

**PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN ÁRBOL DE EQUIPOS DE LA  
FLOTA VEHICULAR DE UN CONCESIONARIO PERTENECIENTE AL  
SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE BOGOTÁ.**

**WILMER SMITH ESTUPIÑAN HIDALGO  
HELMAN GUIOVANNY TORRES GARCÍA**

**UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ, JUNIO 2015**

**PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN ÁRBOL DE EQUIPOS DE LA  
FLOTA VEHICULAR DE UN CONCESIONARIO PERTENECIENTE AL  
SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE BOGOTÁ.**

**WILMER SMITH ESTUPIÑAN HIDALGO  
HELMAN GUIOVANNY TORRES GARCÍA**

**MONOGRAFÍA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
ESPECIALISTAS EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**ING. MIGUEL ÁNGEL URIÁN  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ, JUNIO 2015**

**JURADOS**

---

---

---

---

JURADO 1

---

---

---

---

JURADO 2

## **DEDICATORIAS**

Primero a Dios que es quien permite que las cosas sucedan para bien en nuestras vidas, porque ha alineado todo para llegar a este peldaño de la vida; a mi madre, a mi hermano y a mi esposa porque me han apoyado dándome alientos para seguir adelante a pesar de las circunstancias; a todos aquellos que han cruzado en mi camino y que me han exigido e influido para formarme como persona y como profesional.

**Wilmer S. Estupiñan H.**

A Dios, por permitir que cada sueño se cumpla, en compañía de mis Hijos, Esposa, Madre, Padre y Hermanos, quienes gracias a su apoyo incondicional han estado presentes en este proceso de formación personal y Profesional

**Helman Giovanni Torres G.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis hijos María Luisa y Gabriel porque me inspiran cada día a mejorar para ser un buen ejemplo para ellos.

**Wilmer S. Estupiñan H.**

A mis hijos Helman, Samuel, Juliana y Esposa Marcela quienes son mi motor, quienes cada día me impulsan a ser cada día mejor como papa, esposo y amigo.

**Helman Guiovanni Torres G.**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>12</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>17</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	18
<b>3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>19</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
<b>4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>20</b>
4.1 JUSTIFICACIÓN	20
4.2 DELIMITACIÓN	21
<b>5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>23</b>
<b>5.1 MARCO TEÓRICO</b>	<b>23</b>
5.1.1 Breve contexto del transporte Público en Bogotá	23
5.1.2 El análisis de los equipos	24
5.1.2.1 Lista de equipos	25
5.1.2.2 Codificación de equipos	27
5.1.3 Tipos De Mantenimiento	29
5.1.3.1 Los Tipos De Mantenimiento No Son Directamente Aplicables	30
5.1.3.2 Modelos De Mantenimiento Posibles	31
5.1.4 Análisis De Criticidad	36
5.1.5 Selección Del Modelo De Mantenimiento	38
5.1.6 Ficha De Equipo	44

<b>5.2</b>	<b>ESTADO DEL ARTE</b>	<b>50</b>
5.2.1	<i>Estado Del Arte Local</i>	50
5.2.2	<i>Estado Del Arte Nacional</i>	54
5.2.3	<i>Estado Del Arte Internacional</i>	55
<b>5.3</b>	<b>MARCO NORMATIVO</b>	<b>56</b>
<b>6.</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>61</b>
<b>7.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>62</b>
7.1	RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN	62
7.2	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	68
7.3	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	71
7.4	ENTREGA DE RESULTADOS	77
<b>8.</b>	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>78</b>
8.1	FUENTES PRIMARIAS	78
8.2	FUENTES SECUNDARIAS	78
<b>9.</b>	<b>ANÁLISIS FINANCIERO</b>	<b>79</b>
<b>10.</b>	<b>TALENTO HUMANO</b>	<b>81</b>
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONES Y /O RECOMENDACIONES</b>	<b>82</b>
11.1	CONCLUSIONES	82
11.2	RECOMENDACIONES	82
<b>12.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>83</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1. Niveles de la estructura arbórea en una planta industrial. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	26
<i>Figura 2. Análisis de criticidad de equipos en una planta industrial. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	37
<i>Figura 3. Modelos programados para equipos críticos. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	38
<i>Figura 4. Modelos no programados para equipos prescindibles. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	38
<i>Figura 5. Modelos para equipos Importantes. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	39
<i>Figura 6. Modelos programados según disponibilidad del equipo. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	41
<i>Figura 7. Adicionales legales o subcontratados de mantenimiento. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	42
<i>Figura 8. Flujo grama para tomar la decisión sobre el modelo de mantenimiento. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	43
<i>Figura 9. Ficha de equipo vista frontal. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	47
<i>Figura 10. Ficha de equipo vista trasera. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	48
<i>Figura 11. Hoja resumen datos de mantenimiento. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial</i>	50
<i>Figura 12. Ejemplo de esquema de frontera (bombas). Fuente: Norma ISO 14224:2006</i>	57
<i>Figura 13. Taxonomía. Fuente: Norma ISO 14224:2006</i>	59
<i>Figura 14. Consolidado de varada 2015. Fuente: El Espectador</i>	62
<i>Figura 15. Diagrama de Gantt visitas a las empresas del SITP. Fuente: Los autores</i>	63
<i>Figura 16. Consolidado total de vehículos de una empresa del SITP. Fuente: Empresa concesionaria</i>	65

*Figura 17. Conformación por línea de la flota de un patio. Fuente: Los autores \_ 67*  
*Figura 18. Vista de pantalla de datos tabulados en Excel. Fuente: Los autores. \_ 68*  
*Figura 19. Numero interno de los vehículos. Fuente: Los autores. \_\_\_\_\_ 69*

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Ejemplos de Taxonomía. Fuente: Norma ISO 14224:2006</i> .....	60
<i>Tabla 2. Tipos y características de investigación. Fuente: Guía de presentación y entrega de trabajos de grado (tesis, monografía, seminario de investigación, pasantía)</i> .....	61
<i>Tabla 3. Personas que atendieron las Visitas a las empresas del SITP. Fuente: Los autores</i> .....	64
<i>Tabla 4. Existencia de árbol de equipos y plan de mantenimiento en Concesionarios. Fuente: Los autores</i> .....	64
<i>Tabla 5. Demanda de vehículos por Ruta del patio concesionario del SITP: Fuente: Los autores</i> .....	66
<i>Tabla 6. Conformación total de la flota de un patio del SITP Fuente: Los autores</i>	66
<i>Tabla 7. Tabla Dinámica caracterización de la flota por clase de equipo. Fuente: Los autores</i> .....	73
<i>Tabla 8. Homologación de niveles de árbol de equipos. Los autores.</i> .....	74
<i>Tabla 9. Ingresos en pesos proyectados de la flota del patio suba en un día. Fuente: Los autores.</i> .....	79
<i>Tabla 10. Costo o pérdida en pesos por un vehículo con fallas y un vehículo inoperativo. Fuente Los autores.</i> .....	79
<i>Tabla 11. Mejora porcentual de los indicadores. Fuente: Los autores</i> .....	80
<i>Tabla 12. Costo de inversión. Fuente Los autores.</i> .....	80

## RESUMEN

La presente investigación ilustra sobre el marco teórico del transporte público urbano, relacionado con las diferentes aplicaciones de Mantenimiento, en empresas pertenecientes al SITP, la creación del árbol de equipos está direccionado a la mejora de los indicadores básicos de mantenimiento de clase mundial, disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad; sin excluir otros componentes importantes que se deben tener en cuenta al momento de administrar una flota vehicular.

El lector encontrará una breve introducción a la historia del transporte público colectivo tradicional y de la implantación del Sistema Integrado de Transporte Público, y como es que desde la administración distrital se toman las determinaciones y se dictan leyes en busca del mejoramiento de la movilidad en Bogotá.

Así mismo en el transcurso de la investigación se observará de una forma real la importancia de tener un árbol de equipos como base del plan de mantenimiento; y como de forma coincidencial se ve que la única empresa concesionaria del SITP que tiene este árbol es la que presenta mejores niveles de operatividad y disponibilidad. A su vez esta herramienta determinará comprender y entender los diferentes sistemas, logrando a desarrollar estrategias adecuadas para garantizar el ciclo de vida del activo.

De igual manera se resaltara la importancia de la utilización del árbol de equipos para cualquier tipo de industria, también que a través del desarrollo presentado por los investigadores se permita dar los primeros pasos para documentar y especializar el mantenimiento enfocado en las flotas vehiculares, pues también se encontrará que la mayor parte de la literatura de mantenimiento está centralizada en las plantas industriales.

## ABSTRACT

The present research illustrates about theoretical frame of the urban public transport, related to the different applications of maintenance, in belonging companies to SITP. The creation of the tree of equipments is directed to the improvement of the basic indicators of world-class maintenance, availability, reliability and mantenibility; without excluding other important components that must be born in mind to the moment to administer a traffic fleet.

The reader was finding a brief introduction to the history of the public transport traditional group and of the implantation of the integrated system of the public transport traditional group since the administrations and laws are dictated in search, of the improvement of the mobility in Bogotá.

Also in lapse of research, we saw of any real way. The importance of have a equipments of tree as basic of maintenance, like we see, this is the only company of maintenance of SITP that have a tree that present better levels of effectiveness and availability. At the same time this tool will determined and understand the different systems, be able to develop appropriate strategies to guarantee the cycle of the active life.

On the same way it will emphasize the importance of the use of the tree of equipments for every type of industry, also through of the development presented by the researchers will permit to give the first steps for document and specialize the maintenance focus on the vehicular fleets, and also you will find the most part of the literature of maintenance that is centralized on the industrial plants.

## GLOSARIO

**Activo:** Término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja. Puede ser humano, físico y financiero intangible. Por ejemplo: el personal, centros de trabajo, plantas y equipos, entre otros.

**Árbol de Fallas:** Sistema lógico secuencial de acontecimientos, utilizado para el análisis de confiabilidad de una entidad, puede ser grafica o estructural.

**Árbol de Mantenimiento:** Diagrama lógico que muestra las secuencias y alternativas pertinentes de las acciones elementales de mantenimiento que se han de efectuar sobre un elemento y las condiciones de su elección.

**Avería:** Estado de un elemento caracterizado por la inaptitud para realizar una función requerida, excluida la inaptitud debida al mantenimiento preventivo u otras acciones programadas.

**Calidad:** Es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren capacidad de satisfacer necesidades, gustos y preferencias, y de cumplir con expectativas en el consumidor.

**Ciclo de Vida:** Tiempo durante el cual una entidad conserva su capacidad de utilización.

**Confiabilidad:** Se expresa como la probabilidad de que funcione correctamente en las condiciones operativas de diseño durante un periodo de tiempo.

**Conjunto:** Unidad funcional que forma parte de una entidad y está formada a su vez por componentes (Motor).

**Criticidad:** Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas.

**Disponibilidad:** Se expresa como la probabilidad de que un elemento pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado periodo de tiempo.

**Durabilidad:** Actitud de un elemento para realizar una función requerida en condiciones dadas de empleo y mantenimiento, hasta alcanzar un estado limite.

**Entidad de Mantenimiento:** Elemento o subelemento dado a que puede identificarse sin ambigüedad por una alarma o cualquier otro medio cuando esta averiado y que puede ser reparado o remplazado.

**Equipo:** Unidad compleja de orden superior integrada por conjuntos, componentes y piezas, agrupadas para formar un sistema funcional.

**Falla funcional:** Es cuando el ítem no cumple con su función de acuerdo al parámetro que el usuario requiere.

**Falla:** Pérdida de la capacidad de una entidad para realizar su función específica.

**Ficha del Equipo:** Documento donde se reflejan datos del equipo o máquina, tales como código, fabricante, fecha de entrada en la empresa, fecha de fabricación, descripción, situación en el almacén y otros datos de interés.

**Función:** Son las funciones que un activo tiene que cumplir dentro de un proceso.

**Jerarquización:** Ordenamiento de tareas de acuerdo con su prioridad

**Mantenibilidad:** la capacidad de un elemento, bajo determinadas condiciones de uso, para conservar, o ser restaurado a, un estado en el que pueda realizar la función requerida, cuando el mantenimiento se realiza bajo determinadas condiciones y usando procedimientos y recursos establecidos

**Mantenimiento:** Combinación de todas las acciones técnicas y administrativas previstas para conservar o restablecer un ítem.

**Parada:** Situación de una entidad cuando no está en operación porque no se necesita o porque no se encuentra en condiciones de utilización.

**Planeación:** En esta etapa son planeadas las actividades y tareas de mantenimiento que están en la orden de trabajo.

**Prioridad:** La importancia relativa de una tarea en relación con otras tareas.

**Programación:** En esta etapa las órdenes de trabajo planeadas se programan de acuerdo a la operación, para ser ejecutadas.

**Sistema:** Conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.

**Taxonomía:** Ciencia que trata de los principios de la clasificación.

## INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento ha dado una evolución significativa basándose en los modelos administrativos enfocados a Maximizar el valor de la inversión, sabiendo que las empresas dependen del funcionamiento de los equipos, esta evolución va hacia otro concepto más global que permite explorar el ciclo de vida útil del activo, teniendo en cuenta las fases que determinan el valor invertido: Selección, evaluación, compra, alistamiento, operación y disposición final.

Este enfoque estratégico de la Gestión de activos, visualiza la importancia de tener bajo control los activos, integrando los diferentes modelos de aplicación del Mantenimiento, impactando de manera positiva el grado de Disponibilidad y Confiabilidad de la máquina, a costos reducidos, direccionado a lograr la excelencia operacional mediante los tópicos como: Confiabilidad Diseño, Confiabilidad del Proceso, Confiabilidad del activo, Mantenibilidad, Confiabilidad Humana.

Esta investigación, busca mediante la propuesta de la implementación de un árbol de equipos, dar el punto de partida a la creación de un plan de Mantenimiento coherente para cada clase de equipo, bajo las recomendaciones del fabricante logrando que cada equipo tenga el tratamiento respectivo de acuerdo a su operación y criticidad. Gracias al Árbol de equipos, se logra desglosar cada clase de equipo, en sistemas y subsistemas, se amplía la óptica de forma más técnica y desarrolla planes de Mantenimiento direccionados a llevar el monitoreo de la condición de las partes o ítem reparables.

Esta herramienta, permite obtener un flujo de información, ya procesada que posibilita la toma de decisiones basada en el monitoreo de los subsistemas de cada clase de equipo, generando una correcta planeación y programación, cumpliendo con el objetivo principal de mantener el equipo en condiciones óptimas de operación. Una vez conocida cada clase de equipo, se debe iniciar el proceso de diseño de los planes de Mantenimiento acorde a la caracterización de cada equipo.

## **1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN ÁRBOL DE EQUIPOS DE LA FLOTA VEHICULAR DE UN CONCESIONARIO PERTENECIENTE AL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE BOGOTÁ.

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

No se evidencia planeación y/o programación estandarizada en un patio-taller de las actividades de mantenimiento de un concesionario del Sistema Integrado de Transporte Público.

No existe un plan de mantenimiento por cada clase de equipo, por lo tanto no se puede garantizar la ejecución adecuada de las actividades y tareas de mantenimiento de los mismos, debido a que todos los vehículos se intervienen con las mismas rutinas sin tener en cuenta la diversidad de marcas y líneas cada una con variedad de tecnologías aplicadas, esto puede generar un acortamiento de la vida útil de cada uno de los componentes y aumentar los costos por mantenimiento correctivo, el efecto colateral arroja como resultado que los indicadores mínimos de mantenimiento de clase mundial o RAMS System (Disponibilidad, Confiabilidad, Mantenibilidad y Seguridad) no estén dentro de los parámetros solicitados por la gerencia de mantenimiento, ni se esté cumpliendo el indicador de nivel de satisfacción y continuidad del servicio establecido contractualmente por Transmilenio.

El proceso de mantenimiento de la flota se está trabajando de una forma no controlada generando omisiones de tareas recomendadas por el fabricante y según la priorización de novedades que da el personal de operaciones a la flota, omitiendo la planeación y programación adecuada de las actividades y tareas que realiza mantenimiento.

### **2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Teniendo en cuenta el modelo de gestión de activos se evidencia que el proceso de mantenimiento en la fase de operación de la flota se está trabajando de una forma no controlada generando omisiones de tareas específicas de algunos equipos. Si no se instaura un árbol de equipos donde cada clase de equipo tenga su propio plan de mantenimiento, el cual es exigido de manera contractual por el

ente gestor, el resultado a corto plazo (menos de 6 meses) es que la confiabilidad promedio semanal que está en 92% y disponibilidad promedio diaria que está en 98% de la flota van a decaer más, incurriendo en multas por tablas perdidas. Por esto los autores plantean la siguiente pregunta de investigación:

*¿Cuál metodología puede usarse como la base del plan de mantenimiento para una flota de vehículos dentro del esquema del Sistema Integrado de Transporte Público?*

### **2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Qué ayuda informática se puede usar para recopilar la información de los equipos que permita identificarlos e incluirlos como activos con solo acceder los datos básicos de los mismos?
- ¿Para el modelo de operación de las empresas del Sistema Integrado de Transporte Público, cual es la mejor forma de sectorizar los equipos?
- ¿Qué se requiere para aplicar el árbol de equipos de tal forma que todos los componentes del vehículo queden incluidos en el plan de mantenimiento?

