado.

La distribución de Weibull es útil por su habilidad para simular un amplio rango de distribuciones como la Normal, la Exponencial, etc. Las técnicas discutidas en la distribución de Weibull son similares a las usadas con las distribuciones Normal y Log-Normal.

Características generales

Sabemos que la tasa de fallos se puede escribir, en función de la fiabilidad, de la siguiente forma:

$$\lambda(t) = \frac{d(R(t))}{R(t) dt} \quad \text{ó} \quad R(t) = \exp. [- \int_0^t \lambda(t) dt] \quad \text{Ec. (2.89)}$$

Siendo: $\lambda(t)$: Tasa de fallos, $R(t)$: Confiabilidad, $F(t)$: Infiabilidad o Función acumulativa de fallos, t : Tiempo

La expresión empírica más simple que puede representar una gran variedad de datos reales viene dado por:

$$\int \lambda(t) dt = \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^\beta \quad \text{Ec. (2.90)}$$

Por lo que la confiabilidad será:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^\beta \right] \quad \text{Ec. (2.91)}$$

Siendo: t_0 : Parámetro inicial de localización, η : Parámetro de escala o vida característica, β : Parámetro de forma.

Se ha podido demostrar que gran cantidad de representaciones de fiabilidades reales pueden ser obtenidas a través de ésta ecuación, que como se mostrará, es de muy fácil aplicación.

La distribución de Weibull se representa normalmente por la función acumulativa de distribución de fallos $F(t)$:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right] \quad \text{Ec. (2.92)}$$

Siendo la función densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right] \quad \text{Ec. (2.93)}$$

2.11.2 Mantenibilidad

Es la probabilidad de duración de tiempo que se realiza en una reparación o probabilidad de que a un equipo le sean restauradas sus condiciones, cuando el mantenimiento es ejecutado de acuerdo a procedimientos preestablecidos. La mantenibilidad es figura de mérito relacionada al tiempo en que un equipo se encuentra inoperante.

La distribución que mejor describe la mantenibilidad es la distribución de Gumbell, ley de los valores extremos o Gumbell tipo I.

Pasos a seguir para estimar los parámetros de la distribución de Gumbell tipo I:

1. Se debe ordenar la información sobre los tiempos fuera de servicio del equipo (TFS) en orden ascendente.
2. Numerar los valores observados de uno en adelante (Números de orden).

3. Calcular el tiempo promedio fuera de servicio analítico ($TPFS_{\text{analítico}}$) por medio de la siguiente ecuación:

$$TPFS_{\text{Analítico}} = \frac{\sum TFS}{N} \quad \text{Ec. (2.94)}$$

4. Calcular la probabilidad de falla (P_f).

Si $20 < N < 50$

$$P_f = \frac{i}{N+i} \quad \text{Ec. (2.95)}$$

Si $N < 20$

$$P_f = \frac{i-0.3}{N+0.4} \quad \text{Ec. (2.96)}$$

Donde:

i : número de orden de la observación, la cual depende de los TEF ordenado en forma creciente, al menor TEF de corresponde el orden 1 y así sucesivamente.

N : número total de fallas.

5. Graficar los datos de TFS vs P_f , en el papel logarítmico-normal Gumbell I.
6. Se traza una recta a lo largo de los puntos trazados tratando de ajustar a una recta.
7. Trazar una recta perpendicular al eje de las abscisas (P_f) a partir de 37%, hasta hacerla coincidir con la recta ya graficada. Proyectar el punto

de intersección al eje de las ordenadas (TFS), siendo este punto el valor del parámetro de la característica para reparar (μ).

8. Se calcula la pendiente a la recta de mantenibilidad, mediante la siguiente ecuación:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad \text{Ec. (2.97)}$$

9. Se calcula el inverso de la pendiente por medio de la ecuación

$$a = \frac{1}{m} \quad \text{Ec. (2.98)}$$

10. Se calcula el $TPFS_{\text{gráfico}}$ por medio de la ecuación:

$$TPFS_{\text{gráfico}} = \mu + \frac{0,5778}{a} \quad \text{Ec. (2.99)}$$

11. Se procede a calcular el porcentaje de error entre el valor de $TPFS_{\text{analítico}}$ y $TPFS_{\text{gráfico}}$ mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ERROR} = \left| \left(\frac{TPFS_{\text{analítico}} - TPFS_{\text{gráfico}}}{TPFS_{\text{analítico}}} \right) \right| 100 \quad \text{Ec. (2.100)}$$

Si el valor del error es mayor al 10% se deben revisar los cálculos o mejorar el ajuste de la curva hasta llegar a reducirlo por debajo de este valor.

12. Calcular la mantenibilidad mediante la siguiente ecuación:

$$P(T < t) = \frac{1}{e^{e^{-a(t-v)}}} \quad \text{Ec. (2.101)}$$

Donde:

T = tiempo real que se empleara en la ejecución del último trabajo.

t = tiempo estimado para el próximo trabajo según la situación actual

t = TPFS_{gráfico}).

2.11.3 Disponibilidad

Es la probabilidad que tiene un sistema o un equipo de estar disponible para su uso durante un “t” cualquiera. Depende de la mantenibilidad y la confiabilidad.

Se caracteriza por la razón de servicio $D_{(t)}$.

$$D_{(t)} = \frac{TPEF}{TPEF + TPFS} 100\% \quad \text{Ec. (2.102)}$$

Donde:

TPEF: Tiempo promedio entre fallas.

TPFS: Tiempo promedio fuera de servicio.

Es una probabilidad constante a lo largo de un periodo de tiempo, es decir, no varía con el tiempo como la mantenibilidad y la confiabilidad. Tiene mucha importancia en el cálculo de factores de efectividad del sistema.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

El objetivo de la metodología que se propone en este estudio, es establecer una metodología del control de gestión del mantenimiento en obras sanitarias, la cual va a servir de base para estudios posteriores, dado que no se encuentra un manual enfocado a este tema que garantice el cumplimiento de las actividades en el tiempo de ejecución estipulado, con los recursos físicos y financieros asignados.

La metodología contempla los siguientes aspectos:

3.1 Nivel de Investigación

La investigación es descriptiva porque se evalúa el comportamiento de los equipos de la estación de bombeo “La Caraqueña”, con el fin de estructurar un programa de mantenimiento.

3.2 Diseño de la Investigación

Es documental ya que la información se obtuvo de libros, tesis, páginas de Internet, etc. Igualmente involucra una labor de campo para recolectar los datos necesarios en Hidrocaribe y en la estación de bombeo “La Caraqueña”.

3.3 Población y Muestra

La población considerada es la estación de bombeo “La Caraqueña” y la muestra son todos los equipos del sistema de suministro de agua, como las bombas, válvulas, tuberías, etc.

3.4 Técnicas a utilizar

Involucra una labor de campo para recolectar la información necesaria en Hidrocaribe y la estación de bombeo “La Caraqueña”. Las técnicas utilizadas son:

3.4.1 Selección del Área de Estudio

El presente estudio es sobre la estación de bombeo “La Caraqueña” ubicada en la calle La Línea del Sector La Caraqueña en Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, con un área total de 975 m².

En la figura mostrada a continuación se puede apreciar el lugar de estudio:



Figura N°4: Imagen Satelital de la Estación de Bombeo “La Caraqueña”

Fuente: Software Google Earth 5

3.4.2 Descripción del Sistema Operativo de la Estación de bombeo “La Caraqueña”

El sistema operativo de la estación de bombeo “La Caraqueña” está compuesto por dos subsistemas que surten a los sectores Las Charas y Montecristo, cada uno está constituido por tres bombas centrifugas horizontales.

Cuenta con un galpón que posee un área de 142.5 m² y una caseta de 28 m². En dicho galpón se encuentran distribuidas 6 bombas, 2 tableros, 10 válvulas, 2 bancos de transformadores eléctricos, las tuberías, accesorios, entre otros equipos de la estación que se pueden ver con más detalle en la Tabla 2 “Inventario de equipos” de este capítulo.

