



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**MEJORA DEL PROCESO DE PLANEACIÓN Y
PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO
DENTRO DE LA EMPRESA FAISMON S.A.S**

Autor(es)

Camilo Agudelo Olarte

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica

Medellín, Colombia

2019



MEJORA DEL PROCESO DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE
MANTENIMIENTO DENTRO DE LA EMPRESA FAISMON S.A.S

Camilo Agudelo Olarte

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Asesores (a):

Juan Carlos Orrego Ingeniero Mecánico

Cesar Monterroza Arrieta Ingeniero Mecánico

Línea de Investigación:

Mantenimiento

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica

Medellín, Colombia

2019

RESUMEN

El desarrollo de la práctica académica se hizo en el área de mantenimiento y costo de dos partes: La primera fue la implementar el software de mantenimiento en la empresa HRA Uniquímica, donde se realiza toda la migración de activos existente en hojas de Excel y sus respectivos planes de mantenimiento al nuevo software y se expuso sus beneficios con el cliente para mejorar la comunicación entre el departamento de mantenimiento y producción y la segunda fue desarrollar una matriz AMEF para la grúas con mayor complejidad en la empresa. Debido a nuevos estructuramientos internos de la empresa se vio la necesidad de adecuar unos nuevos planes de mantenimientos que sea más acorde al ADN de cada máquina.

Fractal es el software de mantenimiento que se utilizó siendo un CMMS basado en la nube presentando una gran versatilidad ya que es móvil, Este CMMS solo se ha implementado en las obras de HRA Uniquímica y FAISMON sede taller.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una matriz AMEF para la grúa de elevación, definiendo funciones principales y modos de fallas para mejorar los actuales planes de mantenimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar taxonomía existente de equipos Liebherr T80.
- Definir funciones principales de cada uno de los elementos.
- Definir rangos a trabajar en las tablas de severidad, ocurrencia y detectabilidad.
- Elaborar matriz AMEF para los tres equipos Liebherr.
- Calcular el número de prioridad de riesgo.

MARCO TEORICO

Dentro de la filosofía de lo que es la gestión de mantenimiento, se encuentra que “Mantenimiento no es reparar, mantenimiento es gerenciar recursos y planificar

actividades sobre la base de estudios estadísticos. Mantenimiento es la aplicación de filosofías de nueva generación desarrolladas en la última década y en actualización constante. Mantenimiento es el manejo científico de variables técnicas de gran complejidad. La ingeniería de mantenimiento se moderniza constantemente y requiere de un soporte de alta calidad, los CMMS o EAM”¹.

Por esta razón las organizaciones han logrado migrar a los CMMS (Computerized Maintenance Management System) que son sistemas que nacen para ayudar a atender aspectos que permitan mejorar la administración del mantenimiento. Pero estos sistemas no trabajan solos; se nutren de datos y de tareas que requieren administración y que, al ser manejados con precisión forman parte de un proceso sistémico de gestión, en los que tener claro el concepto de mantenimiento, planificación y programación del mismo, son la clave para poder entender cuál es el modelo de gestión estratégica definido para cada organización.

Para tener un concepto global y acertado del trabajo se presentarán varios de los conceptos relacionados al tema en mención.

MANTENIMIENTO

Es una actividad dinámica donde interactúan varias variables complejas dentro de un patrón aleatorio que se fundamenta en la teoría de probabilidades, y su objetivo es la maximización de la efectividad del sistema, sin sacrificar la seguridad y el ambiente. Esta actividad debe ser susceptible a ser: Planificada, Dirigida y Controlada a través de una **gerencia de mantenimiento** que tiene como funciones primarias:

- **Control de trabajos y equipos:** Capacidad de parar selectivamente (suspender) la ejecución de procesos y continuar (reanudar) su ejecución posteriormente.

¹ Christensen Claudio Hector. Maruzzi Dario. Consideraciones sobre CMMS. Tomado de www.mantenimientomundial.com.

- **Control de materiales:** es la optimización del uso del almacén, Inventarios y Compras se ven reflejadas en las importantes reducciones que se consiguen en los mismos y en la disminución del número de áreas de almacenamiento, menor riesgo por obsolescencia, optimización de los procesos productivos, disminución de nómina, seguros, mantenimiento y procesamiento de pedidos.
- **Control de costos:** son los costos acarreados por una parada no planificada al equipo, estos incluyen mano, materiales y herramientas, y un porcentaje de los ingresos por incumplimiento del servicio a tiempo.
- **Reporte a la gerencia:** informe del personal de mantenimiento presentado al gerente de este departamento donde se exponen, todas aquellas acciones de mantenimiento seleccionadas para ejecutar y se contrastan con las realmente realizadas y las no efectuadas. Estas funciones deben ser interconectadas por una base de datos que incluyan, entre otros, los registros de los equipos. El mantenimiento debe ser analizado como un sistema abierto donde interactúan múltiples variables complejas.