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un árbol de equipos en un patio-taller de una empresa del Sistema Integrado De Transporte Público de la ciudad de Bogotá.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar un archivo en Excel que permita involucrar los equipos nuevos y usados en las clases de equipo para determinar cuántos planes de mantenimiento se deberían realizar.
- Determinar cuáles son los ítems necesarios para crear la identificación de las clases de equipo y cuál es la importancia de cada uno dentro de la sectorización de los equipos.
- Definir los niveles del árbol de equipos que pueden aplicarse en el Sistema Integrado de Transporte Público.

## **4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1 JUSTIFICACIÓN**

Desde la implementación del sistema Transmilenio, el activo toma otra importancia con la tendencia en el mejoramiento y ejecución de planes de Mantenimiento que buscan mayor disponibilidad y confiabilidad. Estos planes de mantenimiento se deben hacer de acuerdo a la criticidad y funcionalidad que describe el árbol de equipos de cada empresa; cualquier integrante, gestor e ingeniero del proceso de mantenimiento de una empresa, reconoce que un buen plan de mantenimiento empieza por la identificación y la creación del árbol de equipos, este árbol debe ser estructurado y aplicado en la flota de vehículos para generar beneficios administrativos y operativos al proceso de mantenimiento. Para la empresa: porque en el caso del transporte de pasajeros cuando se genera mayor confiabilidad y disponibilidad se garantiza la continuidad del contrato y/o amplía la posibilidad de involucrarse en negocios parecidos. Para el personal: porque al realizar mantenimientos específicos de forma planeada la permanencia diaria del personal administrativo y operativo de mantenimiento se limita a la necesaria y además se reduce la probabilidad de improvisar, aumentando la calidad de vida de todo el personal.

Todas las empresas concesionarias del Sistema Integrado de Transporte Público deben cumplir con la siguiente cláusula del contrato con la alcaldía de Bogotá:

#### **CLÁUSULA 90. MANTENIMIENTO DE LA FLOTA**

El CONCESIONARIO deberá efectuar el Mantenimiento Preventivo y correctivo de la Flota conforme al programa que elabore al efecto con base en los estándares mínimos establecidos en el Manual de Operación. Para la Flota nueva, El CONCESIONARIO deberá presentar ante TRANSMILENIO S.A., en el momento en que éste lo solicite, los manuales y estándares mínimos de mantenimiento recomendados por los fabricantes o proveedores de los vehículos, en el que se detalle el respectivo procedimiento de inspección, así como de su Frecuencia y tipo de chequeo para todas y cada una de las condiciones técnicas especificadas

para el vehículo, el cual debe presentarse con la aprobación o el reconocimiento expreso y escrito del fabricante o proveedor.

Estos estándares y procedimientos deben contemplar como mínimo la programación del Mantenimiento Preventivo, los servicios y las reparaciones mayores de acuerdo con el kilometraje recorrido y la normatividad interna que permita, a través de las informaciones suministradas por el conductor, evaluar la necesidad de un Mantenimiento Correctivo.

El CONCESIONARIO debe contar con un sistema de aseguramiento de calidad y un manual de calidad en el que se incluyan los procedimientos conformes con las normas técnicas que le permitan cumplir con el control de los trabajos realizados, y obtener dentro de los tres (3) años siguientes al inicio de la operación regular, la certificación de cumplimiento de las Normas correspondientes en ese momento para las actividades objeto de la concesión, expedida por una entidad debidamente autorizada al efecto.

El CONCESIONARIO garantizará en forma permanente el buen estado mecánico de los vehículos de su Flota. Por este motivo, la función de Mantenimiento Preventivo y correctivo deberá cumplir los estándares mínimos de periodicidad y procedimientos de calificación que corresponda a la tecnología de los vehículos que la conforman, los que en todo caso podrán ser monitoreados y supervisados por TRANSMILENIO S.A., para efectos de lo cual el CONCESIONARIO se encuentra obligado a poner a disposición de TRANSMILENIO S.A. o de la persona o entidad designada por este, sus vehículos para realizar las revisiones técnicas que permitan verificar el buen estado de los mismos, cada vez que así se le requiera.<sup>1</sup>

## **4.2 DELIMITACIÓN**

El presente trabajo se aplicara a la operación y mantenimiento de los vehículos asignados a uno de los patio-taller de un concesionario del Sistema integrado de Transporte Público que tiene a su cargo ciento cuarenta y ocho (148) vehículos; se

---

<sup>1</sup> (Transmilenio, Juridica, 2010, pág. 140)

llegará a la creación de un archivo en Excel como ayuda ofimática que hará que cada vez que ingrese un equipo a la flota vehicular en una de las empresas del Sistema Integrado de Transporte Público sea fácil y rápido ubicarlo en una clase de equipo como base del plan de mantenimiento.

Una de las limitantes de la presente investigación se presenta por la estructura organizacional de la empresa, porque la información y el proceso de mantenimiento son administrados de forma independiente en cada patio y están sujetos a la gestión y control del gerente del momento, es decir no se ve un proceso unificado en todos los patios debido a que no se evidencio una directriz uniforme sobre el manejo de los mismos.

Otra limitante es que la información que se posee sobre los equipos no es completa para toda la flota de una zona y de acuerdo a las expectativas de esta investigación, por ello se redujo a la flotilla de un patio.

Otra limitante de la presente investigación es que al momento de solicitar la información de ingresos por kilómetro y pasajero de cada uno de los servicios prestados por el concesionario, esta fue declarada como información confidencial por la empresa, sin embargo se obtuvieron valores aproximados del área de operaciones.

## 5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 MARCO TEÓRICO

#### 5.1.1 Breve contexto del transporte Público en Bogotá

Desde que nació, el modelo de transporte público en la ciudad de Bogotá presentó debilidades en la calidad del servicio, falta de gestión en el mantenimiento de los activos, falta de organización empresarial, no hubo preocupación por la contaminación del medio ambiente y falta de cultura ciudadana para su utilización, básicamente el esquema inicial estaba diseñado para que los ingresos económicos de los participantes del negocio se basaban y eran directamente proporcionales al número de pasajeros transportados. Esta variable llamada de forma popular “guerra del centavo” condujo a que entidades del estado Local y Nacional diseñaran un modelo de transporte moderno y organizado llamado TRANSMILENIO. Este modelo de transporte que inicio en el año 1999 demostró que el control de la operación, el mantenimiento y la gestión de los activos juegan un papel fundamental para tener un impacto positivo, en los entornos de dicho sistema (transito, ambiental, financiero y demás).

A través del decreto 114 de 2003, la alcaldía de Bogotá legisla a los empresarios del transporte, que llevaban años e incluso generaciones en el negocio, buscando que las empresas afiliadoras pasen a una figura administradora de los vehículos exigiéndoles un contrato de vinculación que transfiere a la empresa de transporte: “la custodia y tenencia del vehículo durante todo el periodo de vigencia del contrato de vinculación en forma plena y permanente”<sup>2</sup>, sin embargo, los propietarios son reacios y aunque firman estos contratos siguen manejando la figura de afiliación.

En el plan maestro de movilidad para Bogotá dado por el decreto 319 de 2006 la alcaldía de Bogotá, al ver que no se está cumpliendo la ley del 2003, resuelve intervenir el transporte público de pasajeros, y decreta el objeto y el alcance del

---

<sup>2</sup> (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2003, pág. Art. 1 num. 4)

Sistema Integrado de Transporte Público, como una alternativa moderna, eficiente, ecológica para la ciudad y poblaciones cercanas. Que además se enfocará en prestar un servicio más eficiente a los usuarios, donde se integraran todos los tipos de transporte existentes en ese momento y los que se estuvieran planeando. Por último, es el decreto 309 de 2009: por el cual se adopta el Sistema Integrado de Transporte Publico para Bogotá, D.C. y se dictan otras disposiciones, el que da el punto de inicio al SITP, pues es en este en el que observamos realmente las reglas para la articulación, vinculación y operación integrada de los diferentes modos de transporte público de la ciudad, las instituciones o entidades creadas como gestoras para la planeación, la organización, el control del tráfico y el transporte público, así como la circulación y el recaudo del sistema.

### **5.1.2 El análisis de los equipos<sup>3</sup>**

Hoy por hoy no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento (por ejemplo, correctivo, o preventivo, o predictivo, etc.). Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares. Esto quiere decir que una bomba o un motor pueden necesitar de unas tareas de mantenimiento, mientras que otra bomba y otro motor similares pueden necesitar de otro tipo de tareas muy distintas. Si queremos optimizar, ya no es suficiente con pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el coste de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el coste de una reparación, etc., que van a determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo.

Planteado de esta forma, el trabajo previo que debemos realizar en una planta antes de elaborar el Plan de Mantenimiento es muy grande. Muy grande y muy importante. Debemos estudiar cada uno de los equipos que constituyen la planta con cierto nivel de detalle, determinando qué tareas son rentables y cuáles no lo son. En una planta que posea cientos o miles de equipos, este trabajo puede

---

<sup>3</sup> (García Garrido, 2003, pág. 7)

parecer inmenso e interminable, pero no es así. En una planta de tamaño medio, con algo menos de mil equipos, este trabajo puede suponer entre 4 y 6 semanas de un técnico que posea la formación adecuada. A la vez que realizamos este análisis, obtendremos una serie de información adicional:

- Datos fundamentales para la elaboración del presupuesto anual de mantenimiento (repuestos y consumibles, importe de los subcontratos, trabajos durante las paradas programadas, estimación de la carga de mano de obra en horas/hombre).
- Repuesto que necesitamos en stock en la planta.
- Ayuda para la elaboración del Plan de Formación.
- Subcontratos necesarios con los fabricantes de algunos equipos.

#### 5.1.2.1 Lista de equipos<sup>4</sup>

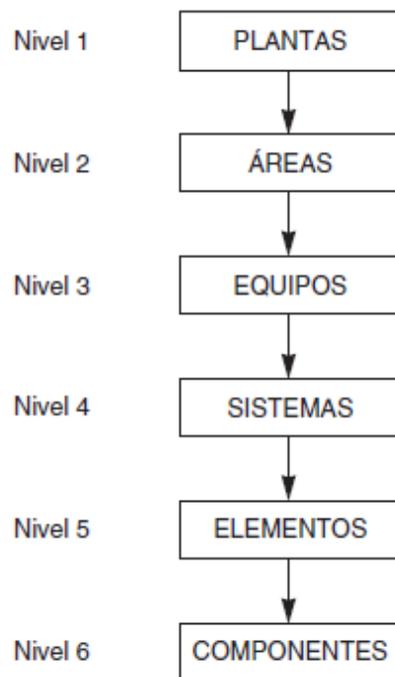
El primer problema que se plantea al intentar realizar un Análisis de Equipos es elaborar una lista ordenada de los equipos que hay en ella. Realizar un inventario de los activos de la planta es algo más complejo de lo que pueda parecer en un primer momento.

Una simple lista de todos los motores, bombas, sensores, etc., de la planta no es útil ni práctica. Una lista de estas características no es más que una lista de datos, no es información. Si queremos elaborar una lista de equipos realmente útil, debemos expresar esta lista en forma de estructura arbórea, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems con los restantes.

En una planta industrial podemos distinguir los siguientes niveles, a la hora de elaborar esta estructura arbórea:

---

<sup>4</sup> (García Garrido, 2003, pág. 8)



**Figura 1. Niveles de la estructura arbórea en una planta industrial. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

Una empresa puede tener una o varias plantas de producción, cada una de las cuales puede estar dividida en diferentes zonas o áreas funcionales. Estas áreas pueden tener en común la similitud de sus equipos, una línea de producto determinada o una función. Cada una de estas áreas estará formada por un conjunto de equipos, iguales o diferentes, que tienen una entidad propia. Cada equipo, a su vez, está dividido en una serie de sistemas funcionales, que se ocupan de una misión dentro de él. Los sistemas, a su vez, se descomponen en elementos (el motor de una bomba de lubricación será un elemento). Los componentes son partes más pequeñas de los elementos, y son las partes que habitualmente se sustituyen en una reparación.

Definamos en primer lugar qué entendemos por cada uno de estos términos:

Planta: Centro de trabajo. Ej.: Empresa X, Planta de Barcelona

Área: Zona de la planta que tiene una característica común (centro de coste, similitud de equipos, línea de producto, función). Ej.: Área Servicios Generales, Área hornos, Área Línea 1.

Equipo: Cada uno de las unidades productivas que componen el área, que constituyen un conjunto único.

Sistema: Conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.

Elemento: cada uno de las partes que integran un sistema. Ej.: el motor de la bomba de lubricación de un compresor. Es importante diferenciar elemento y equipo. Un equipo puede estar conectado o dar servicio a más de un elemento. Un elemento, en cambio, sólo puede pertenecer a un equipo. Si el ítem que tratamos de identificar puede estar conectado o dar servicio simultáneamente a más de un equipo, será un equipo, y no un elemento. Así, si una bomba de lubricación sólo lubrica un compresor, se tratará de un elemento del compresor. Si, en cambio, se trata de una bomba que envía aceite de lubricación a varios compresores (sistema de lubricación centralizado), se tratará en realidad de otro equipo, y no de un elemento de alguno de ellos.

Componentes: partes en que puede subdividirse un elemento. Ej.: Rodamiento de un motor, junta rascadora de un cilindro neumático.

Existe un problema al determinar cómo clasificar las redes de distribución de determinados fluidos, como el agua de refrigeración, el aire comprimido, el agua contra-incendios, la red de vacío, etc. Una posible alternativa es considerar toda la red como un equipo, y cada una de las válvulas y tuberías como elementos de ese equipo. Es una solución discutible, pero muy práctica.

#### *5.1.2.2 Codificación de equipos<sup>5</sup>*

Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de

---

<sup>5</sup> (García Garrido, 2003, pág. 13)

fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costos.

Básicamente, existen dos posibilidades a la hora de codificar:

— Sistemas de codificación no significativos: son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional.

— Sistemas de codificación significativos o inteligentes, en el que el código asignado aporta información.

La ventaja del empleo de un sistema de codificación no significativo, de tipo correlativo, es la simplicidad y la brevedad del código. Con apenas 4 dígitos es posible codificar la mayoría de las plantas industriales. La desventaja es la dificultad para ubicar una máquina a partir de su código: es necesario tener siempre a mano una lista para poder relacionar cada equipo con su código. Eso, o tener una memoria prodigiosa.

Un sistema de codificación significativo aporta valiosa información sobre el equipo al que nos referimos: tipo de equipo, área en el que está ubicada, familia a la que pertenece, y toda aquella información adicional que queramos incorporar al código. El problema es que al añadir más información el código aumenta de tamaño.

Como quiera el empleo de sistemas correlativos es muy sencillo, estudiaremos los sistemas de codificación significativos.

Información útil que debe contener el código de un ítem

La información que debería contener el código de un equipo debería ser el siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.

Los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional:

- Tipo de elemento.

- Equipo al que pertenecen.
- Dentro de ese equipo, sistema en el que están incluidos.
- Familia a la que pertenece el elemento. La clasificación en familias es muy útil, ya que nos permite hacer listados de elementos. Se puede encontrar una lista de familias en que pueden clasificarse los elementos más adelante. Una vez elaborada la lista de equipos, y teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, es posible abordar la tarea de la codificación, fijando los criterios que la regirán.

### **5.1.3 Tipos De Mantenimiento<sup>6</sup>**

Una vez realizada la lista de equipos, desglosados incluso en los elementos que los componen e identificado cada ítem con un código único que permite referenciarlo, la siguiente tarea que debemos abordar es la de decidir cómo vamos a mantener cada uno de esos equipos.

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

- **Mantenimiento correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.
- **Mantenimiento preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.
- **Mantenimiento predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

---

<sup>6</sup> (García Garrido, 2003, pág. 17)

— Mantenimiento cero horas: Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

— Mantenimiento en uso: es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es una de las fases del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total) conocida como mantenimiento autónomo.

#### 5.1.3.1 Los Tipos De Mantenimiento No Son Directamente Aplicables<sup>7</sup>

Esta división de Tipos de Mantenimiento presenta el inconveniente de que cada equipo necesita una mezcla de cada uno de esos tipos, de manera que no podemos pensar en aplicar uno solo de ellos a un equipo en particular.

Así, en un motor determinado nos ocuparemos de su lubricación (mantenimiento preventivo periódico), si lo requiere, mediremos sus vibraciones o sus temperaturas (mantenimiento predictivo), quizás le hagamos una puesta a punto anual (puesta a cero) y repararemos las averías que vayan surgiendo (mantenimiento correctivo). La mezcla más idónea de todos estos tipos de mantenimiento nos la dictarán estrictas razones ligadas al coste de las pérdidas de producción en una parada de ese equipo, al coste de reparación, al impacto ambiental, a la seguridad y a la calidad del producto o servicio, entre otras.