El abastecimiento de agua de la estación “La Caraqueña” a la población se lleva a cabo por medio de lo siguiente:

- ❖ Subsistema de Montecristo: compuesto por una tubería de succión de \varnothing 12” que alimenta a las tres bombas, de las cuales dos trabajan permanentemente, dejando a la tercera como reserva o para dejar descansar a una de las bombas que esté funcionando. Cada bomba descarga a una tubería de \varnothing 8” y estas a su vez surten a la tubería de impulsión de \varnothing 21”, ramificándose fuera de la estación.
- ❖ Subsistema Las Charas: compuesto por una tubería de succión de \varnothing 16” que alimenta a tres bombas que están en funcionamiento las 24 horas y cada una descarga a una tubería de \varnothing 10” con una reducción a \varnothing 8”, para luego descargar a la tubería de distribución de la red de \varnothing 21”.

El sistema en general está automatizado por medio de dos tableros eléctricos de 1000 Kw. que trabajan con una corriente plena de 293amp, estos se encargan de controlar el funcionamiento de las bombas, por medio de colores (rojo, verde y amarillo) que indican si las bombas están encendidas o apagadas y si hay bajo voltaje.

A demás dichos tableros miden el voltaje, el amperaje, la temperatura y el caudal, sin embargo cabe destacar que en esta estación la medición del caudal no se lleva a cabo ya que el medidor automático esta inoperativo, por lo tanto, para comprobar cómo están trabajando los subsistemas se mide la presión por medio de manómetros, los cuales en condiciones normales presentan lecturas en el subsistema de Montecristo de 40 m.c.a y en Las Charas de 100 m.c.a.

La planta se dota de electricidad por medio de dos bancos de transformadores de los cuales solo uno está en operación actualmente.

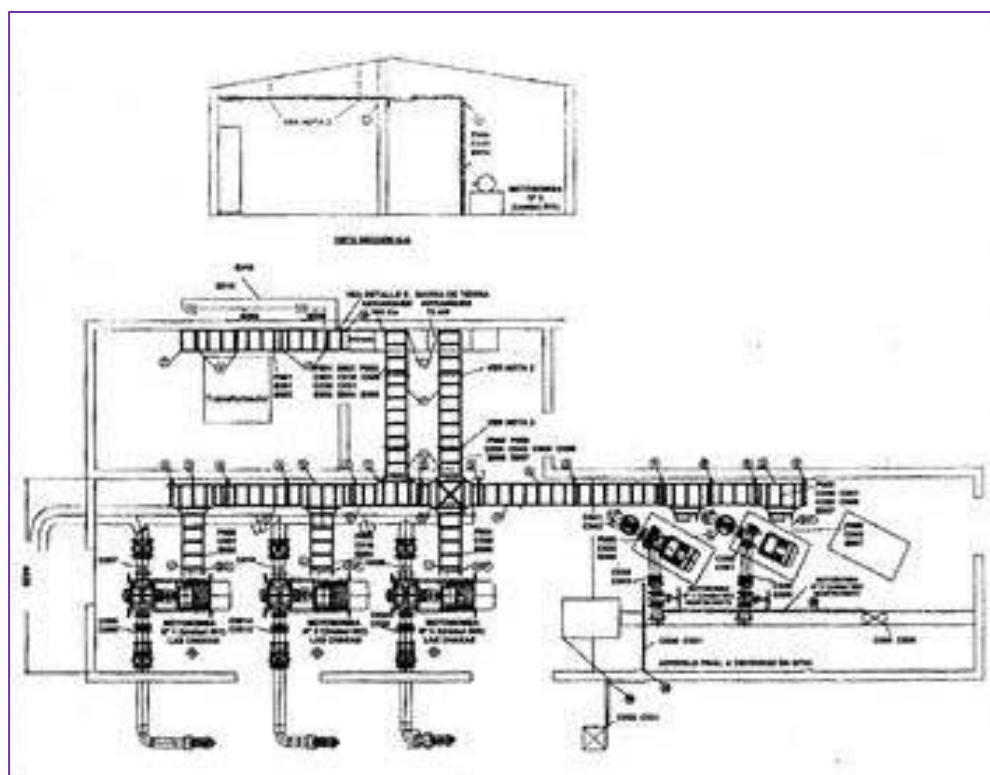


Figura N°5: Vista en planta Estación de bombeo “La Caraqueña”.

Fuente: Manual de operación y mantenimiento. (Hidrocaribe)

3.4.3 Inventario

La metodología que se propone, establece el control de gestión del mantenimiento en obras sanitarias, por lo que se realizó un inventario para registrar los equipos existentes en la estación de bombeo.

Para esto fue necesario puntualizar las características más relevantes, que describen la calidad del servicio de agua. Las autoras consideran los siguientes factores para los efectos de este estudio:

- ❖ Cantidad de bombas.
- ❖ Cantidad de válvulas.
- ❖ Cantidad de manómetros.
- ❖ Cantidad motores.
- ❖ Tableros eléctricos.

En la tabla 2 se muestran de manera más específica la descripción de los equipos.

3.4.4 Registro de Fallas de La estación de Bombeo “La Caraqueña”

De acuerdo a la información suministrada por la empresa Hidrocaribe, las fallas presentes en el sistema se indican en la tabla 3.

Tabla 2: Inventario de Equipo de la Estación de Bombeo “La Caraqueña”

#	Descripción del equipo	Marca
1	Dos (2) Motor de bomba centrifuga horizontal, Tipo 7DS315LR, Año 2000, r/min = 1785, 460 voltios. Alimentan al Sector Las Charas	Brook Hansen
2	Uno (1) Motor de bomba centrifuga horizontal, 450 voltios, 1780 rpm, Tipo T, modelo C G058198-253. Alimenta al Sector Las Charas.	U.S. Electrical Motors
3	Uno (1) Motor de bomba centrifuga, 460 voltios, 1780 rpm, Tipo CT, Ambiente hostil. Alimenta al sector Montecristo (permanente)	U.S. Electrical Motors
4	Dos (2) Motor de bomba centrifuga, Tipo 7DS250MN, año 2000,460 voltios, r/min = 1770. Alimentan al sector Montecristo por turno.	Brook Hansen
5	Dos (2) Válvulas de salida, AWWA 250, 32 vueltas (Sector las Charas)	Mueller
6	Uno (1) Válvula de salida y dos (2) de entrada, GV3000, DN 300, SGRES, BS 5153, Tipo B, 32 vueltas (Sector las Charas)	Glenfield
7	Uno (1) Válvula de entrada, 32 vueltas (Sector Las Charas) y tres (3) válvulas, 26 vueltas (Sector Montecristo) BS 5163, tipo B, DN 300	Glenfield

Fuente: Elaborado por las autoras.

Tabla 2: Inventario de Equipo de la Estación de Bombeo “La Caraqueña”. (continuación)

#	Descripción del equipo	Marca
8	Uno (1) Válvula, EBCO BS – 5163, 26 vueltas (Sector Montecristo)	Belgica ST
9	Uno (1) tubería de succión ø 16”, Material Hierro galvanizado, (Sector las Charas)	
10	Tres (3) tubería de descarga ø 10” con reducción a ø 8”, Material Hierro galvanizado, (Sector las Charas)	
11	Uno (1) tubería de impulsión ø 21”, Material Hierro galvanizado, (Sector las Charas)	
12	Uno (1) tubería de succión ø 12”, Material Hierro galvanizado, (Sector Montecristo)	
13	Tres (3) tubería de descarga ø 8” , Material Hierro galvanizado, (Sector Montecristo)	
14	Uno (1) tubería de impulsión ø 21”, Material Hierro galvanizado, (Sector Montecristo)	
15	Dos (2) tableros de control, (Uno para Montecristo y el otro mixto)	
16	Uno (1) Manómetro de entrada y dos (2) de descarga, Max 50mca y 140mca.	BUDENBERG

Fuente: Elaborado por las autoras.