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

“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

OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO: ALGUNOS DE LOS OBJETIVOS SON:

- Mejorar continuamente los equipos hasta su más alto nivel operativo, mediante el incremento de la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.

² MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para empresas Industriales o de servicios. Edición AMG. Envigado Colombia. 2005

- 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
- Maximizar el retorno de los activos (ROA)

**FUNCIONES BÁSICAS DEL PROCESO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO:
LAS FUNCIONES BÁSICAS SON:**

Planificar: Consiste en decidir lo que habrá de 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: conjuntos 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.

**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.

PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

“Una organización de mantenimiento puede ser de diversos tipos, pero en todos ellos aparecen los tres componentes siguientes, necesarios e interrelacionados:

- **Recursos:** comprende personal, repuestos y herramientas, con un tamaño, composición, localización y movimiento determinados.
- **Administración:** una estructura jerárquica con autoridad y responsabilidad que decida qué trabajo se hará, y cuándo y cómo debe llevarse a cabo.
- **Planificación del trabajo y sistema de control:** un mecanismo para planificar y programar el trabajo, y garantizar la recuperación de la información necesaria para que el esfuerzo de mantenimiento se dirija correctamente hacia el objetivo definido.

La totalidad del sistema de mantenimiento es un organismo en continua evolución, cuya organización necesitará una modificación continua como respuesta a unos requisitos cambiantes. Como el objetivo principal de la organización es hacer corresponder los recursos con la carga de trabajo, es preciso considerar estas características.

Al hablar de carga de trabajo, se debe hacer distinción entre trabajos programados y no programados. Los primeros se refieren principalmente a las tareas de mantenimiento preventivo y condicional, mientras que los segundos están relacionados con las tareas de mantenimiento correctivo.

- **Trabajos no programados:** Para el conjunto del sistema, los trabajos no programados se presentan de una manera casi aleatoria; a menudo se encuentra que la distribución de los tiempos necesarios para realizar esos trabajos se aproxima mucho a la distribución log normal. De no existir una vigilancia de la condición, no puede llevarse a cabo la programación hasta que se ha producido la petición de trabajo. Parte de la demanda de trabajos de mantenimiento no programados se presenta sin previo aviso y exige una atención urgente. Es difícil planificar los trabajos de emergencia, y otros de alta prioridad y ausencia de aviso previo. Como mucho, sólo se puede prever el número medio de peticiones. Los trabajos individualizados exigen atención en el turno durante el que se presentan. A veces este tipo de trabajo se denomina trabajo no programado, a pesar de que su demanda debe programarse en términos de personal, repuestos y equipo. En este caso, la dificultad principal es la predicción del tiempo disponible para la programación y la planificación de ese trabajo.
- **Trabajos programados** Se pueden planificar con detalle y programarse con antelación, con las tolerancias de tiempo necesarias para el acoplamiento y la regularización del trabajo. Estos trabajos se clasifican según la facilidad con que pueden programarse:
 - **Trabajos de rutina:** Trabajos de corta periodicidad realizados principalmente durante el funcionamiento del sistema.
 - **Trabajos menores, con el sistema parado:** Reposiciones y otros trabajos poco importantes que incluyen trabajos de corta y media periodicidad a sistema parado. Se realizan a menudo en intervalos entre operaciones.
 - **Trabajos mayores, con el sistema parado:** Revisiones generales y otros trabajos importantes a sistema parado, que incluyen trabajos de larga periodicidad, trabajos múltiples, trabajos que precisan diversas especialidades. En la mayoría de los casos es necesaria una parada programada. En general, las dos primeras categorías pueden programarse de forma equilibrada a lo largo del año, planificando y programando la tercera de forma específica. La diferencia principal entre trabajo

programado y no programado es que el nivel y tipo del trabajo no programado se decide en el departamento de mantenimiento, en vez de generarse desde el sistema. Varios departamentos están implicados en el proceso de toma de decisiones y se necesitan diversas fuentes de información. Como cada tipo de trabajo de mantenimiento tiene diferentes características, la naturaleza de la organización del mantenimiento dependerá mucho de las proporciones relativas de los trabajos no programados, programados y condicionales. Se necesita una experiencia operativa considerable si se quiere evaluar correctamente el nivel esperado de trabajo programado consecuente a una entrada de trabajo no programado. La relación entre trabajo no programado y programado siempre es confusa. Siempre hay un cierto retraso antes de que se atienda una petición no planificada lo que debe tenerse en cuenta en la organización de los recursos.

PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO.

Una vez la orden es planeada, el **programador** verifica la existencia de los recursos necesarios. En caso afirmativo incluye la orden en un pre- programa para ser presentado en la reunión semanal de programación. En esta reunión se tratan todos los aspectos relacionados con la fecha en que, durante la semana siguiente, se efectuarán los trabajos a programar. Cambios de prioridades y mejores oportunidades tanto para producción como para mantenimiento para optimizar sus recursos.

También en esta reunión se mostrarán los resultados de la semana anterior y se acordarán acciones de mejoramiento.

PARTE 2

AMEF (ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA)

El AMEF o *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*) es una técnica de prevención, utilizada para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos.

PREPARACIÓN DEL AMEF

Se recomienda que sea un equipo multidisciplinario el que lo lleve a cabo.

Por ejemplo: el ingeniero responsable del sistema, producto o proceso de manufactura/ ensamble se incluye en el equipo, así como representantes de las áreas de Diseño, Manufactura, Ensamble, Calidad, Confiabilidad, Servicio, Compras, Pruebas, Proveedores y otros expertos en la materia que se considere conveniente.

CUANDO INICIAR UN AMEF Al diseñar los sistemas, productos y procesos nuevos.

- Al cambiar los diseños o procesos existentes o que serán usados en aplicaciones o ambientes nuevos.
- Después de completar la Solución de Problemas (con el fin de evitar la incidencia de los mismos).
- El AMEF de sistema, después de que las funciones del sistema se definen, aunque sea antes de seleccionar el hardware específico.
- El AMEF de diseño, después de que las funciones del producto son definidas, aunque sea antes de que el diseño sea aprobado y entregado para su manufactura.
- El AMEF de proceso, cuando los dibujos preliminares del producto y sus especificaciones están disponibles.

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL A.M.E.F (DISEÑO O PROCESO)

Determinar el proceso o producto a analizar.

- *AMEF de diseño (FMAD)*: Enumerar que es lo que se espera del diseño del producto, que es lo que quiere y necesita el cliente, y cuáles son los requerimientos de producción. Así mismo listar el flujo que seguirá el producto a diseñar, comenzando desde el abastecimiento de materia prima, el(los) procesos (s) de producción hasta la utilización del producto por el usuario final. Determinar las áreas que sean más sensibles a posibles fallas.
- *AMEF de procesos (FMEAP)*: Listar el flujo del proceso que se esté desarrollando, comenzando desde el abastecimiento de la materia prima, el proceso de transformación hasta la entrega al cliente (proceso siguiente). Determinar las áreas que sean más sensibles a posibles fallas. En el caso de empresas de servicios no hay materias primas, para estos casos se toman en cuenta las entradas del proceso.

Establecer los modos potenciales de falla.

Para cada una de las áreas sensibles a fallas determinadas en el punto anterior se deben establecer los modos de falla posibles. *Modo de falla* es la manera en que podría presentarse una falla o defecto. Para determinarlas nos cuestionamos ¿De qué forma podría fallar la parte o proceso?

Determinar el efecto de la falla

Efecto: Cuando el modo de falla no se previene ni corrige, el cliente o el consumidor final pueden ser afectados.

Determinar la causa de la falla

Causa: Es una deficiencia que se genera en el Modo de Falla.

Las causas son fuentes de **Variabilidad** asociada con variables de Entrada Claves (KPIVs).

Determinar el grado de severidad.

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 5: el '1' indica una consecuencia muy baja. El 5 indica una consecuencia muy alta.

Determinar el grado de ocurrencia:

Es necesario estimar el grado de ocurrencia de la causa de la falla potencial. Se utiliza una escala de evaluación del 1 al 5. El "1" indica remota probabilidad de ocurrencia, el "5" indica muy alta probabilidad de ocurrencia.

Determinar el grado de detección:

Se estimará la probabilidad de que el modo de falla potencial sea detectado antes de que llegue al cliente. El '1' indicará alta probabilidad de que la falla se pueda detectar. El '5' indica que es improbable ser detectada.

Calcular el número de prioridad de riesgo (NPR)

Es un valor que establece una *jerarquización de* los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla, identificando ítems críticos.

$NPR = \text{Grado de Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}.$

Se deben atacar los problemas con NPR alto, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia no importando si el NPR es alto o bajo.