El inconveniente, pues, de la división anterior es que no es capaz de dar una respuesta clara a esta pregunta:

---

<sup>7</sup> (García Garrido, 2003, pág. 18)

¿Cuál es el mantenimiento que debo aplicar a cada uno de los equipos que componen una planta concreta?

Para dar respuesta a esta pregunta es conveniente definir el concepto de modelo de mantenimiento. Un modelo de mantenimiento es una mezcla de los anteriores tipos de mantenimiento en unas proporciones determinadas, y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto. Podemos pensar que cada equipo necesitará una mezcla distinta de los diferentes tipos de mantenimiento, una mezcla determinada de tareas, de manera que los modelos de mantenimiento posibles serán tantos como equipos puedan existir. Pero esto no es del todo correcto. Pueden identificarse claramente 4 de estas mezclas, complementadas con otros dos tipos de tareas adicionales, según veremos más adelante.

#### 5.1.3.2 Modelos De Mantenimiento Posibles<sup>8</sup>

Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica. Además, todos ellos incluyen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación. Esto es así porque está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable. Incluso en el modelo más sencillo (Modelo Correctivo), en el que prácticamente abandonamos el equipo a su suerte y no nos ocupamos de él hasta que no se produce una avería, es conveniente observarlo al menos una vez al mes, y lubricarlo con productos adecuados a sus características. Las inspecciones visuales prácticamente no cuestan dinero (estas inspecciones estarán incluidas en unas gamas en las que tendremos que observar otros equipos cercanos, por lo que no significará que tengamos que destinar recursos expresamente para esa función). Esta inspección nos permitirá detectar averías de manera precoz, y su resolución generalmente será más barata cuanto antes detectemos el problema. La lubricación siempre es rentable. Aunque sí representa un coste (lubricante y la mano de obra de aplicarlo), en general es tan bajo que

---

<sup>8</sup> (García Garrido, 2003, pág. 19)

está sobradamente justificado, ya que una avería por una falta de lubricación implicará siempre un gasto mayor que la aplicación del lubricante correspondiente. Hecha esta puntualización, podemos definir ya los diversos modelos de mantenimiento posibles.

#### 5.1.3.2.1 Modelo correctivo

Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, como veremos, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

#### 5.1.3.2.2 Modelo Condicional

Incluye las actividades del modelo anterior, y además, la realización de una serie de pruebas o ensayos que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo.

Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja.

#### 5.1.3.2.3 Modelo Sistemático

Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura; y, por último, resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se

trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

Un ejemplo de equipo sujeto a este modelo de mantenimiento es un reactor discontinuo, en el que las materias que deben reaccionar se introducen de una sola vez, tiene lugar la reacción, y posteriormente se extrae el producto de la reacción, antes de realizar una nueva carga. Independientemente de que este reactor esté duplicado o no, cuando está en operación debe ser fiable, por lo que se justifica realizar una serie de tareas con independencia de que se hayan presentado algún síntoma de fallo.

Otros ejemplos:

- El tren de aterrizaje de un avión
- El motor de un avión

#### 5.1.3.2.4 Modelo de Alta Disponibilidad

Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es, en general, el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene por qué ser exactamente iguales año tras año.

Como quiera que en este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo, es decir, el objetivo que se busca en este equipo es cero averías, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo

conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la puesta a cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año.

Algunos ejemplos de este modelo de mantenimiento pueden ser los siguientes:

- Turbinas de producción de energía eléctrica.
- Hornos de elevada temperatura, en los que una intervención supone enfriar y volver a calentar el horno, con el consiguiente gasto energético y con las pérdidas de producción que trae asociado.
- Equipos rotativos que trabajan de forma continua.
- Depósitos reactores o tanques de reacción no duplicados, que sean la base de la producción y que deban mantenerse en funcionamiento el máximo número de horas posible.

#### 5.1.3.2.5 Otras consideraciones

En el diseño del Plan de Mantenimiento, deben tenerse en cuenta dos consideraciones muy importantes que afectan a algunos equipos en particular. En primer lugar, algunos equipos están sometidos a normativas legales que regulan su mantenimiento, obligando a que se realicen en ellos determinadas actividades con una periodicidad establecida.

En segundo lugar, algunas de las actividades de mantenimiento no podemos realizarlas con el equipo habitual de mantenimiento (sea propio o contratado) pues se requieren de conocimientos y/o medios específicos que solo están en manos del fabricante, distribuidor o de un especialista en el equipo.

Estos dos aspectos deben ser valorados cuando tratamos de determinar el modelo de mantenimiento que debemos aplicar a un equipo.

#### Mantenimiento Legal:

Algunos equipos están sometidos a normativas o a regulaciones por parte de la Administración. Sobre todo, son equipos que entrañan riesgos para las personas o para el entorno. La Administración exige la realización de una serie de tareas, pruebas e inspecciones, e incluso algunas de ellas deben ser realizadas por

empresas debidamente autorizadas para llevarlas a cabo. Estas tareas deben necesariamente incorporarse al Plan de Mantenimiento del equipo, sea cual sea el modelo que se decida aplicarle.

Algunos de los equipos sometidos a este tipo de mantenimiento son los siguientes:

- Equipos y aparatos a presión.
- Instalaciones de alta y media tensión.
- Torres de refrigeración.
- Determinados medios de elevación, de cargas o de personas.
- Vehículos.
- Instalaciones contra incendios.
- Tanques de almacenamiento de determinados productos químicos.

Mantenimiento subcontratado a un especialista:

Cuando hablamos de un especialista, nos referimos a un individuo o empresa especializada en un equipo concreto. El especialista puede ser el fabricante del equipo, el servicio técnico del importador, o una empresa que se ha especializado en un tipo concreto de intervenciones. Como hemos dicho, debemos recurrir al especialista cuando:

- No tenemos conocimientos suficientes.
- No tenemos los medios necesarios.

Si se dan estas circunstancias, algunas o todas las tareas de mantenimiento deberemos subcontratarlas a empresas especializadas.

El mantenimiento subcontratado a un especialista es, en general, la alternativa más cara, pues la empresa que lo ofrece es consciente de que no compite. Los precios no son precios de mercado, sino precios de monopolio. Debe tratarse de evitarse en la medida de lo posible, por el encarecimiento y por la dependencia externa que supone. La forma más razonable de evitarlo consiste en desarrollar un Plan de Formación que incluya entrenamiento específico en aquellos equipos de los que no se poseen conocimientos suficientes, adquiriendo además los medios técnicos necesarios.

#### **5.1.4 Análisis De Criticidad<sup>9</sup>**

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Pero, ¿cómo diferenciamos los equipos que tienen una gran influencia en los resultados de los que no la tienen? Cuando tratamos de hacer esta diferenciación, estamos realizando el Análisis de Criticidad de los equipos de la planta.

Comencemos distinguiendo una serie de niveles de importancia o criticidad:

A) Equipos críticos. Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.

B) Equipos importantes. Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.

C) Equipos prescindibles. Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.

Opcionalmente, algunas empresas prefieren incluir una categoría más: los equipos altamente críticos. Se pretende con la introducción de esta nueva categoría distinguir entre dos tipos de equipos críticos distintos: equipos más críticos y equipos menos críticos.

Veamos, en segundo lugar, qué criterios podemos utilizar para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores. Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

— Producción. Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de

---

<sup>9</sup> (García Garrido, 2003, pág. 24)

producción preferente, paralice equipos productivos pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción, clasificaremos el equipo como A, B o C.

— Calidad. El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.

— Mantenimiento. El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o, por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

— Seguridad y medio ambiente. Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

La Tabla propuesta para valorar la criticidad de un equipo puede ser la siguiente:

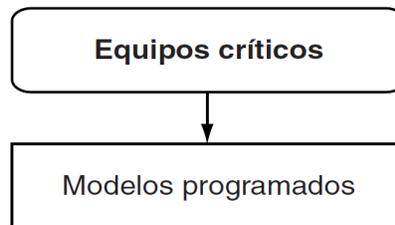
**ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

**Figura 2. Análisis de criticidad de equipos en una planta industrial. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

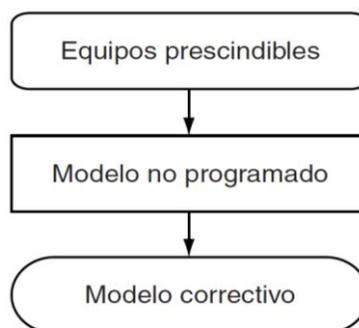
### 5.1.5 Selección Del Modelo De Mantenimiento<sup>10</sup>

Ya hemos determinado la criticidad del equipo que estamos analizando. Ya tenemos el primer gran paso para decidir sobre el modelo de mantenimiento a aplicar.



**Figura 3. Modelos programados para equipos críticos. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

Si el equipo resulta ser Crítico, el modelo de mantenimiento será alguno de los tres que corresponden a Mantenimiento Programado. Si el equipo es Importante, tendremos que estudiar todavía un poco más las consecuencias de una avería. Si el equipo, por último, es Prescindible, ya sabemos que el modelo que le corresponderá será el Modelo Correctivo.

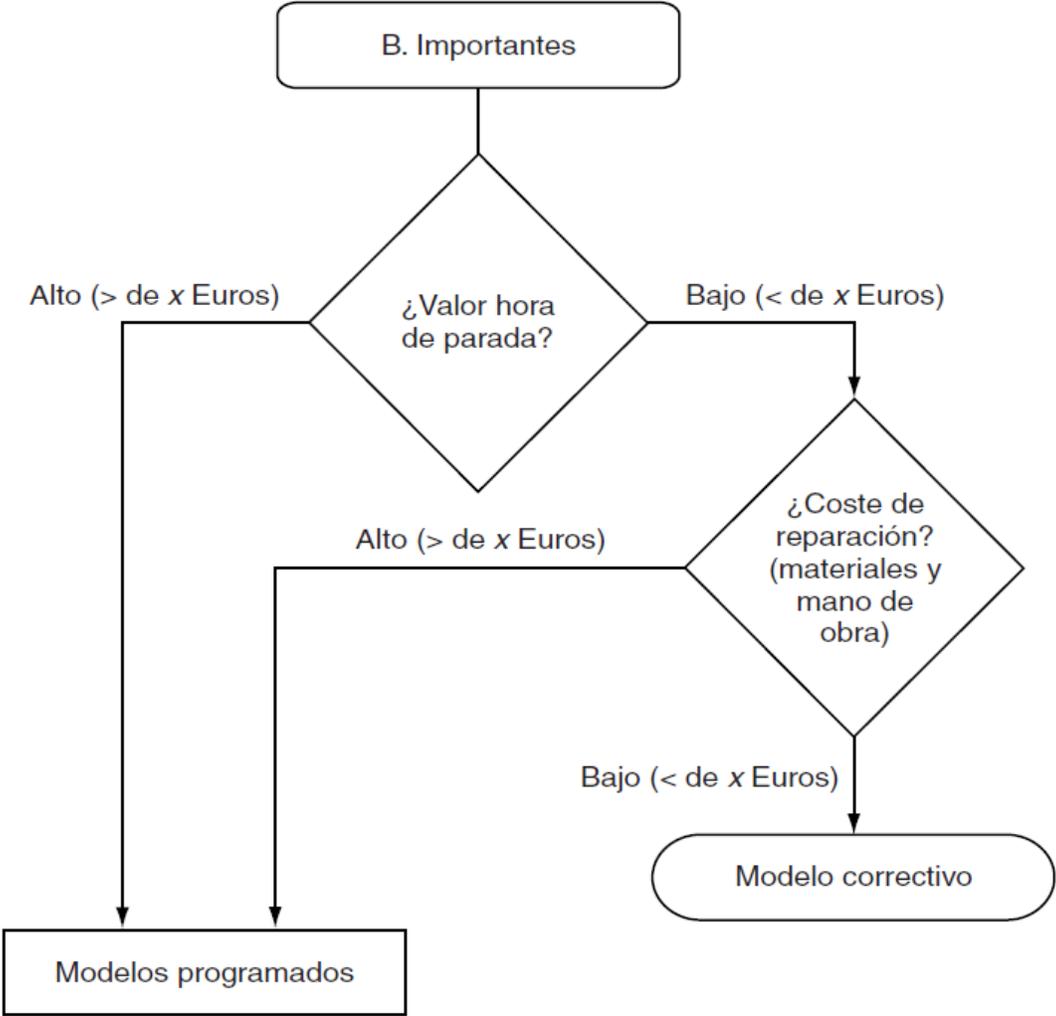


**Figura 4. Modelos no programados para equipos prescindibles. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

---

<sup>10</sup> (García Garrido, 2003, pág. 26)

Como decíamos, si el equipo es Importante debemos preguntarnos sobre el coste que supone una parada, y el coste que supone la reparación de una posible avería. Si el coste de una parada es importante (por ejemplo, porque implique un coste determinado en pérdidas en producción), el modelo de mantenimiento es uno de los modelos programados. Si el coste es bajo, aún debemos preguntarnos algo más: cuál es el coste de una posible avería. Si el equipo tiene piezas cuya avería nos supondrá un gasto grande (contabilizando tanto materiales como mano de obra), el modelo de mantenimiento será programado; si por el contrario este coste es bajo, el modelo de mantenimiento que le corresponderá será correctivo.



**Figura 5. Modelos para equipos Importantes. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

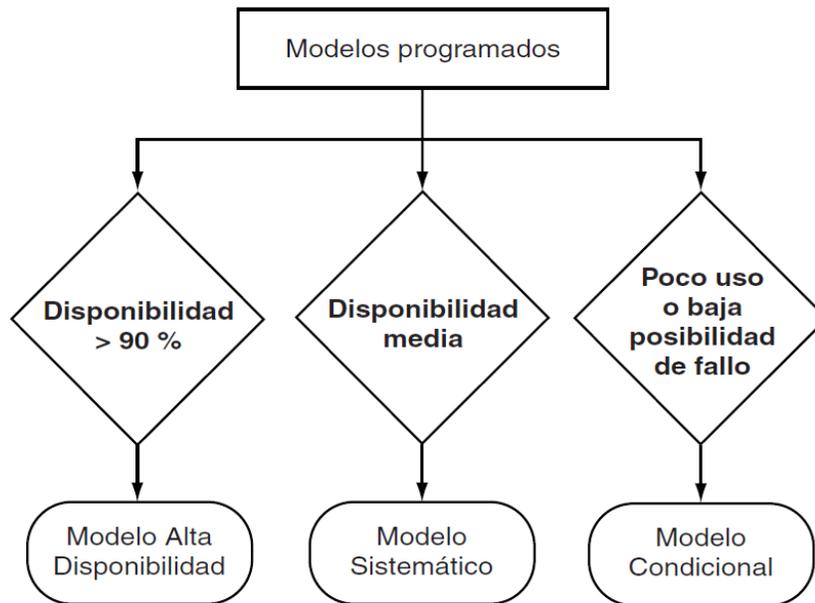
Así, vemos que para el caso de equipos críticos y para el caso de equipos prescindibles, la asignación de un modelo programado o no programado (correctivo) es inmediata, pero si el equipo es importante, hay que estudiar más a fondo el equipo. Si la parada del equipo no supone un gran trastorno en producción y además el coste de las averías que pueden surgir es asumible, el modelo será correctivo, mientras que si no se cumple alguna de las dos condiciones anteriores, el modelo será alguno de los tres modelos programados.

Una vez que hemos llegado a la conclusión de que el modelo de mantenimiento es un modelo de mantenimiento programado, debemos ahora decidir qué modelo en concreto corresponde.

Si el equipo necesita estar en funcionamiento la mayor parte del tiempo (más del 90%), el modelo será el de Alta Disponibilidad. Este modelo, como hemos visto, es el más caro y completo, y es el único que no incluye la reparación de averías, porque se parte de la base de que estas averías no pueden surgir. En la práctica, estas averías ocurren, ya que es imposible controlar todos los aspectos, algunos de ellos dependientes del azar. Pero debemos fijarnos eso como objetivo, aunque no lo consigamos plenamente.

Si es un equipo del que precisamos una disponibilidad media (por ejemplo, no funciona las 24 horas del día, o hay épocas —semanas, meses— en los que permanece parado), el modelo será el Sistemático. Estarían incluidos aquí aquellos equipos que no funcionan de manera continua, pero que cuando lo hacen deben hacerlo con absoluta fiabilidad.