Tabla 3: Registro de falla de Estación “La Caraqueña”

Estación de Bombeo de “La Caraqueña”			Equipo: Bomba centrífuga horizontal			Pág.: 1 de: 2
Registro Estadísticos de Fallas			Sistema: Las Charas y Montecristo			
#	Descripción de la Falla	Mes: Abril Frecuencia de la falla	Año: 2010 Reparación	TFS (Horas)	TOP (Horas)	Observaciones
1	Bomba no arranca	Interdiario	N/A	3	45	
2	Bomba no mantiene presión de descarga	Semanal	Semanal	6	162	La reparación de la bomba es individual
3	Vibración y Ruido	Permanente	2 a 3 meses	24 a 48	2112	Se repara cuando se realiza la parada de planta o cuando se pone en riesgo el sistema
4	Recalentamiento del Cojinete	Cada 5 días	Cada 5 días	6	114	
5	Contactores Quemados	Cada 4 días	Cada 4 días	2	94	
6	Caída de Breakers	Mensual	Mensual	1	719	
TFS: Tiempo fuera de servicios ; TOP: tiempo de operación			Total	66	3246	

Fuente: Hidrocaribe

Tabla 3: Registro de falla de Estación “La Caraqueña”. (Continuación)

Estación de Bombeo de “La Caraqueña”			Equipo: Bomba centrífuga horizontal			Pág.: 2 de: 2
Registro Estadísticos de Fallas			Sistema: Las Charas y Montecristo			
#	Descripción de la Falla	Mes: Abril Frecuencia de la falla	Año: 2010 Reparación	TFS (Horas)	TOP (Horas)	Observaciones
7	Fuga en Válvula	Permanente	2 a 3 meses	24 a 48	2112	Se repara cuando se realiza la parada de planta o cuando se pone en riesgo el sistema
8	Obstrucción del impulsor	Cada 6 meses	1 mes	720	3600	
9	Motor quemado	N/R	----- -	-----	-----	
10	Fuga excesiva prensaestopas	Semanal	2 a 3 meses	24 a 48	2112	
11	Bomba funciona con rotación invertida	N/R	-----	-----	-----	
12	Fallo de alimentación del Motor	Interdiario	N/A	3	45	
TFS: Tiempo fuera de servicios ; TOP: tiempo de operación				Total	819	7869

Fuente: Hidrocaribe.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo se refiere al análisis de los resultados el cual contempla la comparación entre las metodologías encontradas y la selección de la más adecuada para la estación de bombeo “La Caraqueña”, además se realizó el cálculo de los indicadores para proponer un programa de mantenimiento.

4.1 Comparación de Indicadores para el Control de Gestión del Mantenimiento

De acuerdo a los diferentes indicadores encontrados se realiza una comparación de las ecuaciones más similares, las cuales se presentan a manera ilustrativa en las siguientes tablas:

Tabla 4: Indicador de Disponibilidad

	Ecuación	Semejanzas y Diferencias
COVENIN 3049-93	No tiene	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El cálculo de esta se realiza en función del tiempo en los tres casos. ❖ Para “A” se necesita un plan de mantenimiento a diferencia de las otras ecuaciones mostradas. ❖ En el cálculo de “D_(t)” se toma en cuenta el comportamiento de las fallas en los equipos, por esto se puede decir que es más confiable.
Guía Diógenes Suárez	$\% Disponibilidad = \frac{\text{Horas Disponible}}{\text{Horas Calendario}} \times 100$	
Libro Salih O. Duffuaa	$A = \frac{\text{Tiempo de producción planeado} - \text{Tiempo muerto no planeado}}{\text{Tiempo de producción planeado}}$	
Tesis García y Sánchez	$D_{(t)} = \frac{TPEF}{TPEF + TPFS} 100\%$	

Fuente: Elaborado por las autoras.

Tabla 5: Indicador de Orden de trabajo

	Ecuación	Semejanzas y Diferencias
COVENIN 3049-93	$CT4 = \frac{\text{Total de O.T. planificadas}}{\text{Total de O.T. terminadas}} 100\%$	❖ Las ecuaciones de COVENIN y Duffuaa son semejantes porque tienen los mismos parámetros. A diferencia del “%CPM” que utiliza los mismos datos pero de forma inversa.
Guía Diógenes Suárez	$\%CPM = \frac{\text{Número de órdenes de Trabajo Ejecutadas}}{\text{Número de órdenes de trabajo Programadas}} \times 100$	
Libro Salih O. Duffuaa	$\% = \frac{\text{Ordenes de trabajo planeadas y programadas}}{\text{Ordenes de trabajo totales ejecutadas}} 100$	
Tesis García y Sánchez	No tiene	

Fuente: Elaborado por las autoras.

Tabla 6: Indicador de Sobretiempo

	Ecuación	Semejanzas y Diferencias
COVENIN 3049-93	$CT7 = \frac{\text{Total de horas - hombre de sobretiempo}}{\text{Total de horas - hombre de tiempo ordinario}} 100\%$	<p>❖ Las ecuaciones de sobretiempo de COVENIN y Duffuaa se pueden utilizar para cualquier área de la empresa, en cambio la planteada por Suárez es utilizada específicamente para el área de mantenimiento.</p>
Guía Diógenes Suárez	$\text{Sobretiempo} = \frac{\text{Total H de sobretiempo por personal de Mantto}}{\text{Total H disponibles personal de Mantto}}$	
Libro Salih O. Duffuaa	$\% = \frac{\text{Horas de tiempo extra totales trabajadas}}{\text{Horas totales trabajadas}} 100$	
Tesis García y Sánchez	No tiene	

Fuente: Elaborado por las autoras.

Tabla 7: Indicador Relación de Mantenimiento

	Ecuación	Semejanzas y Diferencias
COVENIN 3049-93	$EO5 = \frac{\text{Horas para mantenimiento correctivo}}{\text{Horas para mantenimiento programado}}$	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ambas relacionan el mantenimiento correctivo con el preventivo. ❖ En COVENIN se utilizan las variables en horas y para Suárez se calculan en porcentajes.
Guía Diógenes Suárez	$\text{Relación de Manto} = \frac{\% \text{Mantto Correctivo}}{\% \text{Mantto Preventivo}}$	
Libro Salih O. Duffuaa	No tiene	
Tesis García y Sánchez	No tiene	

Fuente: Elaborado por las autoras.

Tabla 8: Indicador de Costos de Mantenimiento

	Ecuación	Semejanzas y Diferencias
COVENIN 3049-93	$IC2 = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Total de unidades producidas}} 100\%$	<p>❖ En las tres ecuaciones está presente en el numerador el costo de mantenimiento.</p> <p>❖ Para COVENIN y Duffuaa en el denominador se observa que están las unidades totales producidas, a diferencia de Suarez que utiliza el costo de producción.</p>
Guía Diógenes Suárez	$\% \frac{CM}{CP} = \frac{\text{Costo de Mantto}}{\text{Costo de Producción}}$	
Libro Salih O. Duffuaa	$\text{Costo por unidad} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Unidades totales producidas}}$	
Tesis García y Sánchez	No tiene	

Fuente: Elaborado por las autoras.

4.2 Análisis Comparativo

Los indicadores planteados en la norma COVENIN 3049-93 se enfocan principalmente en la organización y el costo, ya que estos tienen que ver más con el control de los empleados y los trabajos a realizar que con el mantenimiento de los equipos, excepto en los indicadores logísticos que si incluyen en el cálculo las horas para mantenimiento.

En la metodología propuesta por la Guía de Mantenimiento del Ing. Diógenes Suárez está más generalizada, debido a que no se enfoca en un solo ámbito de la empresa sino que controla todos los aspectos de la organización que tienen que ver con el mantenimiento, es decir, el control de costo, equipos, mano de obra, materiales y repuestos.

En cuanto a los índices del libro Sistemas de Mantenimiento de Salih O. Duffuaa se puede notar que se centran principalmente en medir la eficacia, reflejando los objetivos del mantenimiento que son la administración, la eficacia y el costo.

Los indicadores encontrados en la tesis de García y Sánchez, establecen las estrategias de diseño, planificación y ejecución para evaluar el mantenimiento de cada empresa.

En general estas metodologías sirven para evaluar y mejorar la gestión del mantenimiento en las empresas, sin embargo, las tres últimas (Guía Diógenes S., libro Duffuaa y tesis García Sánchez) hacen mayor énfasis en el mantenimiento de los equipos, ya que calculan la confiabilidad y disponibilidad de estos.

Según el análisis de las tablas comparativas las metodologías que presentaron más similitud fueron las COVENIN 3049-93 y la del Libro Salih O. Duffuaa, basadas en cálculo con las ecuaciones de los indicadores.