Acciones recomendadas

Anotar la descripción de las acciones preventivas o correctivas recomendadas, incluyendo responsables de las mismas. Anotando la fecha compromiso de implantación. Se pueden recomendar acciones encaminadas hacia:

Eliminar o disminuir la OCURRENCIA de la causa del modo de falla. (modificaciones al diseño o al proceso, Implementación de métodos estadísticos, ajuste a herramental, etc.

Reducir la SEVERIDAD del modo de falla. (Modificaciones en el diseño del producto o proceso).

Incrementar la probabilidad de DETECCIÓN. (Modificaciones en el diseño del producto o proceso para ayudar a la detección).

METODOLOGÍA

El desarrollo de las practicas se dividieron en dos componentes, iniciando con la implementación del software Frattal para la compañía HRA Uniquímica, ya que compañía FAISMON S.A.S al ser contratista de mantenimiento a aras de mejorar sus servicios con los clientes ofrece la implementación de estas ayudas tecnológicas, para garantizar a sus clientes una excelente confiabilidad.

Para una la implementación del software se estuvo en capacitación durante una semana aproximadamente, esta capacitación fue netamente virtual y fue dictada por los mismos desarrolladores del CMMS.

Posteriormente se inicio con la migración de toda la información de los activos disponible en hojas de Excel, a cada activo se le asigno un código único y especificaciones técnicos acompañado también de una imagen para poder referenciarlo.

Otro factor importante fue la alimentación del programa con el recurso humano y algunos proveedores con los que se tenia algún historial de trabajos. La instalación de los planes de mantenimiento fue la ultima etapa de este proceso. Estos fueron creados y se enlazaron los equipos y su frecuencia en que debían de ser realizados.

Actualmente los servicios de mantenimiento ofrecidos en la compañía HRA Uniquímica, se realizan en su totalidad por medio de esta plataforma.

La segunda sección se desempeño en la sede FAISMON S.A.S con la otra unidad de negocio que es el alquiler de grúas telescópicas y equipos de elevación, y se enfoca en la creación de una matriz AMEF para la grúa Liebherr T80.

Se partido el desarrollo de la matriz con una taxonomía de la grúa que la compañía ya tenía, y había sido desarrollada por un practicante anteriormente.

Con ayuda del ingeniero Jorge Luis Escalante realiza la estructura y se explica la matriz y sus objetivos, como se debe de definir una función principal de un componente efectos y modos de falla. Con el ingeniero César Monterrosa se define los parámetros para las variables de: Ocurrencia, Severidad y Detectabilidad para lograr definir un número NPR, el cual me indicará a que componentes debo de atacar en mis planes de mantenimiento.

RESULTADOS

La matriz que se crea en el programa Excel inicia con la presentación de la matriz y el direccionamiento del equipo. Adicional el número de páginas quien la elabora y la fecha de elaboración

Empresa	FAISMON SAS
Planta	SEDE PRINCIPAL
Sección	PARQUEADERO
Equipo	LIEBHERR T80

Figura 1. Direccionamiento de la matriz FMEA.

La estructura de esta matriz se podrá seguir utilizando en la compañía para los diferentes equipos de elevación con los que se cuentan.

Número de FMEA	1
Página	1
Elaborado por	CAMILO AGUDELO O
Fecha AMEF	28/08/2019
Fecha revision	

Figura 2. Fecha y elaboración la matriz.

Que inicia con la taxonomía del equipo esta es solo estructurada en la matriz ya que se parte de un trabajo que ya había sido elaborado, Donde se sacan las divisiones en: sistema, subsistema y por ultimo el componente.

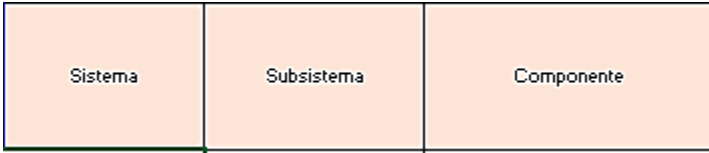


Figura 3. Subdivisiones del sistema.

Para las definiciones de las funciones se realiza una reunión con el ingeniero Jorge Luis Escalante donde el indica como es la estructura que debe de tener la definición: Verbo en infinitivo + objeto sobre el cual actúa + valor deseado de rendimiento. Esta labor se realizó muy de la mano con varios mecánicos y el operador del equipo.

Componente	Función
Chaqueta Base	Contener los tramos telescópicos y la celosía y plumín con una capacidad de almacenamiento de 10.8m.

Figura 4. Componente y su función principal.

Para el cálculo del número prioritario de riesgo (RPN) se crearon unos parámetros para las variables de: Severidad, ocurrencia y detectabilidad a continuación se presentan cada uno de estos.