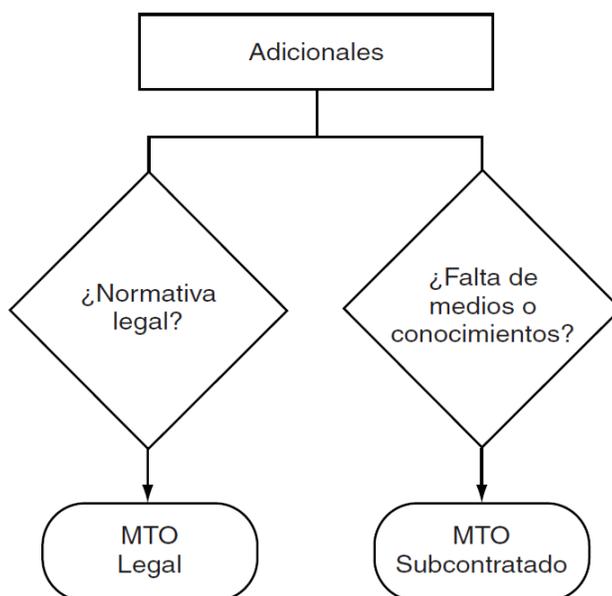
El tercer caso será aquel que corresponde a equipos cuya posibilidad de fallo es baja, o bien, que la disponibilidad que precisamos es muy baja (equipos que solo precisamos ocasionalmente, o que están duplicados o triplicados). El modelo correspondiente será el Condicional, en el que según hemos visto, realizaremos determinadas pruebas funcionales o determinados ensayos, y solo actuaremos en caso de observar algo anormal en estas pruebas o ensayos. Dentro de los modelos de mantenimiento programado es el modelo más básico.



**Figura 6. Modelos programados según disponibilidad del equipo. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

### Modelos programados

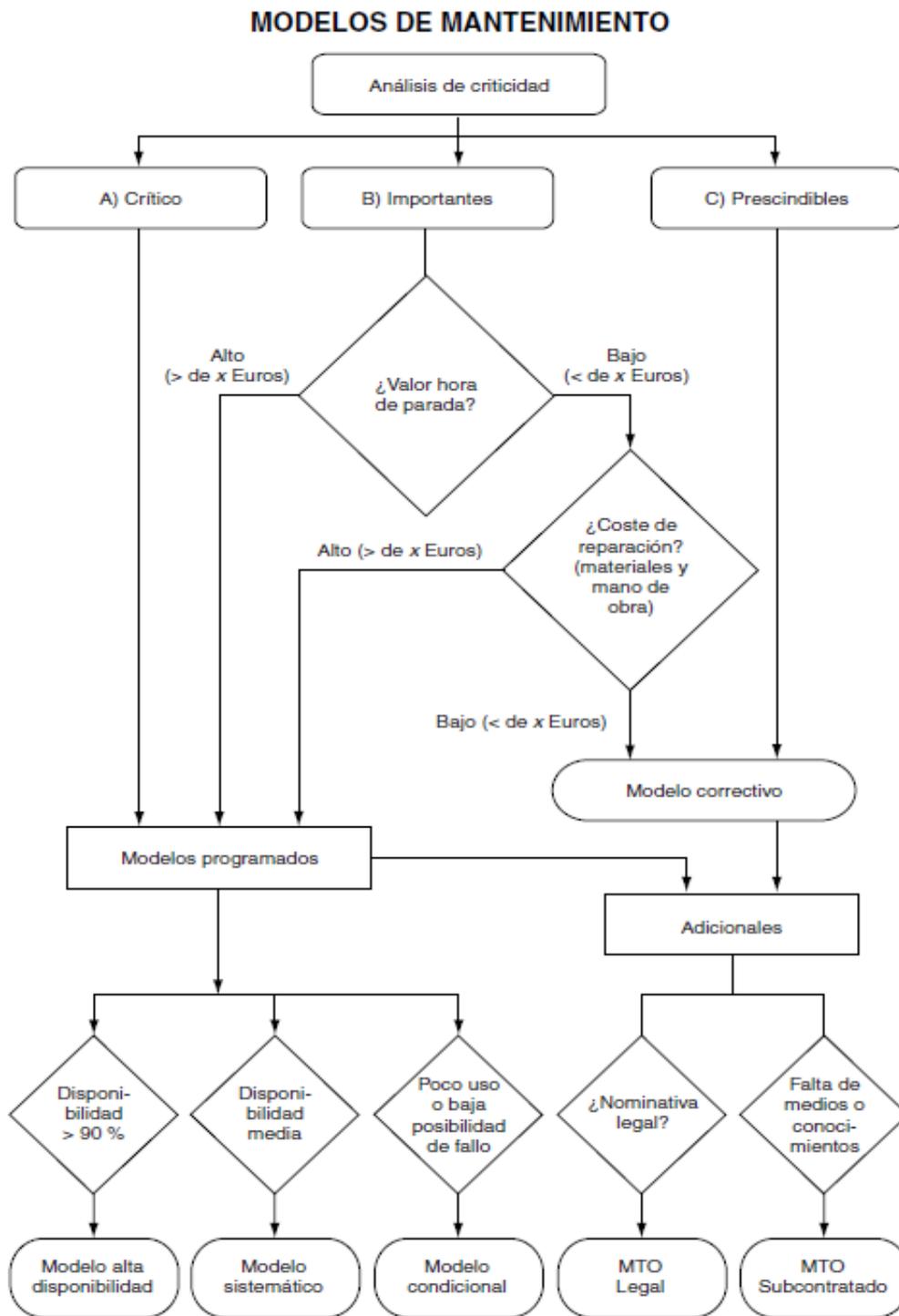
Por último, hoy debemos valorar los aspectos complementarios relativos a normativas legales que sean de aplicación y a la necesidad de contratar tareas de mantenimiento a fabricantes o especialistas.



**Figura 7. Adicionales legales o subcontratados de mantenimiento. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

Una vez decidido cuál de los 4 modelos anteriores le corresponde a cada equipo, debemos identificar aquellos equipos sometidos a normativas reguladoras de la Administración, que exige que se realicen determinadas tareas con una periodicidad definida. Junto al modelo correspondiente, añadiremos ese mantenimiento legal. Lo mismo sucederá con el mantenimiento subcontratado al fabricante: si identificamos equipos para los que no poseemos la formación suficiente o los medios técnicos suficientes, añadiremos al modelo los subcontratos necesarios, que, como vimos, pueden suponer subcontratar el mantenimiento preventivo, el correctivo, un servicio de inspecciones periódicas o una puesta a cero.

En la Figura de la página siguiente podemos encontrar el diagrama de flujo que refleja el proceso de decisión que hemos detallado.



**Figura 8. Flujo grama para tomar la decisión sobre el modelo de mantenimiento. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**

### **5.1.6 Ficha De Equipo<sup>11</sup>**

Para poder llevar a cabo la selección del Modelo de Mantenimiento que más se adapte a cada equipo, debemos, en primer lugar, disponer de la lista de los equipos que componen la planta. Esta lista, como hemos visto, puede ser tan detallada como se quiera: cuanto más detallada sea, más válidas serán las conclusiones que obtengamos.

Una vez tengamos esa lista, es necesario elaborar una ficha para cada uno de los ítems que componen la planta. La Ficha de Equipo debe contener los datos más sobresalientes que afecten al mantenimiento de cada uno de los equipos de la planta.

A la hora de elaborar estas fichas, deberemos comenzar por los equipos que intuimos más importantes, y después continuar con el resto hasta completar la totalidad de los equipos de la planta. Esto debe hacerse así porque los equipos más significativos nos supondrán generalmente poco tiempo y, en cambio, el total de los equipos nos supondrá mucho más. Si por alguna razón debemos paralizar el trabajo, es mejor dejar de hacer los equipos menos importantes, por razones obvias.

Este trabajo es, además, independiente de que haya o no un soporte informático en la empresa. Si tenemos un sistema de mantenimiento asistido por Ordenador es recomendable igualmente realizar esta ficha en soporte papel o con la ayuda de una pequeña base de datos de fabricación propia, utilizando, por ejemplo, el formato que se indica en las páginas siguientes. Una vez tengamos todas las fichas en soporte papel, la carpeta que contenga estas fichas se volverá la fuente de información a partir de la cual introduciremos datos en nuestro sistema informático. La razón de hacerlo en soporte papel es doble. En primer lugar, la recogida de datos y las decisiones a tomar son la parte más importante del trabajo, e introducirlo en el sistema informático es una actividad mecánica que puede hacer un administrativo o un grabador de datos. En segundo lugar, el

---

<sup>11</sup> (García Garrido, 2003, pág. 29)

sistema informático no tiene por qué tener campos para toda la información necesaria, y recopilando todos los datos en soporte papel aseguramos que la tenemos toda.

En la ficha de equipo debemos anotaremos los siguientes datos:

- Código del equipo y descripción.
- Datos generales.
- Características principales (especificaciones). Es importante recopilar la mayor cantidad de datos de cada equipo.
- Valores de referencia (temperaturas de funcionamiento, nivel de vibración en cada uno de los puntos, consumos de energía por fase, etc.)
- Análisis de criticidad del equipo. Es conveniente explicar, en esta ficha, por qué se le ha asignado un determinado nivel de criticidad a cada equipo. De esta forma, cualquier persona podrá consultarlo, y entender la razón de su clasificación. Es recomendable adjuntar el cuadro en el que se analiza la criticidad en esta ficha de equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendable. Igual que en el caso anterior, es conveniente explicar por qué se ha llegado a esa conclusión, de manera que la ficha de equipo debería contener alguna forma de poder explicarla (un gráfico, un espacio para poder aportar una justificación, etc.).
- Si necesita de mantenimiento legal, y qué normativas son las de aplicación.
- Si necesita de subcontratos a fabricantes, indicando el tipo de subcontrato que se propone (revisiones periódicas, correctivo, inspecciones).
- Repuestos críticos que deben permanecer en stock, pertenecientes a ese equipo.
- Repuestos que se prevé que necesitará ese equipo en un ciclo de 5 años.
- Consumibles necesarios (lubricantes, filtros, etc.) que necesita para funcionar, especificando sus características.
- Acciones formativas que se consideran necesarias para poder tener el conocimiento que se requiere para poder ocuparse del mantenimiento del equipo.

Realizando esta ficha de cada uno de los equipos que componen la planta, es fácil entender por qué, al realizar este trabajo, estamos recopilando datos muy importantes que nos ayudarán en otras labores, además de poder realizar el Plan de Mantenimiento:

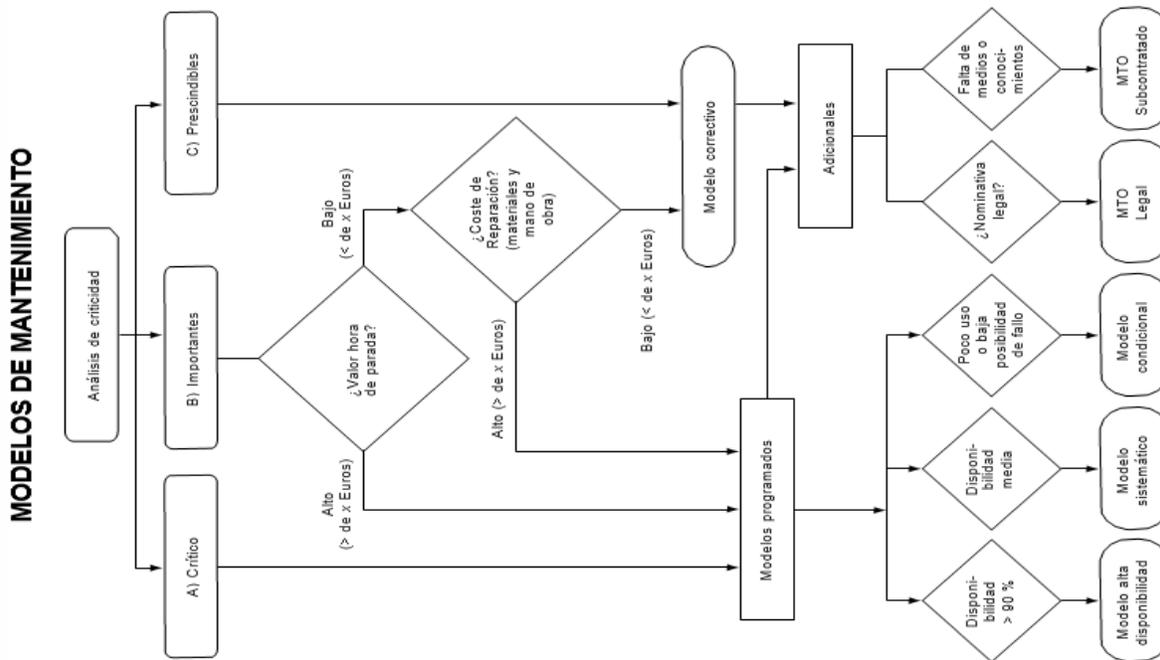
— Tendremos algunos de los datos necesarios para poder calcular el presupuesto de mantenimiento. Podremos calcular los materiales necesarios, calcular el monto del inmovilizado en repuesto, los subcontratos que debemos firmar con fabricantes, etc.

— Podremos elaborar el Plan de Formación a partir de las necesidades de formación en cada uno de los equipos (nos faltará, para poder completar este plan, la formación genérica que consideremos necesaria. Ver el Capítulo dedicado a Plan de Formación).

Un ejemplo de esta Ficha de Equipo se encuentra en las Figuras de las páginas siguientes.

<b>EQUIPO:</b>	<b>CÓDIGO(S):</b>			
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>				
PROVEEDOR:	AÑO:	fotografía del equipo		
DIRECCIÓN:				
TELEFONOS:				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:				
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:				
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b>				
<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD:</b>		<b>TIPO DE EQUIPO:</b>		
<b>ANÁLISIS DE LAS ZONAS/EQUIPOS</b>				
Tipo de equipo o de zona	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
<b>A CRÍTICO</b>	La posibilidad de originar un accidente grave es alta.	Su parada afecta al Plan de Producción y/o a clientes.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas muy frecuentes (mensuales) por razones de seguridad.		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado, en esta planta o en plantas similares.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
<b>B IMPORTANTE</b>	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
<b>C PRESCINDIBLE</b>	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.
<b>MODELO DE MANTENIMIENTO</b>		<b>¿MTO. LEGAL?</b>		<b>SUBCONTRATOS NECESARIOS</b>
CORRECTIVO		SÍ		PREVENTIVO
CONDICIONAL		NO		CORRECTIVO
SISTEMÁTICO				INSPECCIONES
ALTA DISPONIBILIDAD				OVERHAUL

**Figura 9. Ficha de equipo vista frontal. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial**



ELEMENTOS QUE LO COMPONENTE: CONSUMIBLES:

	Aceites:
	Filtros:
	Otros:

REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA:

--

HERRAMIENTAS ESPECIALES:

--

FORMACIÓN NECESARIA

ESPECIFICAR MANTENIM. LEGAL

SUBCONTRATOS:

--	--

Figura 10. Ficha de equipo vista trasera. Fuente: Manual Práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial

### **5.1.7 Hoja-Resumen De Los Equipos De Una Planta<sup>12</sup>**

Por último, puede ser conveniente elaborar una hoja-resumen con los equipos más significativos de la planta, en la que se registren los datos más importantes contenidos en las fichas de equipo. Esto nos permitirá manejar datos importantes de la planta de una forma más compacta, de manera que con un vistazo rápido a un documento que tiene muy pocas hojas podamos hacernos una idea completa de conjunto sobre la planta.

Los datos que deberían figurar en esa hoja-resumen, cuyo formato se propone en la página siguiente, serían los siguientes (se indican las abreviaturas empleadas en el formato):

- Código del equipo (CÓDIGO).
- Nombre del equipo (DESCRIPCIÓN).
- Nivel de criticidad (CRIT).
- Modelo de mantenimiento a aplicar. Los modelos serán los detallados anteriormente:
  - Fiabilidad (FIAB).
  - Sistemático (SIST).
  - Condicional (COND).
  - Correctivo (CORR).
  - Mantenimiento legal (añadido a los anteriores) (LEG). Indicar qué inspecciones le corresponden.
  - Mantenimiento subcontratado al fabricante (SUB). (Indicar el tipo de subcontrato que se propone: preventivo, correctivo, inspecciones).
- Las acciones formativas (cursos, charlas, etc.) que se consideran necesarias para completar los conocimientos sobre la planta.
- Repuesto crítico (en caso de ser equipo crítico). Indicar las piezas que deben permanecer en stock. (REPUESTO).
- Cualquier otra información de interés (OBSERVACIONES).

---

<sup>12</sup> (García Garrido, 2003, pág. 35)



PLACA, MARCA, LINEA, MOTOR y MODELO, sin embargo en esa investigación no encontramos una agrupación de equipos como tal ni sistemas o subsistemas por cada uno.

Para el 2011 Hernández Martín en su propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la empresa suramericana de transportes también se basa en un listado de vehículos con los siguientes campos: PLACA, CLASE, TIPO, LINEA, MODELO, MOTOR y CODIGO; sin embargo él sí plantea unos grupos generales de los sistemas de cada vehículo como son:

- Motor
- Transmisión
- Eje trasero
- Dirección
- Frenos
- Suspensión
- Electricidad y chasis
- Carrocería y equipos adicionales

Y nos da un detalle completo de los componentes de cada sistema sin incluir o clasificarlos como subsistemas pero presentando una codificación de los mismos.