La norma COVENIN 3049-93, la Guía de Mantenimiento del Ing. Diógenes Suárez y el libro Sistemas de Mantenimiento de Salih O. Duffuaa, se asemejan en que sus indicadores incluyen el control de costo del mantenimiento. Para su aplicación estos necesitan que exista un plan organizado de mantenimiento en la empresa, en donde se registren las órdenes de trabajo, las horas-hombre empleadas, etc. En cambio, en la metodología de la tesis de García y Sánchez, solo se necesita el registro y análisis de fallas.

4.3 Aplicación de la metodología más adecuada en la Estación de Bombeo “La Caraqueña”

Por razones de poseer registro de fallas de la estación, el método de indicadores que más se adapta a nuestra investigación es la propuesta en la tesis de Cálculo y Análisis de Indicadores elaborada por García y Sánchez, ya que en la empresa Hidrocaribe no existe un plan de mantenimiento preventivo, sino que se aplica el mantenimiento correctivo llevando solo el registro de las reparaciones y aunque se utilicen las ordenes de trabajo no llevan un control de estas, ni un registro en el área del mantenimiento.

4.4 Ejemplo de cálculo sobre la Estación de Bombeo “La Caraqueña”

Del registro de fallas suministrado por Hidrocaribe ($N = 10$) se consideraron de mayor importancia las siguientes y de las cuales se obtienen valores que sirven como datos para el cálculo de los indicadores.

Tabla 9: Tabla de datos y totales de los tiempos a utilizar

Fallas	TFS	TOP
Bomba no arranca	3,00	45,00
Bomba no mantiene presión de descarga	6,00	162,00
Vibración y Ruido	48,00	2.112,00
Recalentamiento del Cojinete	6,00	114,00
Contactores Quemados	2,00	94,00
Caída de Breakers	1,00	719,00
Fuga en Válvula	48,00	2.112,00
Obstrucción del impulsor	720,00	3.600,00
Fuga excesiva prensaestopas	48,00	2.112,00
Fallo de alimentación del Motor	3,00	45,00
Total	885,00	11.115,00

Fuente: Elaborado por las autoras

❖ Tiempo Promedio entre Fallas:

$$TPEF = \frac{\sum TOP}{N}$$

$$TPEF = \frac{11115}{10} = 1111,5h$$

❖ Tiempo Promedio Fuera de Servicio:

$$TPFS = \frac{\sum TFS}{N}$$

$$TPFS = \frac{885}{10} = 88,5h$$

❖ Cálculo de la Confiabilidad:

El cálculo se realizó por medio de la distribución exponencial debido a que fue el método que mejor se adaptó a los datos suministrados por la empresa, no se utilizó no paramétrico porque no existe ningún registro histórico de los datos operacionales, solo fueron suministrados los tiempos de fallas de un mes.

Como las fallas a analizar ocurrieron en el mes de Abril, el valor del tiempo de estudio (t) es igual a 720horas.

$$R(t) = e^{-t/TPEF}$$

$$R(720) = e^{-720/1111,5} = 0,523 * 100\% = 52,3\%$$

❖ Cálculo de Mantenibilidad:

Para este cálculo se consideraron 9 fallas de las suministradas por Hidrocaribe, ya que la obstrucción del impulsor es una falla que se presenta muy eventualmente en la estación y al momento de realizar el análisis se observa que su TFS está muy alejado de los otros tiempos y el ajuste de curva no sería confiable.

Los pasos 1,2 y 4 explicados en el Capítulo II de la distribución de Gumbell se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 10: Probabilidad de falla (P_f)

Fallas	TFS	TOP	i	P_f	P_f (%)
Caída de Breakers	1,00	719,00	1	0,074	7,45
Contactores Quemados	2,00	94,00	2	0,181	18,09
Bomba no arranca	3,00	45,00	3	0,287	28,72
Fallo de alimentación del Motor	3,00	45,00	4	0,394	39,36
Recalentamiento del Cojinete	6,00	114,00	5	0,500	50,00
Bomba no mantiene presión de descarga	6,00	162,00	6	0,606	60,64
Vibración y Ruido	48,00	2.112,00	7	0,713	71,28
Fuga excesiva prensaestopas	48,00	2.112,00	8	0,819	81,91
Fuga en Válvula	48,00	2.112,00	9	0,926	92,55
Total	165,00	7.515,00			

Fuente: elaborada por las autoras

$$\text{Como } N < 20 \text{ entonces } P_f = \frac{1-0.3}{9+0.4} = 0,074$$

$$TPFS = \frac{165}{9} = 18,33h$$

Con la figura N°6 del papel Gumbell normal tipo I, se graficaron los puntos TFS vs P_f para así representar la recta y al cortar obtener el parámetro de la característica para reparar (u). $u = 19$

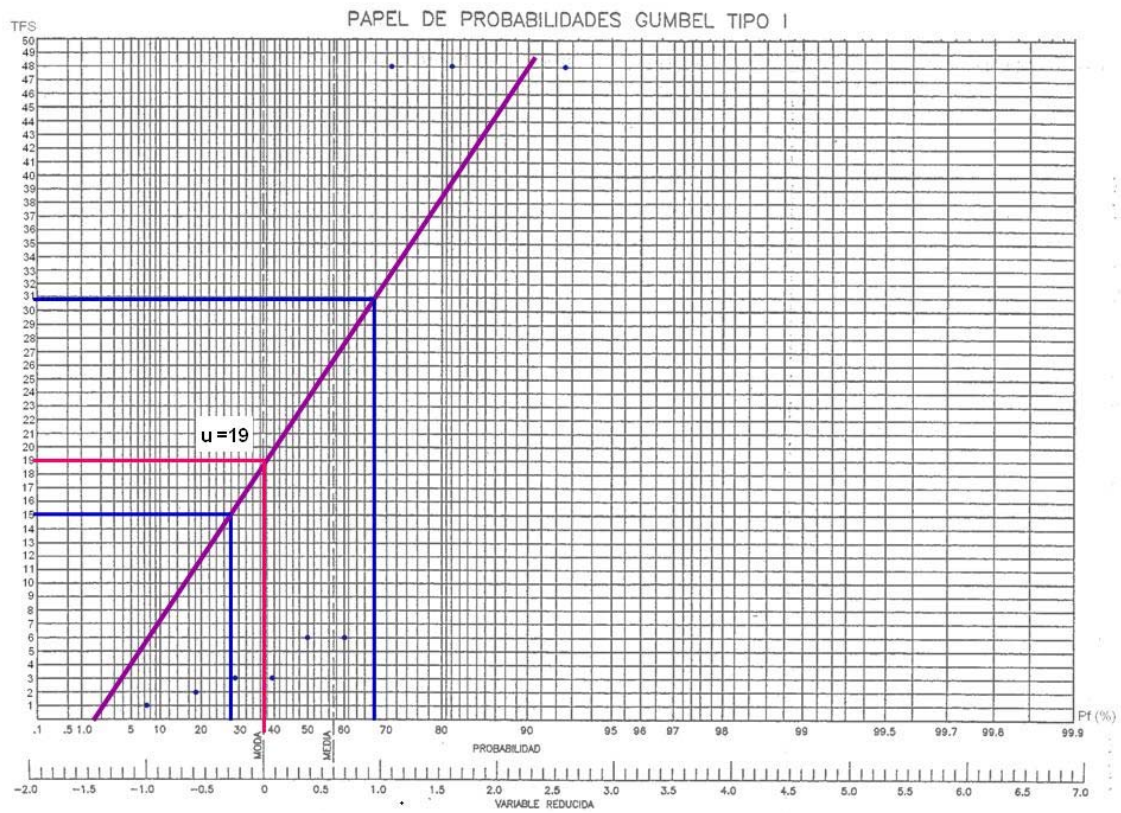


Figura N°6: Grafica TFS vs P_f en Papel Gumbell.

Fuente: Elaborada por las autoras.