SEVERIDAD		
Efecto	Efecto de severidad	Nivel
Muy alto	Sistema inoperable con daños mayores y afectación a la operación	5
Alto	Sistema inoperable con daños mayores	4
Moderado	Sistema inoperable con daños merones	3
Bajo	Sistema opera con significativa degradación de rendimiento	2
Muy bajo	Sistema opera con mínima degradación de rendimiento al ocurrir el evento	1

Figura 5. Variable de severidad.

OCURRENCIA		
Probabilidad	Probabilidad de ocurrencia (PO)	Nivel
Muy alta	Fallas persistentes: El evento tiene una probabilidad de ocurrencia de 16 cada 31 (51% < PO)	5
Alta	Fallas frecuentes: El evento tiene una probabilidad de ocurrencia de 8 cada 31	4
Moderada	Fallas ocasionales: El evento tiene una probabilidad de ocurrencia de 4 cada 31	3
Baja	Muy pocas fallas: El evento tiene una probabilidad de ocurrencia de 2 cada 31	2
Remota:	Improbables: El evento ocurre 1 cada 31 (PO < 6%)	1

Figura 6.. Variable de ocurrencia.

DETECTABILIDAD		
Deteccion	Probabilidad de deteccion	Nivel
Muy bajo	Con controles (ronda,ruta de inspeccion,mediciones) problemamente no se detecte la falla (1%-10%)	5
Bajo	Con controles (ronda,ruta de inspeccion,mediciones) se tiene poca posibilidad para detectar la falla (11 %- 40%)	4
Moderado	Los controles (ronda,ruta de inspeccion,mediciones) se pueden detectar fallas (41%-60%)	3
Alto	Los controles (ronda,ruta de inspeccion) tienen buena oportunidad para detectar fallas (61% -90 %)	2
Muy alto	Con controles (ronda,ruta de inspeccion,mediciones) es casi seguro detectar fallas (91%-99%)	1

Figura 7. Variable de detectabilidad.

PRIORIDAD DE RPN	
84 – 125	Alto riesgo de falla
43 – 83	Riesgo de falla medio
1 – 42	Riesgo de falla bajo

Figura 8. Rangos de prioridad del RPN.

Se muestra algunas de las configuraciones que se lograron con algunos componentes donde se puede evidenciar que su severidad es muy alta pero las otras dos variables de ocurrencia y detectabilidad son muy bajas lo que se traduce en un RPN bajo indicándose que no es un componente tan crítico

Severidad (SEV)		Ocurrencia (OCU)		Detectabilidad (DET)		Número prioritario de riesgo (RPN)
Muy alto	5	Remota:	1	Muy alto	1	5
Muy alto	5	Baja	2	Muy alto	1	10

Figura 9. Cálculo de número prioritario de riesgo.

Cabe resaltar que en toda la matriz hay dos componentes que su RPN fue el mayor y arrojaron una alerta siendo estos el motor de arranque y el alternador estos, son muy críticos ya que se tiene evidencia de falla que se traducen en paradas totales del equipo dejándolo inactivo.

Motor de arranque	Girar la volante del cigüeñal	Bujes y escobillas desgastadas, inducido quemado
Alternador	Generar energía eléctrica para las baterías con un voltaje de 27.5 V y una corriente de 80A +/- 1.2 v.	Escobillas desgastadas, Diodos quemados, corona quemada

Figura 10. Componentes con los RPN más altos.

Se recomienda a los coordinadores evaluar un plan de mantenimiento para estos componentes, y si se cuenta con uno mirar, si se está cumpliendo con la frecuencia que se asemeja

Muy alto	5	Alta	4	Muy bajo	5	100
Muy alto	5	Alta	4	Muy bajo	5	100

Figura 11. Valores del NPR de los componentes: motor de arranque y alternador respectivamente.

De igual manera la matriz tiene que ser analizada a mayor profundidad ya que la teoría indica que no solo se debe de fijar en el NPR

BIBLIOGRAFIA

Juan Carlos Orrego. (2015). Mantenimiento en Latinoamérica. 06/09/2019, de ..
Sitio web: <http://mantonline-rcm.com/portal>.

Claudio Christensen. (2015). Consideraciones sobre CMMS. 06/09/2019, de .
Sitio web: www.mantenimientomundial.com.

Alejandro Pistarelli. (1era Edición). Manual de mantenimiento Ingeniería, Gestión y Organización . 2003: Diaz de santos .

SILVA ARDILA Pedro Eliseo, ORREGO BARRERA Juan Carlos. Confiabilidad en la práctica. Documento Digital, P 94