En el año 2012 Cortés Tunjano & Prieto Fetecua, en una propuesta a la empresa Transmasivo muestran una descripción de los activos de acuerdo a la codificación del fabricante de los equipos SCANIA L941A6X2NB260 donde:

L: Motor longitudinal

9: Cilindraje del motor en litros

4: Código nivel producción del motor

I: Tipo de chasis

A: Adaptación del chasis (articulación)

6X2: tipo de tracción

N: Altura del chasis

B: Tipo de suspensión

260: Potencia del motor

Y adicional presentan al vehículo dividido en 2 grandes sistemas los cuales llaman Chasis y carrocería; estos sistemas a su vez los dividen en los siguientes subsistemas:

CHASIS: -Motor -Alimentación de combustible

-turbo

- Sistema eléctrico

-Sistema Refrigeración

-Transmisión

-Sistema neumático

-Dirección

CARROCERÍA: -Externa

- Interna

Ellos no mencionan que sea una estructura arbórea, pero es más aproximada que las anteriores.

Para los ingenieros Sánchez & Bravo en el año 2009, realizaron la siguiente propuesta en diseñar un Programa de Mantenimiento Preventivo para una empresa del sector industrial Tecnofes, para los autores se enfocan en diseñar un plan de Mantenimiento preventivo para mejorar los indicadores de producción, dado a que se en la empresa en mención, presenta fallas , afectando la producción, para su diseño se basan el concepto y el desarrollo de un plan que permita identificar la criticidad de los equipos, mediante el levantamiento del inventario y a su vez realizar una matriz por cada equipo, logrando realizar una hoja de vida por cada equipo.

Los autores mediante este sistema van dirigido a cumplir una función de servicio para un sistema productivo total del cual es parte integral, sus objetivos son:

- Asegurar el funcionamiento normal de instalaciones, máquinas y equipos.
- Operar los equipos y maquinarias a costo mínimo. Contribuir con la seguridad, preservaciones de mantenimiento y la productividad.
- Respalda las operaciones, asegurando la máxima disponibilidad de los equipos. Disminución de los costos de mantenimiento.

- Prolongar la vida útil de los equipos cuando se justifique económicamente. El Ingeniero Marcos Alejandro Noriega, 2010 quien presenta Diseño de un software que facilite las actividades de Mantenimiento a los motores Diésel instalados en una empresa de Telecomunicaciones, mediante su propuesta de diseñar un software que permita aplicar actividades de manera controlada aquellas tareas de mantenimiento, donde se enfoca en la estrategia de una adecuada gestión, donde la documentación técnico legal, donde estas aplicaciones generan indicadores sobre el cumplimiento del calendario de las rutinas e inspecciones, esto a su vez el autor combina e integra un flujo de información procesada y elaborada en cada actividad, también posibilita la toma de la información necesaria del buen funcionamiento.

Por otra parte, el ingeniero recopila todo el conocimiento explícito de los equipos a mantener previamente priorizados, esto incluye recoger toda la documentación relacionada con el equipo, a través de catálogos, manuales, el cual se utilizara en la fase del análisis de la documentación de diseño, operación y mantenimiento realizada paso a paso. Pará esta investigación se determina que el proceso de realizar un software este, lo describe en dos factores, para gestionar adecuadamente el mantenimiento, La información se toma para implementar el panel de mando, el cual será la encargada de recoger y ubicarlos en unos campos, que deben ser plasmados en una orden de trabajo de mantenimiento.

Al tener el panel de control, se inicia el proceso de la elaboración de ceración de un documento que permita observar la actividad y tarea a realizar según la planeación y tipo de intervención, esta documento se refiere a la generación de la Orden de Trabajo, el cual debe ser implementada en la base, siendo continuamente actualizada y adaptada a las necesidades tanto en la dirección, como los técnicos y profesionales de mantenimiento, esta información será procesada para generar los indicadores requeridos por mantenimiento. La orden de trabajo, contiene datos que deben ser procesados de manera idónea, sin embargo en caso de omitir cierta información puede generar alteraciones en la planeación y ejecución de actividades.

### **5.2.2 Estado Del Arte Nacional**

En el año 2011 Forero Gómez demuestra que la estructura arbórea de los equipos es aplicable a todo equipo que requiera mantenimiento, basándose en una jerarquía de equipos, ella caracteriza un sistema de control distribuido en la unidad de central del norte de la gerencia refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A., este sistema de control distribuido contiene equipos de cómputo, de redes, módulos de control, módulos de I/O.

En el año 2012 Cáceres Nova en su mejoramiento del plan de mantenimiento de los equipos de petrotiger de la base de Acacias, explica la estructura arbórea presentada en la norma ISO 14224:2006 y adicional explica las causas de falla expuestas en la misma norma y como deberían aplicarse.

En el 2014 Córdoba Sosa presenta una actualización del programa de mantenimiento de SOTIPET S.A.S. donde uno de los pasos y de acuerdo a la norma 14224:2006 establece el árbol de equipos propios de dicha empresa con el fin de mejorar la ejecución del mantenimiento.

Quintero Bueno en el año 2011 a través de un modelo para implementar y auditar un sistema de gestión de activos muestra los beneficios de implementar un sistema de gestión de activos para lograr el cumplimiento del plan estratégico organizacional y a satisfacer las expectativas de todas las partes interesadas, teniendo muy presente las actividades durante el ciclo de vida del activo.

Cardenas Peñaranda en su Apoyo al proceso de ejecución de mantenimiento de flotas de las UAS de equipos de soporte en el año 2009; realiza una clasificación de equipos según su nivel de criticidad y determina crear o modificar los instructivos de los procesos de mantenimiento en susutareas y actividades, se logra apreciar como la criticidad de equipos se aplica al momento de rediseñar el plan de mantenimiento.

### **5.2.3 Estado Del Arte Internacional**

Campos Zuñiga, en el año 2014 Diseña una propuesta de modelo de gestión de activos basado en la norma ISO 55000 donde aplica la criticidad de los equipos establecida en la norma IAO 144224:2006.

Narváez Guznay & Zhigue Tene, en el año 2015 aplican la norma ISO 14224:2006 en su Implementación de un plan de mantenimiento para los laboratorios de procesos y transformación de materiales del área de ingenierías de la universidad politécnica salesiana sede Cuenca, empleando la jerarquía de los niveles y definiendo los niveles de criticidad de los mismos.

Maldonado & Siguenza en el año 2012, en su propuesta de plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dinasty Mining del canton portobelo no tienen en cuenta una criticidad ni un inventario de equipos pero si se centran en los principios básicos del mantenimiento y las politicas en las cuales se basa la operación de los equipos.

Bohórquez Morales en el 2011) de Guayaquil (Ecuador) propone la Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la flota del parque nacional Galápagos, y en esta hace un inventario de equipos con su nivel de criticidad de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 14224:2006 sin embargo, no utiliza la jerarquía de niveles pero si propone su plan de mantenimiento para cada activo de la flota de buques.

Moreno Russian, en el año 2009 diseñó de un plan de mantenimiento de una flota de tracto camiones en base a los requerimientos en su contexto operacional, pero se enfocó principalmente en los motores Detroit serie C60 y los dividió en los siguientes sistemas: Sistema de Lubricación, Sistema de Enfriamiento, Sistema de combustible, Sistema de Aire, Sistema de Escape, Sistema Eléctrico, Sistemas Especiales, esto con el fin de implementar actividades y tareas de mantenimiento por cada uno.

En los trabajos consultados por parte de los investigadores no se encontró trabajos donde aplicaran la norma ISO 14224:2006 en el campo de flotas vehiculares.

### 5.3 MARCO NORMATIVO

A nivel internacional encontramos que la norma ISO 14224:2006 escrita en inglés en su capítulo 8 parametriza la forma en que los equipos de una planta y/o empresa se deben de jerarquizar así:

Límites de los equipos, taxonomía y definiciones de tiempo<sup>13</sup>

Límites de los equipos

Un límite de equipos claro es imprescindible para recoger, fusionar y analizar datos de confiabilidad y mantenimiento de industrias diferentes, plantas o fuentes. Esto también facilitará la comunicación entre operadores y fabricantes de equipos. La fusión y el análisis de lo contrario van a estar basados en datos incompatibles.

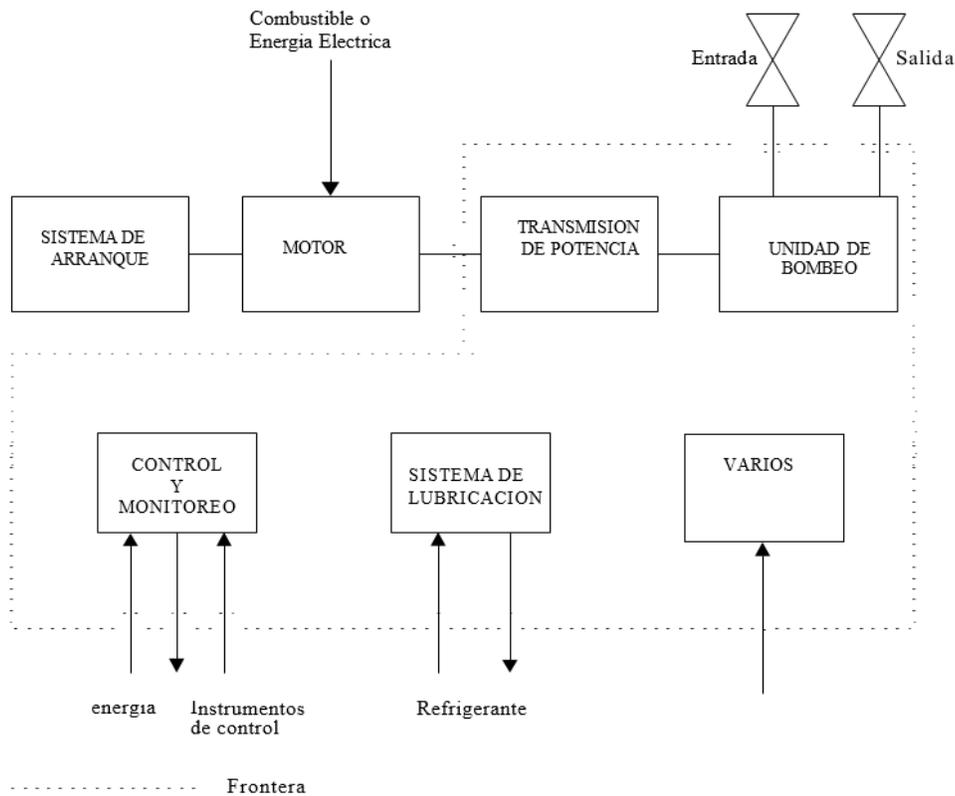
Para cada sistema de un equipo, un límite se definirá según lo que indica la confiabilidad y los datos de mantenimiento que han de ser recogidos. Esto se puede administrar mediante el uso de una figura, una definición de texto o una combinación de ambos.

Un ejemplo de un límite de equipo está mostrado en la Figura 10 y una forma de definir el esquema es:

EJEMPLO El límite aplica tanto al servicio general como a bombas de incendio. Válvulas de ingreso y salida y filtro de succión no están dentro del límite. Además el motor de la bomba junto con sus sistemas auxiliares no se encuentran incluidos. Las unidades del motor están como inventarios separados (motor eléctrico, turbina de gas o motor de combustión) y los fallos en el motor, si se registran, serán registrados como parte de las unidades del motor. El número en el Inventario de la bomba dará una referencia al inventario del motor apropiado.

---

<sup>13</sup> (International Organization for Standardization, 2006, pág. 29)



**Figura 12. Ejemplo de esquema de frontera (bombas). Fuente: Norma ISO 14224:2006**

Se prestará la debida atención a la ubicación de los elementos del equipo. En el ejemplo anterior, la central de control y vigilancia de componentes se incluyen típicamente dentro de la subunidad "control y monitoreo", mientras que la instrumentación individual (alarma, control) se incluye dentro de la subunidad apropiada, por ejemplo sistema de lubricación.

El diagrama límite deberá mostrar los principales ítems de menor nivel y las interfaces con el entorno. Descripciones adicionales textuales mostrarán, cuando sea necesario por motivos de aclarar, el estado con más detalle de lo que se considerará dentro y fuera de los límites. Al referirse a esta norma internacional es vital que cualquier desviación de los límites indicados en esta norma internacional, o nuevos límites no establecidos en la presente norma internacional, se especificaran.

Los límites deben evitar la superposición entre las diferentes clases de equipos. Por ejemplo en la recolección de datos sobre instrumentos como unidades de equipo separados uno deberá evitar que estos instrumentos también se incluyan dentro de los límites de otras unidades de equipo en el que están siendo recopilados datos. Alguna superposición puede ser difícil de evitar, sin embargo, estos casos deberán de ser identificados y tratados adecuadamente durante el análisis de datos.

### Taxonomía

La taxonomía es una clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios de los elementos (ubicación, uso, subdivisión equipo, etc.). Una clasificación de los datos pertinentes a percibir por esta Norma Internacional está representado por una jerarquía que se muestra en la Figura 11. Las definiciones de cada segmento se proporcionan a continuación, además de ejemplos de diferentes corrientes comerciales y Tipos de equipamiento, como se ilustra en la Tabla 2.

Los niveles 1 a 5 son una categorización de alto nivel que se refiere a las industrias y la aplicación de la planta, independientemente de las unidades de equipo que están involucrados. Esto debido a que una unidad de equipo (por ejemplo, bomba) puede ser utilizado en muchas industrias y configuraciones de la planta de forma diferente, y para el análisis de la fiabilidad de los equipos similares se necesita el contexto operativo.

Los niveles del 6 al 9 están relacionadas con la unidad de equipo (Inventario) con la subdivisión en los niveles más bajos identificados en una relación padre-hijo. El número de niveles de subdivisión dependerá de la complejidad de la unidad de equipo y el uso de los datos. Un solo instrumento puede necesitar sin mayores detalles, mientras que se requieren varios niveles para un compresor. Para los datos utilizados en los análisis de la disponibilidad, la fiabilidad a nivel de clase de equipos puede ser el único dato deseables necesarias, mientras que un análisis RCM y análisis de causa raíz necesitarán datos sobre mecanismo de falla en el

componente / elemento mantenible o parte. Esta Norma Internacional no se ocupa de nivel 9 en particular.

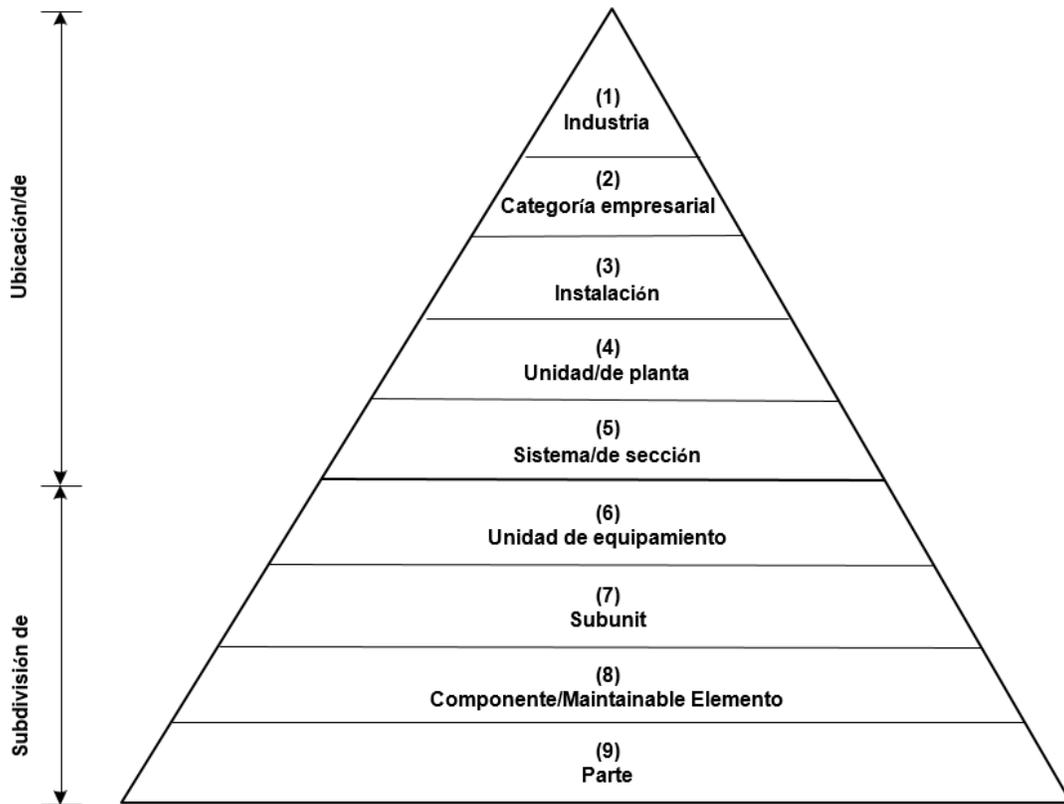


Figura 13. Taxonomía. Fuente: Norma ISO 14224:2006

Categoría principal	Nivel taxonomía	Jerarquía Taxonómica	Definición	Ejemplos
Uso/ubicación de datos	1	Industria	Tipo de industria principal	Petróleo, gas Natural, Petroquímica
	2	Categoría de negocios	El tipo de negocio o la corriente de procesamiento	Upstream (E and P), Midstream, Downstream (Refining), Petrochemical
	3	Categoría de la instalación	El tipo de instalación	Producción de Oil/gas, Transporte, perforación, GNL, Refinería, Petroquímica.
	4	Categoría de unidad o Planta	Tipo de unidad o planta	Plataforma, Semi-sumergible, Hidro fracturador, fracturador de etileno, Polietileno, planta de ácido acético, planta de metanol.