De la gráfica se tomaron los puntos (28, 15) y (68, 31) para obtener la pendiente de la recta y su inversa.

$$m = \frac{31 - 15}{68 - 28} = 0,4$$

$$a = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

El tiempo promedio fuera de servicio grafico resulto:

$$TPFS_{gráfico} = 19 + \frac{0,5778}{2,5} = 19,23h$$

Porcentaje de error entre el valor de $TPFS_{analítico}$ y $TPFS_{gráfico}$

$$\% ERROR = \left| \frac{18,83 - 19,23}{18,83} \right| 100 = 2,12\%$$

Esto indica que el error es aceptable y la mantenibilidad de los equipos se representa así:

$$P_{(t)} = \frac{1}{e^{-2,5(19,23-19)}} = 0,57 * 100 = 57\%$$

❖ Cálculo de Disponibilidad:

$$TPFS = \frac{1111,5}{1111,5 + 88,5} 100\% = 92,6\%$$

❖ Resumen de resultados de indicadores obtenidos:

Confiabilidad	Mantenibilidad	Disponibilidad
52,3% < 90% los equipos no son confiables.	57,1% > 50% existe mantenibilidad pero debe mejorarse.	92,6% < 95% se considera que existe disponibilidad pero debe mejorarse.

Fuente: Elaborado por las autoras

4.5 Programa de Mantenimiento Propuesto para la Estación de bombeo “La Caraqueña”

Según el análisis de la localización de fallas propuestas por Marcano y Serrano en su monografía de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Anexo N°1. “Localización de fallas”) se observan una serie de medidas preventivas, entre las que destaca el plan de mantenimiento a desarrollar en la instalación en estudio.

Tabla 11: Programa basado en las frecuencias de las fallas.

	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Bianual	Programa de Mantenimiento
Revise suministro eléctrico.							
Revise válvula de succión.							Extienda a semanal si funciona bien.
Revise por fugas.							Extienda a semanal si funciona bien.
Revise Vibración.							Extienda a semanal si funciona bien.
Revise temperatura en cojinetes.							Extienda a semanal si funciona bien.
Revise lubricación.							Extienda a semanal si funciona bien.
Revise el motor.							Extienda a semanal si funciona bien.

Fuente: Elaborada por las autoras.

Tabla 11: Programa basado en las frecuencias de las fallas. (Continuación)

	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Bianual	Programa de Mantenimiento
Lubrique cojinete							
Revise desagües de sellos							Depende de las condiciones ambientales.
Examine los sellos mecánicos.							Renueve si es necesario.
Cambio de sellos mecánicos.							
Revise y apriete pernos.							
Desmantelar la bomba y rehabilitar.							
Revise alineación de cojinetes.							
Revise tuberías.							
Limpie y recargue los cojinetes de bola y rolineras con grasa,							Refiérase a las instrucciones del fabricante.

Fuente: Elaborada por las autoras.

Para definir los programas de mantenimiento se deben seleccionar las actividades de mantenimiento y las frecuencias con que se realizan cada una de estas, teniendo como base condiciones de trabajo, especificaciones del fabricante, condiciones del equipo, etc.

El programa de mantenimiento propuesto para los equipos está orientado hacia el mantenimiento preventivo, ya que mediante la aplicación de este se logra una mayor vida útil del equipo, incrementando la calidad del trabajo, y de esta forma evitar interrupciones, ahorro de tiempo y dinero.

Durante las primeras semanas tras la aplicación del plan, hay que supervisar la realización hablando con el personal encargado y anotando sus sugerencias y comentarios, ya que empezaran a surgir cambios en el mismo.

Se debe establecer un sistema de inspección de rutina y mantenimiento durante el cual, la condición de las diferentes unidades en la planta se puedan determinar para compararlas con inspecciones posteriores. Cualquier defecto se debe reparar o los componentes deben ser reemplazados a la brevedad posible, cualquier causa conocida de los defectos debe ser anotada como referencia futura.

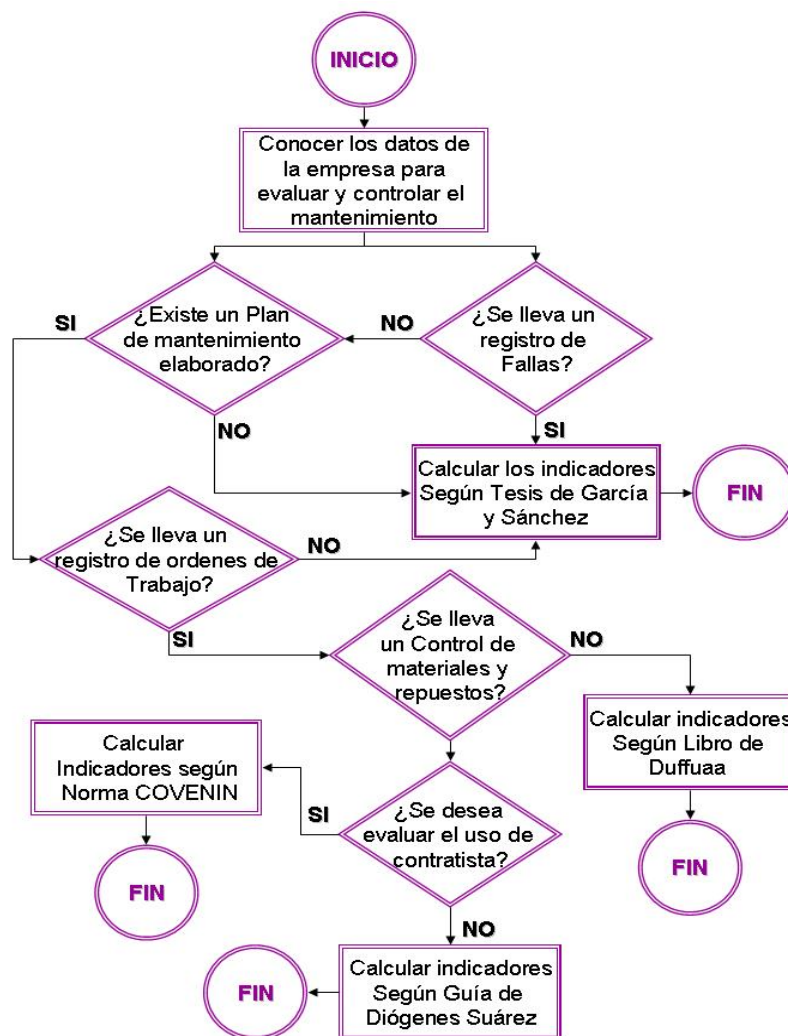
Algunas inspecciones solo se pueden hacer cuando la planta está parada, por ello es necesario elaborar un programa de paradas en la estación de bombeo “La Caraqueña”, y otras se pueden hacer bajo condiciones operativas.

Un alto grado de limpieza del equipo y área circundante debe ser mantenido ya que así se pueden detectar fugas menores y defectos que de no ser detectados, pueden llevar a daños mayores.