Subdivisión de equipo	5	Sección/Sistema	Sección principal/sistema de la planta	Compresión de gas Natural, Licuefacción, Vacío de Gas Oil, regeneración de Metanol, sección de Oxidación, sistema de reacción, Sección de destilación, sistema de carga de cisterna.
	6	Equipo (clase/unidad)	Clase de unidades de equipos similares. Cada clase de equipo contiene unidades iguales de	Intercambiador de calor, compresores, tuberías, bomba, caldera, Extrusora turbina de gas, agitador, Horno.
	7	Subunidad	Un subsistema necesario para que la unidad o equipo funcione.	Subunidad de lubricación, de refrigeración, de Control y Monitoreo, de Calefacción, de peletización, de reflujo, de control distribuido.
	8	Componente / ítem reparable <sup>a</sup>	El grupo de partes de la subunidad de equipo que son comúnmente mantenidos (reparado /	Refrigeradores, acoplamientos, caja de cambios, la bomba de aceite de lubricación, motor, Válvula, filtro, sensor de presión, sensor de temperatura, el circuito
9	Parte <sup>b</sup>	Una sola pieza del equipo	Sello, tubo, carcaza, impulsor, empaque, filtro, correa, etc.	

<sup>a</sup> Para algunos tipos de equipos, puede no tener ítem reparable. Por ejemplo, si la clase de equipo es tuberías, puede que no haya Ítem reparable, pero la Parte podría ser "codo".

<sup>b</sup> Mientras que este nivel puede ser útil en algunos casos, se considera opcional en esta norma.

**Tabla 1. Ejemplos de Taxonomía. Fuente: Norma ISO 14224:2006**

## 6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En la ciencia existen diferentes tipos de investigación y es necesario conocer sus características para saber cuál de ellos se acomoda mejor a la investigación que va a realizarse.

Aunque no hay acuerdo entre los distintos tratadistas sobre la clasificación de los tipos de investigación, a manera ejemplo se pueden mencionar:

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
• Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
• Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
• Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
• Explicativa	Da razones del por que de los fenómenos.
• Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
• Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
• Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
• Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o mas variables independientes sobre una o varias dependientes.

**Tabla 2. Tipos y características de investigación. Fuente: Guía de presentación y entrega de trabajos de grado (tesis, monografía, seminario de investigación, pasantía)**

Los autores determinaron que esta investigación es de tipo seccional.

## 7. DISEÑO METODOLÓGICO

### 7.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para los investigadores, diseñar un Árbol de Equipos es la base para diseñar el(los) plan(es) de Mantenimiento que direccionan la gestión del mantenimiento en las empresas del SITP, este proporciona a los gerentes de las empresas y responsables del mantenimiento las herramientas que permitan establecer el control y seguimiento de los activos, desarrollando estos planes por cada clase de equipo enfocados en maximizar la vida útil de los activos.

A continuación se observa el consolidado por sistema, cuya tendencia tiende a elevar el número de eventos por servicio.

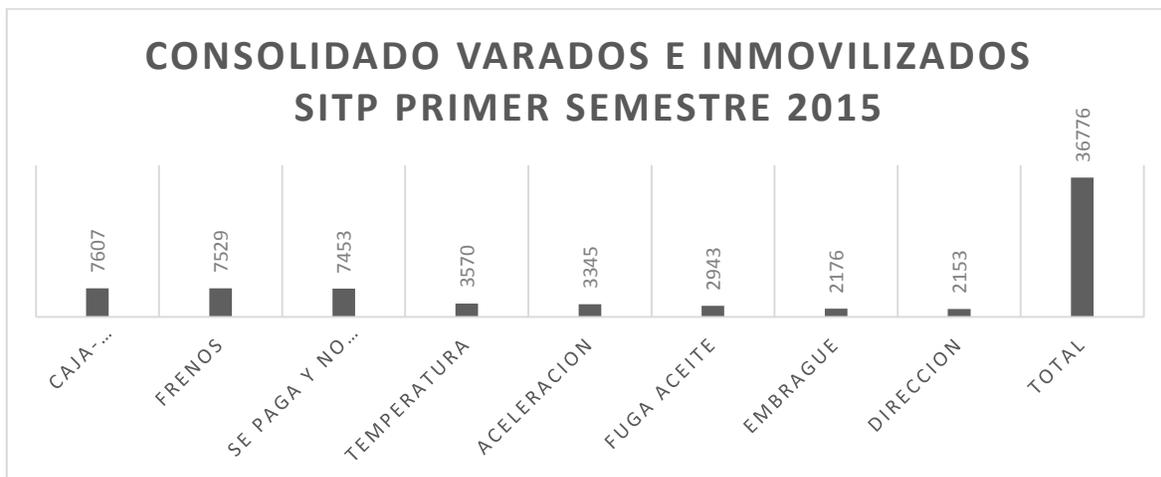
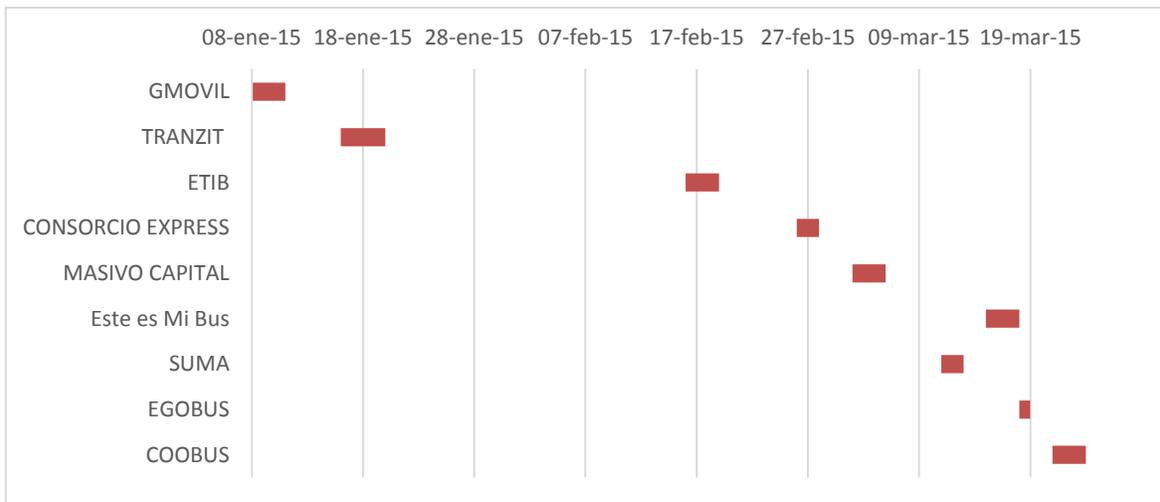


Figura 14. Consolidado de varada 2015. Fuente: El Espectador

Otro factor que determina el ente gestor, está direccionado al modelo de fabricación del bus, donde la flota está compuesta en un 52% por modelos de buses entre los años 2003 a 2012.

Una vez obtenido los resultados, los investigadores inician relación de los concesionarios que conforma el SITP a visitar.



**Figura 15. Diagrama de Gantt visitas a las empresas del SITP. Fuente: Los autores**

Una vez realizada la planeación de los contactos correspondientes se realiza cronograma de visitas a los concesionarios que conforman el SITP.

Con los concesionarios Egobus y Coobus, no se logró realizar ningún tipo de acercamiento dado a la situación que presentan, estas empresas están intervenidas por la Superintendencia de Puertos y Transporte a través de las resoluciones Nos. 1079 y 1076 del año 2014.

En el caso de la Empresa Gestora Operadora de Buses (Egobus) la Superintendencia de puertos y transporte encontró irregularidades en la prestación del servicio. A esta zona le correspondía el número 6 (Centro- Suba). Además de ausencia de gobernabilidad de sus administradores. El gerente de este operador era Mario Álvarez.

Para Coobus, se encontró al igual que Egobus, ausencia de gobernabilidad y varios incumplimientos, en la investigación a este operador se encontró falta de definición del plan de negocios que garantizara el cierre financiero, capital suscrito y pagado con inconsistencias cuentas por cobrar a los accionistas en mora superior a 322 días e inobservancia al pacto de cumplimiento suscrito con Transmilenio.

Los investigadores en el ciclo de visitas a los diferentes concesionarios distribuidos a lo largo y ancho de la ciudad de Bogotá, relacionan los siguientes Ingenieros que contribuyeron al desarrollo de la investigación.

CRONOGRAMA DE VISTAS			
Empresa	Fechas	Contacto	Cargo
GMOVIL	08-ene-15	Luis Duarte	Director Mantenimiento
TRANZIT	02-feb-15	Daniel de Angulo	Jefe de Compras
ETIB	16-feb-15	Fernando Corredor	Director Mantenimiento
CONSORCIO EXPRESS	01/03/2015	Alejandro Rumie	Jefe de Planeación y Programación de Mantenimiento
MASIVO CAPITAL	10/03/2015	Luis Escallon	Director Mantenimiento
Este es Mi Bus	16/03/2015	Ernesto Albarracín	Director Mantenimiento
SUMA	11-mar-15	Henry Cubillos	Coordinador de Mantenimiento

**Tabla 3. Personas que atendieron las Visitas a las empresas del SITP. Fuente: Los autores**

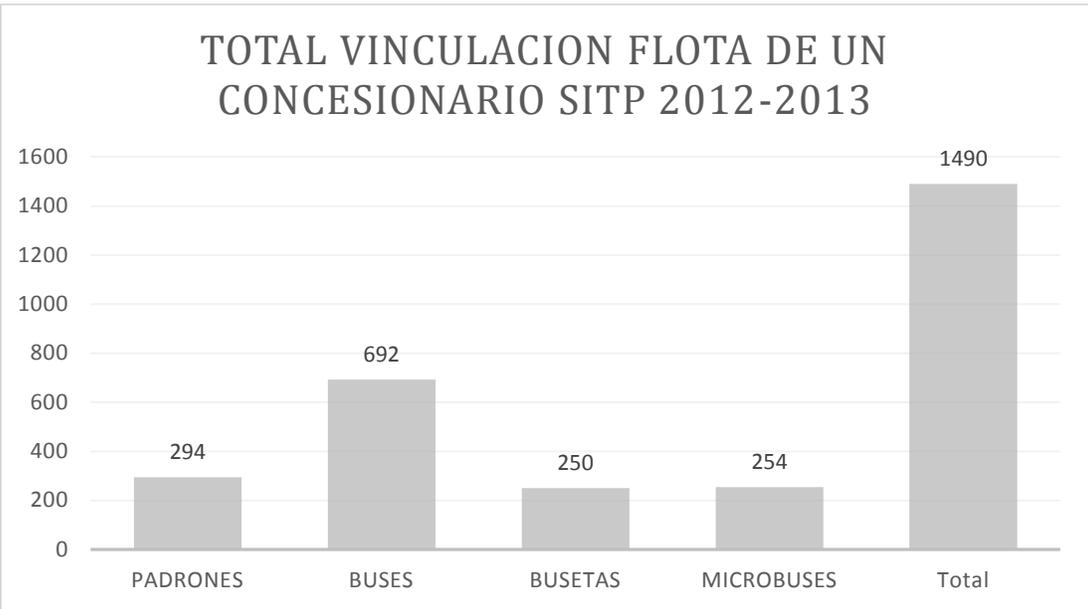
De estas visitas se determinó que únicamente una de las empresas operadoras posee árbol de equipos como se evidencia en la siguiente tabla:

Empresa	Plan Mantenimiento	Árbol Equipos
GMOVIL	SI	SI
TRANZIT	SI	NO
ETIB	SI	NO
CONSORCIO EXPRESS	SI	NO
MASIVO CAPITAL	SI	NO
ESTE ES MI BUS	SI	NO
SUMA	SI	NO

**Tabla 4. Existencia de árbol de equipos y plan de mantenimiento en Concesionarios. Fuente: Los autores**

Los autores, una vez captada la información, inician acercamiento con uno de los concesionarios del SITP, con el fin de proponer como mejora el árbol de equipos como base de los planes de Mantenimiento, este fortalecería las prácticas actuales y orientaría al concesionario sobre los beneficios y alcances en la administración de los vehículos.

Para tal fin, el concesionario brindo alguna información solicitada en pro de identificar y determinar las mejoras en el diseño del Plan de Mantenimiento partiendo de la creación de un árbol de Equipos. Para ello se dispuso de la siguiente grafica donde se observa la cantidad de flota requerida para una zona.



**Figura 16. Consolidado total de vehículos de una empresa del SITP. Fuente: Empresa concesionaria**

En la gráfica se observa la cantidad de flota para cubrir la zona asignada, para un total de 1490 activos, los cuales se distribuyen en varios patios de acuerdo a la demanda de la operación.

El patio en el cual se realizó la investigación, queda en la localidad de Suba y cuenta con una demanda de flota de 130 buses distribuidos por ruta y tipología de la siguiente manera:

RUTA	MICROBUS	BUSETAS	BUSES	PADRONES	Total general
54	11				11
344			23		23
320		28			28
C142			17		17
C37				10	10
E17			14		14
E23			12		12
E43			15		15
<b>Total general</b>	<b>11</b>	<b>28</b>	<b>81</b>	<b>10</b>	<b>130</b>

**Tabla 5. Demanda de vehículos por Ruta del patio concesionario del SITP: Fuente: Los autores**

Igualmente como cada concesionario es libre de tener la cantidad de flota de reserva que considere, se relaciona los 148 activos del patio.

TIPOLOGÍA	DEMANDA	ASIGNACIÓN	CANT. FLOTA RESERVA	% FLOTA RESERVA
BUS	81	90	9	10,00%
BUSETA	28	34	6	17,65%
MICROBÚS	11	14	3	21,43%
PADRÓN	10	10	0	0,00%
Total	130	148	20	13,33%

**Tabla 6. Conformación total de la flota de un patio del SITP Fuente: Los autores**

Teniendo en cuenta, la información suministrada por el concesionario donde manifiesta que se tiene Plan de Mantenimiento más no un árbol de Equipos, con base en los datos dados, el grupo investigador inicia proceso de levantamiento de la información requerida para el diseño del árbol de equipos.