4.6 Diagrama de Flujo de las Metodologías Encontradas

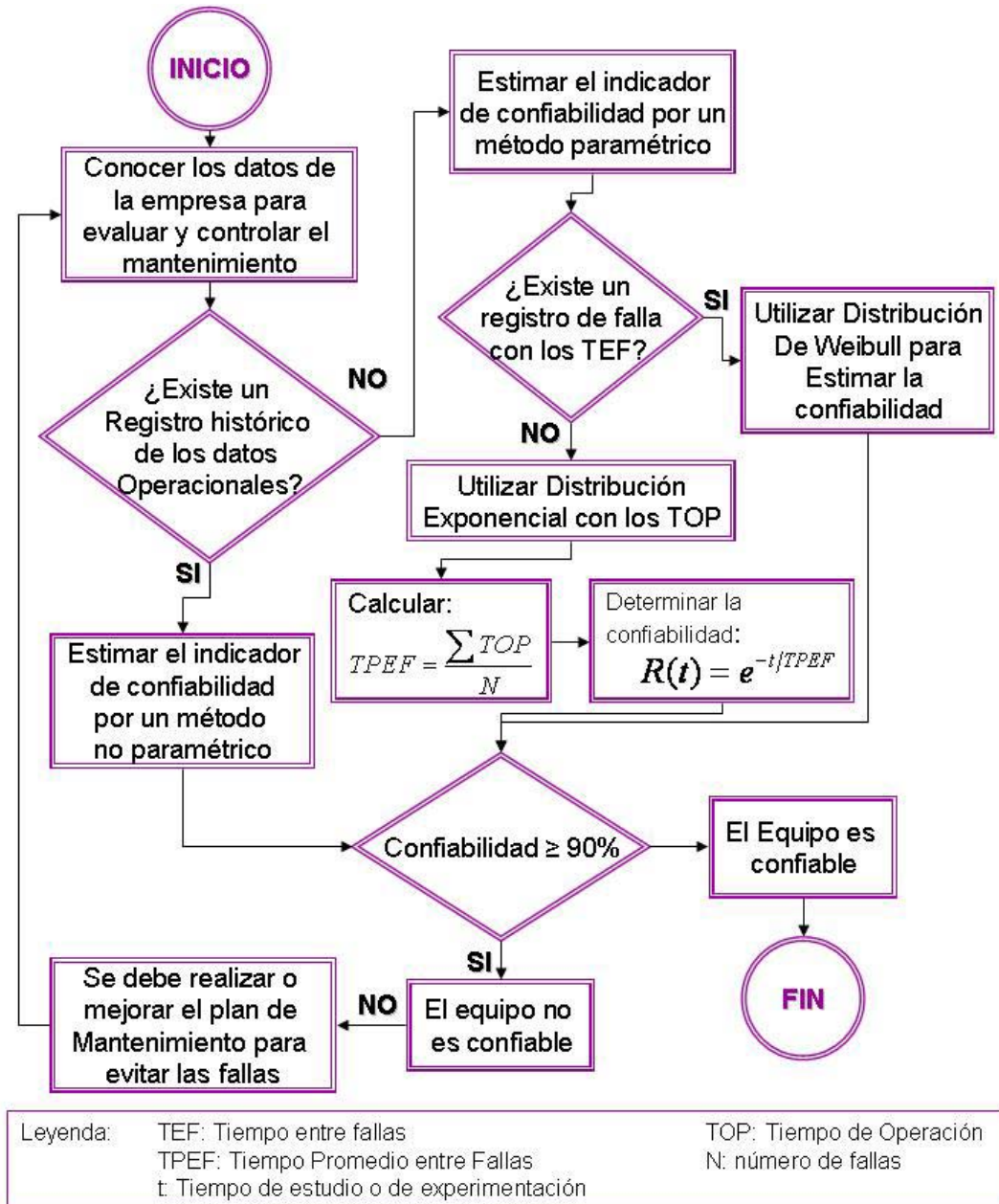
Se elaboró un diagrama general para determinar la metodología más adecuada a los datos de la empresa, con los cuales la más apta es la de García y Sánchez, igualmente se realizó un diagrama para los indicadores del ejemplo que son confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