Una vez conocida la tipología, se dispuso de las marcas que se encuentran en el patio y a continuación se relaciona:

- Chevrolet
- Hino
- Volvo

Adicional se relaciona las tipologías existentes en el patio:

- Línea Chevrolet NPR
- Línea Chevrolet NQR
- Línea Chevrolet NKR
- Línea Hino FC
- Línea Hino FB
- Línea Volvo 290R

Teniendo en cuenta el ítem anteriormente descritos, en la siguiente Figura se relaciona la cantidad de vehículos por línea conformadas en el patio:

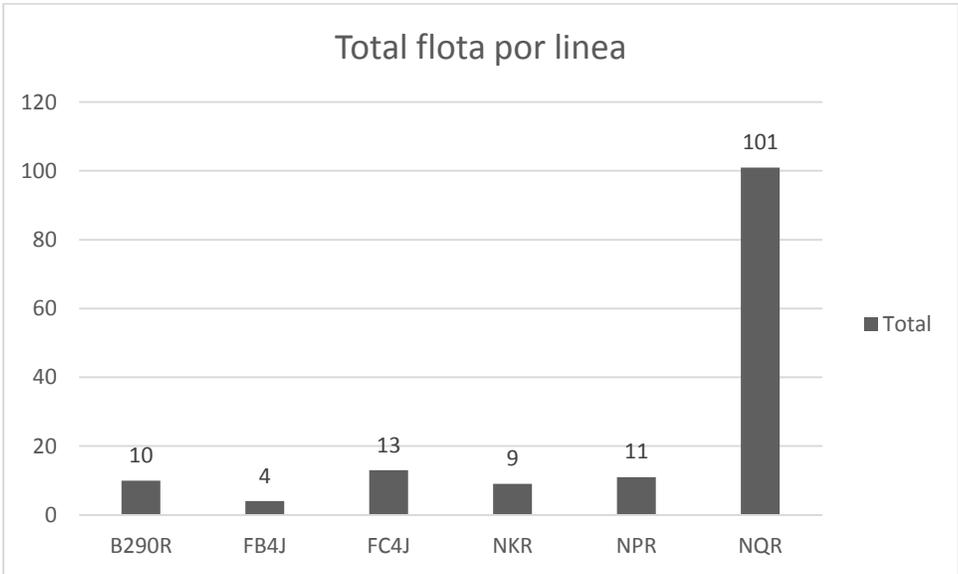


Figura 17. Conformación por línea de la flota de un patio. Fuente: Los autores

## 7.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para poder analizar los datos se recopiló la información de los vehículos y se digito en un archivo de Excel como inventario de equipos, este archivo se compone de 13 columnas con los siguientes datos básicos de cada vehículo: ítem, placa, número interno, servicio, modelo, marca, línea, clase, carrocería, combustible, cilindraje, sistema de freno, pasajeros y clase de equipo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	ÍTEM	PLACA	NÚMERO INT	SERVICIO	Modelo	MARCA	LÍNEA	CLASE	CARROCERÍA	COMBUSTIBLE	CILINDRAJE	SIST FRENO	PASAJEROS	CLASE DE EQUIPO
2	1	SU056	Z104004	URBANO	2003	CHEVROLET	NPR	BUS	OCCIDENTE	ACPM	4300	NEUMÁTICO	46	URBANOBUS2003NPROCCIDENTEUEMATIC
3	2	SIM613	Z104010	URBANO	2003	CHEVROLET	NPR	BUS	OCCIDENTE	ACPM	4570	NEUMÁTICO	50	URBANOBUS2003NPROCCIDENTEUEMATIC
4	3	SI0006	Z104007	URBANO	2003	CHEVROLET	NPR	BUS	OCCIDENTE	ACPM	4570	NEUMÁTICO	47	URBANOBUS2003NPROCCIDENTEUEMATIC
5	4	SI0554	Z104028	URBANO	2003	CHEVROLET	NPR	BUS	OCCIDENTE	ACPM	4570	NEUMÁTICO	50	URBANOBUS2003NPROCCIDENTEUEMATIC
6	5	SMY330	Z104257	URBANO	2010	HINO	FC4J	BUS	INDUBO	ACPM	5307	NEUMÁTICO	45	URBANOBUS2010FC4JINDUBONEUMATIC
7	6	TGX767	Z107178	URBANO	2014	VOLVO	B290R	PADRON	BUSSCAR	ACPM	7146	NEUMÁTICO	80	URBANOPADRON2014B290RBUSSCARNEUMATIC
8	7	TGX768	Z107171	URBANO	2014	VOLVO	B290R	PADRON	BUSSCAR	ACPM	7146	NEUMÁTICO	80	URBANOPADRON2014B290RBUSSCARNEUMATIC
9	8	TGX770	Z107168	URBANO	2014	VOLVO	B290R	PADRON	BUSSCAR	ACPM	7146	NEUMÁTICO	80	URBANOPADRON2014B290RBUSSCARNEUMATIC
10	9	TUN208	Z107149	URBANO	2014	VOLVO	B290R	PADRON	BUSSCAR	ACPM	7146	NEUMÁTICO	80	URBANOPADRON2014B290RBUSSCARNEUMATIC
11	10	TUN789	Z107166	URBANO	2014	VOLVO	B290R	PADRON	BUSSCAR	ACPM	7146	NEUMÁTICO	80	URBANOPADRON2014B290RBUSSCARNEUMATIC
12	11	VDA095	Z104023	URBANO	2004	CHEVROLET	NPR	BUS	OCCIDENTE	ACPM	4570	NEUMÁTICO	46	URBANOBUS2004NPROCCIDENTEUEMATIC
13	12	VDG878	Z100056	URBANO	2005	CHEVROLET	NKR	MICRO	DIMA	ACPM	4570	NEUMÁTICO	46	URBANOMICRO2005NKRDIMANEUMATIC
14	13	VDL895	Z100012	URBANO	2005	CHEVROLET	NKR	MICRO	OCCIDENTE	ACPM	4570	HIDRAULICO	46	URBANOMICRO2005NKRCCIDENTEHIDRAULICO
15	14	VDP729	Z104032	URBANO	2005	HINO	FB4J	BUS	INDUBO	ACPM	5307	HIDRAULICO	50	URBANOBUS2005FB4JINDUBOHIDRAULICO
16	15	VDU136	Z100008	URBANO	2006	CHEVROLET	NKR	MICRO	OCCIDENTE	ACPM	4570	HIDRAULICO	46	URBANOMICRO2006NKRCCIDENTEHIDRAULICO
17	16	VDU303	Z104024	URBANO	2005	HINO	FB4J	BUS	INDUBO	ACPM	4570	NEUMÁTICO	52	URBANOBUS2005FB4JINDUBONEUMATIC
18	17	VDU502	Z100006	URBANO	2006	CHEVROLET	NKR	MICRO	OCCIDENTE	ACPM	4570	HIDRAULICO	46	URBANOMICRO2006NKRCCIDENTEHIDRAULICO
19	18	VDY211	Z104055	URBANO	2006	HINO	FB4J	BUS	INDUBO	ACPM	5307	HIDRAULICO	47	URBANOBUS2006FB4JINDUBOHIDRAULICO
20	19	VEA475	Z104060	URBANO	2006	HINO	FB4J	BUS	INDUBO	ACPM	5307	HIDRAULICO	39	URBANOBUS2006FB4JINDUBOHIDRAULICO
21	20	VE0606	Z100067	URBANO	2008	CHEVROLET	NKR	MICRO	DIMA	ACPM	4570	NEUMÁTICO	46	URBANOMICRO2008NKRDIMANEUMATIC
22	21	VE0926	Z100040	URBANO	2008	CHEVROLET	NKR	MICRO	INCONCAR	ACPM	4570	HIDRAULICO	46	URBANOMICRO2008NKRINCONCARHIDRAULICO
23	22	VEP338	Z100058	URBANO	2005	CHEVROLET	NKR	MICRO	DIMA	ACPM	4570	NEUMÁTICO	46	URBANOMICRO2005NKRDIMANEUMATIC
24	23	VEQ381	Z104027	URBANO	2008	HINO	FC4J	BUS	INDUBO	ACPM	4570	NEUMÁTICO	50	URBANOBUS2008FC4JINDUBONEUMATIC
25	24	VER574	Z102096	URBANO	2008	HINO	FC4J	BUSSETA	LAZER	ACPM	5193	NEUMÁTICO	46	URBANOBUSSETA2008FC4JLAZERNEUMATIC
26	25	VES013	Z100021	URBANO	2009	CHEVROLET	NKR	MICRO	DIMA	ACPM	4570	HIDRAULICO	46	URBANOMICRO2009NKRDIMANEUMATIC
27	26	VEY926	Z100030	URBANO	2009	CHEVROLET	NKR	MICRO	OCCIDENTE	ACPM	4570	HIDRAULICO	46	URBANOMICRO2009NKRCCIDENTEHIDRAULICO
28	27	VEV192	Z104201	URBANO	2009	HINO	FC4J	BUS	JGB	ACPM	5307	NEUMÁTICO	50	URBANOBUS2009FC4JGBNEUMATIC
29	28	VEV741	Z104062	URBANO	2009	HINO	FC4J	BUS	JGB	ACPM	5307	NEUMÁTICO	50	URBANOBUS2009FC4JGBNEUMATIC
30	29	VEK171	Z100068	URBANO	2009	CHEVROLET	NPR	MICRO	INCONCAR	ACPM	4570	NEUMÁTICO	46	URBANOMICRO2009NPRINCONCARNEUMATIC

Figura 18. Vista de pantalla de datos tabulados en Excel. Fuente: Los autores.

Ítem: Es la numeración progresiva del inventario de equipos, sirve para saber cuántos equipos se tienen, es un campo auto numérico.

Placa: es la identificación legal del vehículo ante los organismos de tránsito y es única e irrepetible a nivel nacional; es un campo alfa numérico de tres letras y tres números.

Numero ID: Es la identificación del vehículo ante TransMilenio para su monitoreo y control se compone del concesionario, tipo de servicio, tipología del vehículo, número propio del activo. Ejemplo: el vehículo Z10-4027.

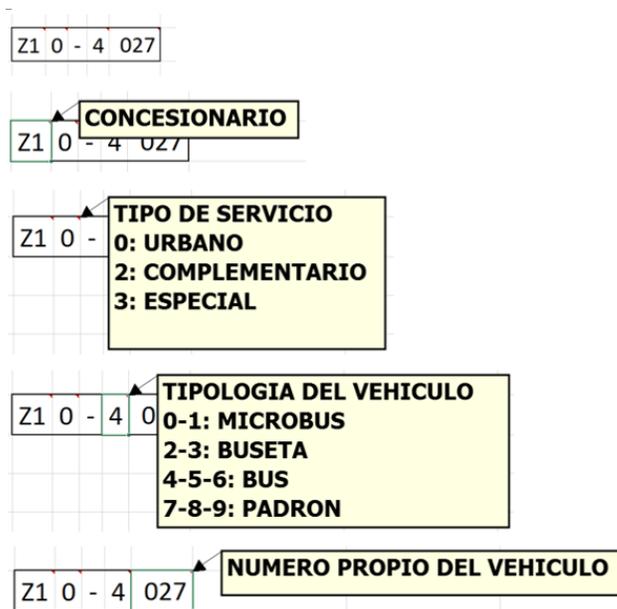


Figura 19. Numero interno de los vehículos. Fuente: Los autores.

Servicio: Debido a la operación Zonal del SITP, los tipos de servicio que presta la empresa concesionaria son:

Urbano, Es el servicio que prestan los vehículos que recorren toda la ciudad porque su naturaleza es realizar largos recorridos para transportar a los pasajeros entre las Zonas de concesión de la ciudad. Los vehículos de este servicio se caracterizan por ser de color azul.

Complementario, Es el servicio que prestan los vehículos que recorren una zona específica porque su naturaleza es realizar cortos recorridos para transportar a los pasajeros desde los barrios y acercarlos a estaciones troncales de alta afluencia de pasajeros. Los vehículos de este servicio se caracterizan por ser de color anaranjado.

Especial, Es el servicio que prestan los vehículos que recorren zonas alejadas de la ciudad porque su naturaleza es realizar cortos recorridos para transportar a los pasajeros desde la periferia de la ciudad hasta los barrios donde puedan tomar otros servicios. Los vehículos de este servicio se caracterizan por ser de color rojo carmesí.

Modelo: Es el año que asigna el fabricante o ensamblador al modelo de vehículo, de acuerdo con la declaración de despacho para consumo.

Marca: Es el fabricante, o ensamblador del chasis del vehículo que posee la representación del mismo para el territorio colombiano.

Línea: Es la nomenclatura comercial del vehículo dada por el fabricante o ensamblador con el fin de diversificar sus líneas de producción.

Clase: Es la tipología propia de cada vehículo y está dada por la capacidad de pasajeros. Hasta veinte (20) pasajeros son microbús; entre veintiuno (21) y cuarenta (40) pasajeros son busetas; entre cuarenta y uno (41) y sesenta (60) pasajeros son buses; entre sesenta y uno (61) y ochenta (80) pasajeros son padrones.

Carrocería: Es el fabricante, o ensamblador de la carrocería o habitáculo de pasajeros del vehículo que posee la representación del mismo para el territorio colombiano.

Combustible: Es el tipo de combustible que utilizan los vehículos, en el caso trabajado todos los vehículos tienen motores diésel y su combustible es ACPM.

Cilindraje: Es el volumen en centímetros cúbicos que posee el motor.

Sistema Freno: Es el tipo de accionamiento mecánico que tienen los vehículos, en este caso solo se tiene dos (2) tipos de accionamiento que son hidráulico y neumático.

Clase de equipo: Es la caracterización de cada activo, y se diseña con la función de concatenar de Excel, para identificar de forma rápida el activo, mediante el orden estructurado con el objetivo de visualizar el nivel de criticidad del activo.

Después de obtener los datos relevantes respecto a la caracterización de los equipos se propone la división de estos en sistemas, subsistemas e ítems reparables tomando los que generan más impacto en las fallas más recurrentes.

### 7.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para el desarrollo y determinar la clase de equipo se usó la función concatenar de Excel en el archivo creado con el inventario de equipos, se tomó las siguientes columnas del archivo mencionado, tipo de servicio, tipo de vehículo, modelo, la Línea, carrocería y el sistema de frenos.

La clase de equipo es la descripción que ayuda a determinar de forma rápida la criticidad y la planeación de las tareas y actividades de mantenimiento. Se definió en el siguiente orden:

**Servicio:** Debido a la operación Zonal del SITP los equipos más críticos son los del servicio especial debido a que la frecuencia de las rutas es mayor con un menor número de carros; sigue en nivel de criticidad el servicio complementario y por último el servicio urbano.

**Clase:** Es la tipología propia de cada vehículo y está dada por la capacidad de pasajeros. También nos da un nivel de criticidad pues entre más pasajeros más crítico, su orden de criticidad será Padrón, bus, buseta y microbús.

**Modelo:** Es el año que asigna el fabricante o ensamblador al modelo de vehículo, de acuerdo con la declaración de despacho para consumo. Este ítem ayuda mucho en la planeación de mantenimiento porque los repuestos o partes de los vehículos pueden variar de un modelo a otro, ejemplo: las carrocerías busscar modelo 2013 tienen un módulo electrónico de marca fasecol y las carrocerías del 2014 tienen un módulo marca Toretto lo que implica que el plan de mantenimiento debe ser diferente para cada una.

**Línea:** Es la nomenclatura comercial del vehículo dada por el fabricante o ensamblador con el fin de diversificar sus líneas de producción. Este ítem ayuda mucho en la planeación de mantenimiento porque los repuestos o partes de los vehículos varían según la línea así la marca sea la misma, ejemplo: Chevrolet es la marca pero en el caso presentado tiene tres (3) líneas, NPR, NKR y NQR.

**Carrocería:** Es el fabricante, o ensamblador de la carrocería o habitáculo de pasajeros del vehículo que posee la representación del mismo para el territorio colombiano. Debido a que gran parte de los equipos que están rodando en el SITP

proviene del viejo esquema donde cada propietario de acuerdo a sus recursos compraba el equipo que quería las carrocerías son diferentes, para este caso encontramos siete (7) marcas diferentes de carrocería.

Sistema Freno: Es el tipo de accionamiento mecánico que tienen los vehículos, en nuestro caso solo se tiene dos (2) tipos de accionamiento que son hidráulico y neumático.

Obteniendo la información pertinente de la tabla de inventario de vehículos, se procede mediante una tabla dinámica a cuantificar los equipos por clase de equipo, como resultado se tiene 28 activos diferentes en la muestra de 148 vehículos, lo que implicaría realizar 28 planes de Mantenimiento diferentes y acordes a cada equipo y su operación.

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Cuenta de CLASE DE EQUIPO</b>
URBANOBUSETA2008FC4JLAZERNEUMATICO	1
URBANOMICRO2009NKRDIMAHIDRAULICO	1
URBANOMICRO2008NKRINCONCARHIDRAULICO	1
URBANOBUS2010FC4JJGBHIDRAULICO	1
URBANOBUS2008FC4JINDUBONEUMATICO	1
URBANOMICRO2009NKROCCIDENTEHIDRAULICO	1
URBANOBUSETA2014NQRBUSSCARNEUMATICO	1
URBANOMICRO2009NPRINCONCARNEUMATICO	1
URBANOBUS2005FB4JINDUBONEUMATICO	1
URBANOBUS2009FC4JINDUBONEUMATICO	1
URBANOBUS2004NPROCCIDENTENEUMATICO	1
URBANOBUSETA2009FC4JJGBNEUMATICO	1
URBANOBUS2005FB4JINDUBOHIDRAULICO	1
URBANOMICRO2009NPROCCIDENTEHIDRAULICO	1
URBANOMICRO2005NKROCCIDENTEHIDRAULICO	1
URBANOBUS2010NPRJGBNEUMATICO	1
URBANOMICRO2008NKRDIMANEUMATICO	1
URBANOBUS2010FC4JJGBNEUMATICO	1
URBANOMICRO2005NKRDIMANEUMATICO	2
URBANOBUS2006FB4JINDUBOHIDRAULICO	2
URBANOMICRO2006NKROCCIDENTEHIDRAULICO	2
URBANOBUS2010FC4JINDUBONEUMATICO	3
URBANOMICRO2010NPRINCONCARNEUMATICO	3
URBANOBUS2009FC4JJGBNEUMATICO	4
URBANOBUS2003NPROCCIDENTENEUMATICO	4
URBANOPADRON2014B290RBUSSCARNEUMATICO	10
URBANOBUSETA2015NQRBUSSCARNEUMATICO	31
URBANOBUS2015NQRBUSSCARNEUMATICO	69
<b>Total general</b>	<b>148</b>

**Tabla 7. Tabla Dinámica caracterización de la flota por clase de equipo. Fuente: Los autores**

Para definir el nivel jerárquico del árbol de equipos propuesto y según lo expuesto por Santiago García Garrido en su manual práctico para la implantación de

sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial y que va en la misma vía de la norma ISO 14224:2006, como se aplicó cada uno de sus términos, adaptándolos al esquema de una empresa concesionaria del SITP:

Santiago García	Norma ISO 14224:2006	Los autores
N/A	Industria	Transporte
N/A	Categoría de negocios	Transporte público colectivo masivo
N/A	Categoría de la instalación	Empresa Concesionaria
Planta	Categoría de unidad o Planta	Patio
Área	Sección/Sistema	Tipo de servicio
Equipos	Equipo (clase/unidad)	Clase de equipo
Sistemas	Subunidad	Sistema
Elemento	Componente / item reparable	Subsistema
Componente	Parte	Parte

**Tabla 8. Homologación de niveles de árbol de equipos. Los autores.**

Industria: La industria en la cual se trabajó la presente investigación es el transporte, en Colombia se tiene en el servicio público dos (2) industrias grandes que son el transporte de carga y el transporte de pasajeros.