4.6.1 Diagrama General para seleccionar la metodología adecuada



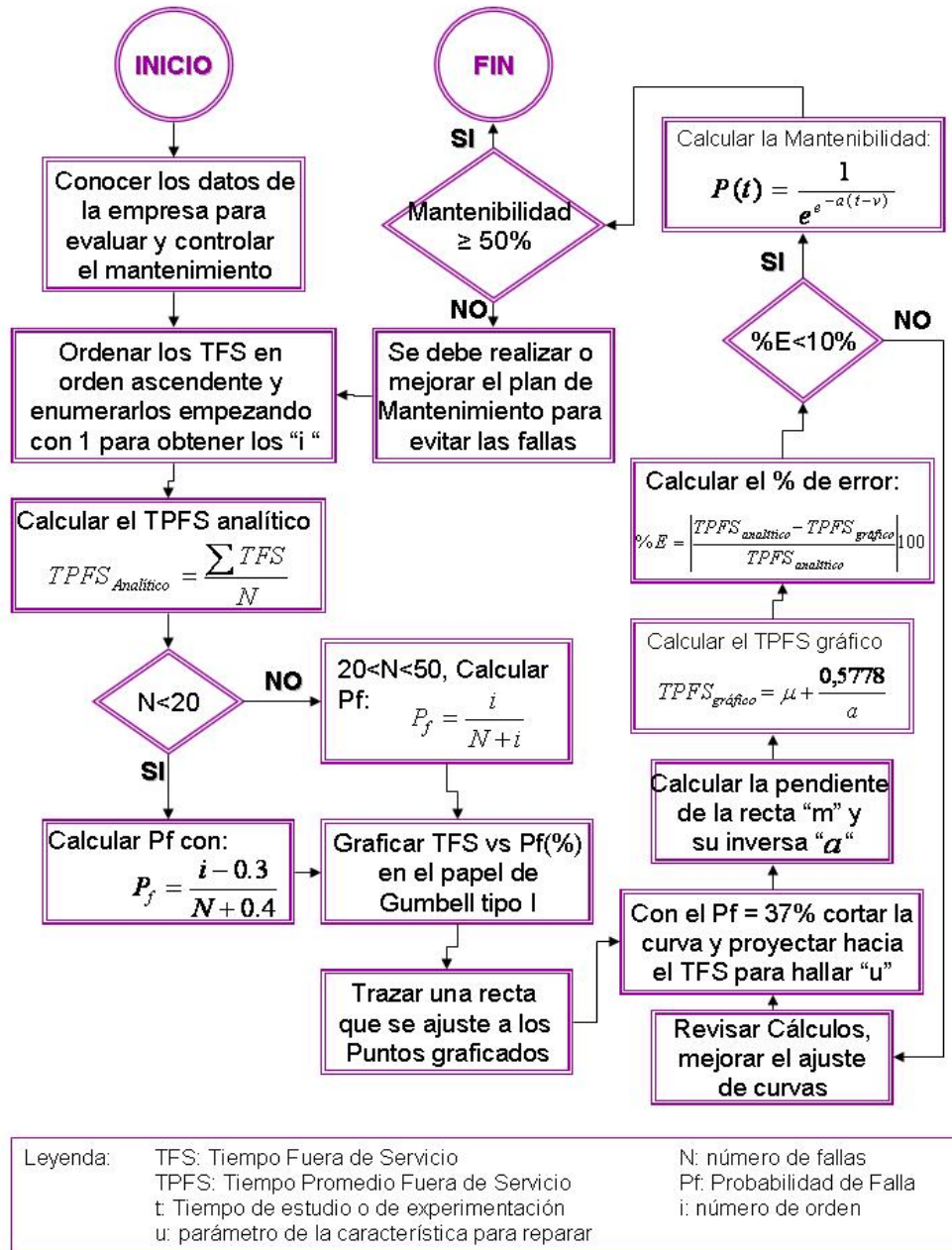
Fuente: Elaborado por las autoras

4.6.2 Diagrama de Flujo del Indicador de Confiabilidad



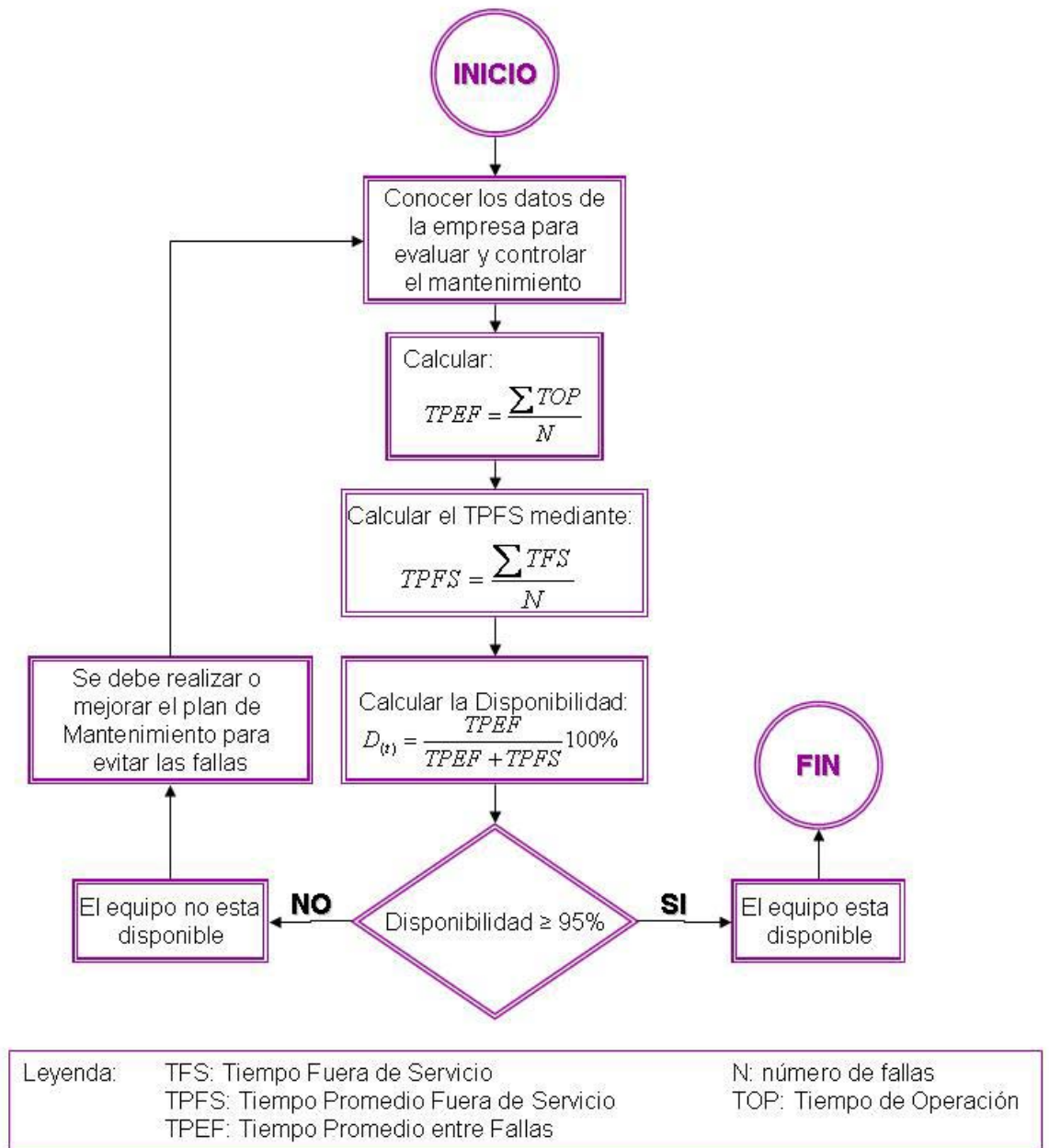
Fuente: Elaborado por las autoras

4.6.3 Diagrama de Flujo del Indicador de Mantenibilidad



Fuente: Elaborado por las autoras

4.6.4 Diagrama de Flujo del Indicador de Disponibilidad



Fuente: Elaborado por las autoras

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. La metodología de este estudio está basada en indicadores de gestión, de los cuales se aplicaron confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, ya que se adaptan a los datos de fallas suministrados por la empresa Hidrocaribe de la estación de bombeo “La Caraqueña”.
2. Las principales fallas que se presentan en la estación se derivan de la falta de suministro eléctrico.
3. En relación al cálculo de la confiabilidad con las fallas reportadas del mes de Abril del presente año, el resultado arrojado es de 52,3% lo que implica una probabilidad del 47,7% de que en un mes el equipo falle, estando por debajo del patrón de confiabilidad del 90%
4. La mantenibilidad es descrita por la distribución de Gumbell, en el caso de la estación la caraqueña fue de 57% lo que muestra la necesidad de la aplicación de actividades de mantenimiento coordinadas y planificadas.
5. Existe disponibilidad de 92,6% en los equipos de la estación “La Caraqueña”, sin embargo está por debajo del rango del 95% se debe mejorar la disponibilidad de los equipos.

6. De acuerdo a los datos obtenidos se puede decir que con la aplicación del programa de mantenimiento propuesto se lograra reducir el número de fallas y las paradas no programadas de los equipos.

5.2 Recomendaciones

1. Un buen control de gestión de mantenimiento pone de manifiesto la importancia de la función de las mismas en una empresa, por lo cual conviene conocer el alcance de su gestión para así lograr el éxito.
2. Principalmente se recomienda establecer un plan de mantenimiento preventivo en vez de correctivo en las obras sanitarias, ya que estas permiten que el abastecimiento de agua llegue a la población de manera justa, por ello se debe ejecutar el programa de mantenimiento propuesto.
3. Es necesario gestionar correctamente las necesidades y prioridades de la función de mantenimiento, para lograr los efectos adecuados, a través de la mejora en cuanto a eficacia y eficiencia de procesos con lo cual alcanzar la excelencia operativa de la planta, para esto se deben registrar las historias de fallas de los equipos, el tiempo en que ocurren, cuanto tiempo se tarda en poner el equipo en funcionamiento y cambio de los mismo, para llevar a cabo los indicadores q permiten evaluar el desempeño.
4. También es imprescindible formar al personal de mantenimiento en el programa, explicando en que consiste y que fallos se pretende evitar, para así lograr el cambio necesario.

5. Colocar una planta eléctrica para evitar que los racionamientos de luz que se realizan en la semana afecte el funcionamiento de los equipos de la estación “La Caraqueña” y sea continuo el suministro de agua.

6. Concientizar a la gerencia de mantenimiento en ver toda gestión de mantenimiento como una inversión y no como un gasto para la empresa, ya que mantener y reparar los equipos a tiempo traerá como consecuencia un mayor rendimiento de los equipos y por ende un buen funcionamiento de la estación de bombeo La Caraqueña”

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ LANDAETA, J. (2.009). **“Establecimiento de un Sistema Indicador de Gestión para el Control del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los Equipos de Rehabilitación de Pozos (work- over) de una empresa de Perforación y Rehabilitación de Petroleros”**. Tesis de Grado UDO Anzoátegui, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Industrial.
- ❖ DOUNCE, E. (1.985). **“La Administración en el Mantenimiento”** Editorial Continental S.A., México.
- ❖ NORMA VENEZOLANA COVENIN 3049-93. (2.001) **“Mantenimiento. Definiciones”**.
- ❖ GARCIA, J. y SANCHEZ, M. (2.005). **“Cálculo de Indicadores y Analisis de Gestión de Mantenimiento a la Maquinaria de una Empresa Dedicada a la Ejecución de Obras Civiles y Electromecánicas”**. Tesis de Grado UDO Anzoátegui, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Industrial.
- ❖ SUÁREZ, D. (2.001) **“Mantenimiento Mecánico”** Guía teórico practico, UDO Anzoátegui, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Mecánica.

- ❖ OSPINO, A. (2.000). **“Mantenimiento”**. Disponible en: <http://foxmancol.googlepages.com/MANUALDEFALLASYMANTENIMIENTO.pdf>
- ❖ GARCÍA, O. (2.004). **“El Mantenimiento Productivo Total y su Aplicabilidad Industrial”**. Disponible en: <http://www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/repart/TPM.pdf>
- ❖ ORDÓÑEZ, J. (2.002). **“Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua”**. Disponible en: <http://www.cruzroja.org/salud/redcamp/docs/aguasan-h/Manual-OyM.pdf>
- ❖ CEPIS (2.005). **“Guías para la Operación y Mantenimiento de Reservorios Elevados y Estaciones de Bombeo”**. Disponible en: http://www.cepis.org.pe/bvsacg/quialcalde/2sas/d23/042_O&M_de_reservorios_elevados_y_estaciones_de_bombeo/O&M_de_reservorios_elevados_y_estaciones_de_bombeo.pdf

ANEXOS

ANEXO N°1. Localización de fallas de La Estación “La Caraqueña”

Sintoma	Causa Posible	Según su criticidad	Acción a Tomar
La Bomba no arranca	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Suministro electrico al motor esta aislado o falla de suministro. ❖ Adhesión de la bomba o el motor 	Critico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Revise suministro electrico. ❖ Desmantele y rehabilite como sea necesario
La bomba no mantiene Presión de Descarga	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bomba funciona a baja velocidad. ❖ Válvula de succión parcialmente cerrada. ❖ Bomba no esta cebada. ❖ Fuga de aire en la bomba o sistema de succión. 	Critico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Revise el motor. ❖ Revise válvula de succión. ❖ Cebe la bomba.
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Juego escesivo de los impulsores. 		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Revise por fugas. ❖ Desmantele la bomba y rehabilite como sea.
Fuga excesiva del Prensaestopa	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sello mecanico ajustado inapropiadamente. ❖ Elementos del sello mecanico desgastado o dañado. ❖ Eje desgastado 	Tolerable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desmantele y reensamble el sello. ❖ Reponga el sello. ❖ Desmantele y reensamble el sello.
Ruido/ vibración excesivo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cavitacion. ❖ Conjunto rotatorio desbalanceadoe.q. impulsor muy desgastado. ❖ Pernos de amarre sueltos. ❖ Desalineación entre bomba y motor. ❖ Cojinetes defcutosos. ❖ Material forraleo atrapado en la carcasa de la bomba. ❖ Tuberia sistentada incorrectamente. 	Tolerable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Revise condiciones de succión ❖ Desmantele y rehabilita como sea necesario. ❖ Revise alineación y apriete pernos. ❖ Revise alineación. ❖ Desmantele la bomba y rahabilite como sea necesario. ❖ Revise tuberia.

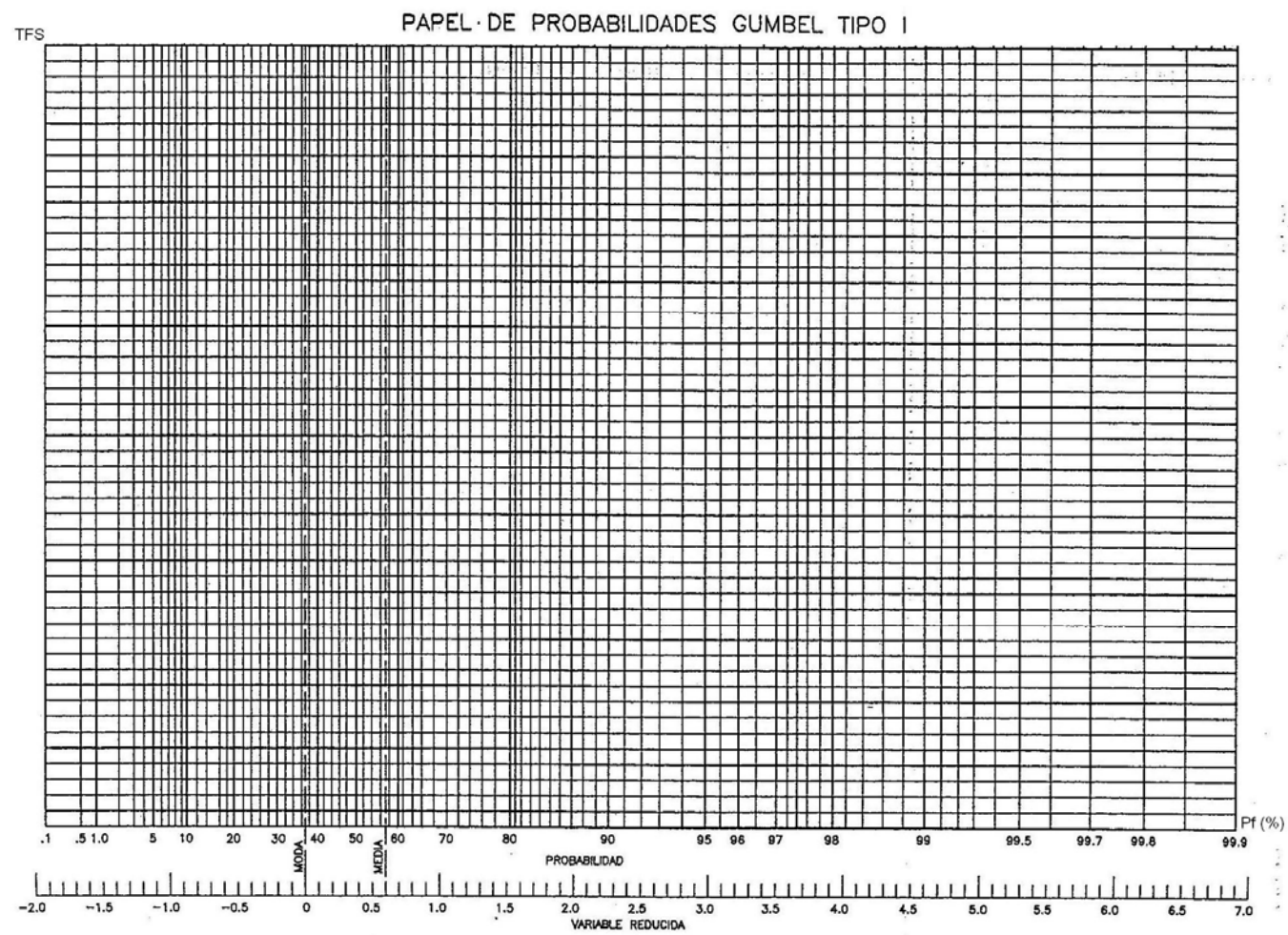
Fuente: Monografía (Marcano y Serrano).

ANEXO N°1. Localización de fallas de la Estación “La Caraqueña”
(Continuación.)

Sintoma	Causa Posible	Según su criticidad	Acción a Tomar
Recalentamiento de los cojinetes	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Insuficiente/ excesivo lubricante en cojinetes. ❖ Cojinetes defectuosos. 	Tolerable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Revise el lubricante del cojinete ❖ Desmantele y reemplace el cojinete.
Fuga en Valvula	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Elementos del sello desgastados ❖ Sellos mecanicos ajustados incorrectamente 	Tolerable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La reparacion debe ser supervisada, los repuesto deben ser de buena calidad ❖ Reponga el sello ❖ Desmantele y reensamble el sello.
Contactores quemados	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bobinas quemadas ❖ Instalacion incorrecta ❖ Mala calidad 	Tolerable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Regular los cambio de voltajes por medios de plantas electricas ❖ La instalacion debe ser realizada por personal capacitado
Caida de Breakers	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cortocircuito ❖ Falla del suministro Central ❖ Demanda excesiva de electricidad 	Tolerable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Colocar adecuadamente el cableado, se recomienda que sea gente especializada.

Fuente: Monografía (Marcano y Serrano).

ANEXO N°2. Papel Logaritmo-Normal Gumbell tipo 1



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN OBRAS SANITARIAS
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Escobar A., Andrea G.	CVLAC: 18.510.080 E MAIL: a.escobar17@hotmail.com
García M., Mirca L.	CVLAC: 18.914.711 E MAIL: mirca.garcia@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Control

Mantenimiento

Gestión

Indicadores

Estación de Bombeo

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Civil

RESUMEN (ABSTRACT):

Este estudio fue realizado con el objeto de proponer una Metodología para el control de la gestión de mantenimiento en obras sanitarias, que sirva como guía en el área de mantenimiento, para dar una mejor explicación de la metodología propuesta se seleccionó a la estación de bombeo “La Caraqueña”. Se emplearon las fallas que presentan los equipos de dicha estación con la información recolectada en las visitas directas. Con estos datos se procedió a comparar los métodos de control de gestión para escoger el más favorable de acuerdo a la aplicación del mantenimiento, por medio de los indicadores. Se realizó el cálculo de la metodología en la estación de bombeo para evaluar el desempeño de los equipos y así proponer el programa de mantenimiento con el fin de disminuir las fallas.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Morales C., Hilda J.	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:	5.189.811			
	E_MAIL	moraleshc@gmail.com			
	E_MAIL				
Ghanem R., Ana V.	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	5.396.725			
	E_MAIL	ana_ghanem@hotmail.com			
	E_MAIL				
Gomez S., Marielys M.	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	15.155.952			
	E_MAIL	mariely2002@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	Mayo	21
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
MONOGRAFIA. Control de la gestión de mantenimiento en obras sanitarias.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H

I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u

v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Civil

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Civil

INSTITUCIÓN:

Universidad De Oriente. Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

Escobar A., Andrea G.

AUTOR

García M., Mirca L.

AUTOR

Morales C., Hilda J.

TUTOR

Ghanem R., Ana V.

JURADO

Gómez S., Marielys M.

JURADO

Saab, Yasser A.

POR LA SUBCOMISION DE TESIS