Categoría de negocios: Se Clasificó la categoría de negocio dentro del transporte de pasajeros, para el caso de Bogotá está dividido en transporte público colectivo y transporte publico individual, y el transporte público colectivo más específicamente posee el transporte público colectivo tradicional y transporte público colectivo masivo.

Categoría de la instalación: Se Definió como categoría de la instalación una de las empresas concesionarias pertenecientes al Sistema Integrado de Transporte Publico.

Categoría de unidad o Planta: se decidió que la unidad o planta es el patio de trabajo, en este caso se llamara Suba por la Zona de la ciudad en la que está ubicada.

Sección/Sistema: Debido a la operación Zonal del SITP, la sección la definimos de acuerdo a los tipos de servicio que presta la empresa concesionaria:

Urbano, Es el servicio que prestan los vehículos que recorren toda la ciudad porque su naturaleza es realizar largos recorridos para transportar a los pasajeros entre las Zonas de concesión de la ciudad. Los vehículos de este servicio se caracterizan por ser de color azul.

Complementario, Es el servicio que prestan los vehículos que recorren una zona específica porque su naturaleza es realizar cortos recorridos para transportar a los pasajeros desde los barrios y acercarlos a estaciones troncales de alta afluencia de pasajeros. Los vehículos de este servicio se caracterizan por ser de color anaranjado.

Especial, Es el servicio que prestan los vehículos que recorren zonas alejadas de la ciudad porque su naturaleza es realizar cortos recorridos para transportar a los pasajeros desde la periferia de la ciudad hasta los barrios donde puedan tomar otros servicios. Los vehículos de este servicio se caracterizan por ser de color rojo carmesí.

Equipo (clase/unidad): Estas serán las clases de equipo que estarán definidas por las características propias de cada vehículo. Se tomará en primer lugar el tipo de servicio, la clase de vehículo, modelo, línea, carrocería y sistema de frenos. Ejemplo: URBANOBUS2004NPROCCIDENTENEUMATICO; se habla de un vehículo que presta el servicio urbano, es de tipo bus, modelo 2004, de la línea NPR, tiene carrocería occidente y el accionamiento de los frenos es neumático. Estos se presentan como los datos básicos para planear cualquier tarea y/o actividad de mantenimiento.

Subunidad: Se han llamado sistemas por la función que presentan dentro de cada vehículo y se han definido de la siguiente forma: bastidor, motor, diferencial, transmisión, suspensión, rodaje, frenos, dirección, carrocería y equipos a bordo.

Componente / ítem reparable: Se llamarán subsistemas por la función que presentan dentro de cada sistema del vehículo y se definieron de la siguiente forma: bastidor, alimentación, refrigeración, inyección, motor, lubricación, electricidad, ejes, diferencial, cardan, embrague, hidráulico, caja, control, eje 1, eje 2, llantas, rines, neumático, mecánico, cabina, carrocería interna, carrocería externa, señalética, sirco.

Parte: Las partes en las cuales se dividió los sistemas y subsistemas de los equipos se definieron de acuerdo a su funcionalidad dentro de los mismos, la siguiente es la lista de las más generales:

Bastidor, turbo, múltiples, filtro aire, bomba de refrigeración, mangueras, fan clutch y ventanilla, termostatos, tanque combustible, bomba inyección, inyectores, filtros combustible, mangueras, culata, Soportes, bloque, volante, Carter, bomba de aceite, mangueras, post enfriador, filtro aceite, sensores motor, batería, arranque, alternador, millare, tablero de instrumentos, electrónicos, semiejes, speed y corona, conjunto satélites y planetarios, cardan, cruceta y chapetas, volante, disco, prensa, balinera y horquilla, pedal embrague, bomba principal, bomba secundaria, tubería, piñones, sincronizadores, mangas, tren fijo, tren corredizo, retenedores, tapas, horquillas internas, palanca cambios, guayas, trapecios, selector, terminales, posición 1, posición 2, posición 3, posición 4, llantas, rines, compresor, tubería, válvulas, tanques, cámaras, bomba principal, tubería, cilindros, suavizador de frenado, campana, rodamientos, zapatas, resortes, ratches, levas, collarines, cubos, bomba dirección, caja dirección, mangueras, terminales, rotulas, barras, templetas, brazos, silla operador, tapizado cabina, tapa motor, cinturón de seguridad, sillas usuarios, tableros internos, vidrios cabina, extintores, kit carretera, electricidad interna, pasamanos, bomper delantero y trasero, vidrios externos, laminas externas, electricidad externa, puertas, avisos externos, avisos

internos, torniquete, unidad computarizada, validador, accesorios, batería de respaldo, display interacción.

En el anexo 1. (INVENTARIO DE EQUIPOS PATIO SUBA.XLSX) se encuentra el inventario de equipos, y la subdivisión del equipo con los niveles expuestos.

Al momento de analizar la información, esta orientará a tener un panorama real, direccionado a generar estrategias que propicien el direccionamiento de iniciar un plan de Mantenimiento efectivo a través de los proceso y procedimientos establecidos para tal fin, que a su vez logra identificar y construir un Pareto de fallas, determinando la causa del problema, mediante el análisis técnico de cada sistema y subsistema, para no incurrir en paradas no programadas.

Por otra parte, los resultados de los análisis que se hagan, permitirán diseñar estrategias para garantizar el normal funcionamiento del activo, como consecuencia, la curva de disponibilidad y confiabilidad tomaran una tendencia favorable.

Por consiguiente, conduce a tener más control y seguimiento sobre los activos, mediante un plan de Mantenimiento definido y estructurado, originado por el Árbol de Equipos, que a su vez permitirá conocer los costos de Mantenimiento en el nivel del árbol que se quiera manejar.

A través de la planeación por sistema y subsistema, permite realizar una programación para cada equipo, teniendo en cuenta factores determinantes como el tiempo y kilometraje, cuyo resultado estará orientado a garantizar el ciclo de vida del activo.

#### **7.4 ENTREGA DE RESULTADOS**

La entrega de los resultados de la presente investigación será destinada a la comunidad académica en general y a la Universidad ECCI, con fines exclusivamente académicos, contribuyendo al impulso de la investigación y del desarrollo, buscando siempre las maneras de mejorar y socializar las nuevas tendencias del Mantenimiento.

## **8. FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **8.1 FUENTES PRIMARIAS**

En la presente investigación la fuente primaria es una empresa concesionaria del sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá y todas las personas que colaboraron en la recopilación de la información trabajada: gerente de mantenimiento, planeador de mantenimiento, coordinador de patio. A nivel legal la legislación que regulo los contratos de concesión de una empresa del SITP.

### **8.2 FUENTES SECUNDARIAS**

Como fuentes secundarias de la investigación realizada se tiene cinco (5) monografías de especialización de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, (5) monografías Nacionales de diferentes claustros educativos de educación superior, cinco (5) monografías a nivel internacional, el libro manual práctico para la implantación de sistemas de gestión de activos avanzados de mantenimiento industrial y la traducción propia de la norma ISO 14224:2006.

## 9. ANÁLISIS FINANCIERO

Para determinar el costo de las pérdidas por vehículo se obtuvo el promedio de kilómetros recorrido en un día por vehículo y se encontró que son 163 Km, se indagó sobre el costo por kilómetro que el ente gestor cancela y se creó la siguiente tabla:

	\$/km	cantidad	\$flota/km	\$ X 163 km
<b>micro</b>	\$ 1.517,00	11	\$ 16.687,00	\$ 2.719.981,00
<b>buseta</b>	\$ 1.644,00	28	\$ 46.032,00	\$ 7.503.216,00
<b>bus</b>	\$ 1.622,00	81	\$ 131.382,00	\$ 21.415.266,00
<b>padrón</b>	\$ 2.113,00	10	\$ 21.130,00	\$ 3.444.190,00
			<b>total \$ en un día</b>	<b>\$ 35.082.653,00</b>

**Tabla 9. Ingresos en pesos proyectados de la flota del patio suba en un día. Fuente: Los autores.**

Este valor proyectado de \$35'082.653 se divide entre el número de vehículos con el fin de saber el pago promedio diario por cada vehículo y da un resultado de \$269.866,60 la multa de un vehículo que presenta tiempo de paro no programado en la vía es de 200 tickets es decir \$300.000; al sumar estos valores:

promedio pago por vehículo en un día	\$ 269.866,56
multa por tiempo de paro no programado	\$ 300.000,00
<b>Costo en un día</b>	<b>\$ 569.866,56</b>

**Tabla 10. Costo o pérdida en pesos por un vehículo con fallas y un vehículo inoperativo. Fuente Los autores.**

Como el árbol de equipos busca mejorar la disponibilidad y confiabilidad, se parte del supuesto que se obtendrá como mínimo un vehículo más rodando y un vehículo menos con fallas en la vía por lo mismo el valor mínimo que se recupera en un día es equivalente al que se pierde \$569.866,56. En cuanto a los indicadores de disponibilidad y confiabilidad también se apreciara la mejora.

vehículos solicitados en un día	130	Aumento en disponibilidad con un vehículo más rodando.
vehículos operativos en un día	125	
<b>disponibilidad en un día</b>	<b>96,15%</b>	
vehículos solicitados en un día	130	
vehículos operativos en un día	126	
<b>disponibilidad en un día</b>	<b>96,92%</b>	<b>0,77%</b>

vehículos operativos en un día	125	Aumento en confiabilidad con un vehículo más rodando.
vehículos con fallas en vía en un día	5	
<b>confiabilidad en un día</b>	<b>96,00%</b>	
vehículos operativos en un día	125	
vehículos con fallas en vía en un día	4	
<b>confiabilidad en un día</b>	<b>96,80%</b>	<b>0,80%</b>

Tabla 11. Mejora porcentual de los indicadores. Fuente: Los autores

La inversión a realizar está determinada por los siguientes aspectos económicos:

suelo 3 meses planeador de mantenimiento	\$ 8.100.000,00
suelo 3 meses auxiliar programación de mantenimiento	\$ 2.850.000,00
computador	\$ 1.300.000,00
licencia office	\$ 300.000,00
lucro cesante de 5 vehículos inoperativos en un mes	\$ 29.685.321,77
<b>costo de inversión en el proyecto</b>	<b>\$ 42.235.321,77</b>

Tabla 12. Costo de inversión. Fuente Los autores.

El tiempo que se requiere para recuperar la inversión (ROI) se obtiene de dividir la inversión de \$42'235.321,77 entre el costo que se recupera en un día de \$569.866,56. Este tiempo de retorno de la inversión para este caso es de 74,11 días (dos meses y medio).

## 10. TALENTO HUMANO

Con la propuesta de implementar un árbol de equipos, el departamento de Mantenimiento tendrá como consecuencia los siguientes variables enfocados al mejoramiento continuo de los procesos y procedimientos:

- Con la implementación de un árbol de equipos, permite al Gerente de Mantenimiento diseñar planes de Mantenimiento de acuerdo a las clases de activos que tenga, que a su vez será direccionado al equipo de trabajo.
- Los planes de Mantenimiento conllevan a la agrupación de todas las áreas relacionadas, generando un impacto positivo entre: operaciones, mantenimiento, repuestos, infraestructura, medio ambiente y HSEQ.
- Se obtiene más compromiso por parte del personal técnico y administrativo suministrado en el marco de la buena toma de decisiones y asegurando la consistencia hacia el logro.
- El equipo de trabajo se involucra de manera proactiva en aras del aporte individual y colectivo, conllevando a alcanzar los resultados de manera segura y confiable sobre cada actividad realizada.
- La productividad por técnico tendrá un impacto positivo, dado a que gracias a la adecuada planeación, permitirá reducir tiempos muertos aumentando la eficacia y eficiencia del técnico, que a su vez lograra identificar aquellos tiempos improductivos.
- Para los participantes del proceso de mantenimiento esta estrategia permite dar un enfoque más técnico contribuyendo a mejorar las competencias de cada miembro del equipo, siendo más autónomos proporcionando soluciones más efectivas en un tiempo determinado, esto impactara de manera positiva los indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad.

## **11. CONCLUSIONES Y /O RECOMENDACIONES**

### **11.1 CONCLUSIONES**

- Mediante el desarrollo de la matriz en Excel, se logra parametrizar el inventario de la flota, además se le da un uso más práctico pues nos permite crear una forma de identificar los activos de forma rápida mediante la clase de equipos y conocer cuántos planes de mantenimiento se necesitan.
- Los ítems básicos para crear cada clase de equipo teniendo en cuenta su criticidad son: tipo de servicio, tipo de vehículo, modelo, la Línea, carrocería y el sistema de frenos.
- Se diseñó la estructura del nivel jerárquico, de los grupos genéricos para cada equipo, logrando definir el árbol de equipos propuesto, y a su vez se adaptó al esquema de una empresa concesionaria del SITP.

### **11.2 RECOMENDACIONES**

- A todas las empresas que posean flotas o flotillas se les recomienda diseñar un plan de mantenimiento a través de un Árbol de Equipos, para cada clase de vehículo, estos deben contar con periodos establecidos en límite de tiempos y hora según el caso lo amerite, en donde se utiliza como guía para la revisión, mantenimiento y reparación del parque automotor.
- Al implementar el Árbol de Equipos, con la ejecución del mantenimiento permite a los mecánicos contar con una herramienta que les permite mejorar la eficacia en los trabajos que realizan para la detección y reparación de averías.
- Implementar el árbol de equipos en cualquier empresa debe tener como uno de sus objetivos el realizar planeación y programación adecuada de las actividades y tareas de mantenimiento.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (16 de Abril de 2003). Decreto 114 de 2003. *Por el cual se adoptan medidas para garantizar la seguridad del transporte y la adecuación de los contratos de vinculación a su marco legal*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Ballesteros Benitez, F. A., & Lopez Florez, L. M. (2010). *Plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehículos de la empresa TractoCarga*. Bogotá: ECCI.
- Bohórquez Morales, G. R. (2011). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la flota del parque nacional Galápagos*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Politécnica Superior del Litoral.
- Cáceres Nova, O. D. (2012). *Mejoramiento del plan de mantenimiento de los equipos de petrotiger en la base Acacias*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Campos Zuñiga, L. G. (2014). *Diseño de Propuesta de Modelo de Gestión de Activos basado en la norma ISO 55000 y un sistema integrado de gestión del espacio de trabajo (IWMS)*. Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.
- Córdoba Sosa, W. F. (2014). *Actualización del programa de mantenimiento de los equipos petroleros utilizados por la empresa Sociedad Técnica de la Industria Petrolera S.A.S. ubicada en Orito Putumayo*. Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Cortes Tunjano, J., & Prieto Fetecua, N. (2012). *Propuesta de aplicación de la metodología PMO (Optimización del Mantenimiento Planeado), en el plan de mantenimiento de los vehículos de la empresa Transmasivo S. A.* Bogotá: ECCI.
- Escuela Colombiana de Carreras Industriales. (2009). *Guía de presentación y entrega de trabajos de grado (tesis, monografía, seminario de investigación, pasantía)*. Bogotá: ECCI.
- Forero Gómez, B. C. (2011). *Caracterización del sistema de control distribuido DCS honeywell experion de la unidad de central del norte de la gerencia refinera de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A.* Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, S. A.
- Hernandez Martin, A. A. (2011). *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa Suramericana de Transportes*. Bogotá: ECCI.
- International Organization for Standardization. (15 de Diciembre de 2006). Norma ISO 14224:2006. *Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos*.
- Maldonado, H. M., & Siguenza, L. A. (2012). *Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del canton Portobelo*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Moreno Russian, G. A. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional*. puerto la cruz, Venezuela: Univerisdad de Oriente.
- Narváez Guznay, P. Ä., & Zhigue Tene, C. E. (2015). *Implementación de un plan de mantenimiento para los laboratorios de procesos y transformación de materiales del área de ingenierías de la universidad politécnica salesiana sede Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Noriega, M. A. (2010). *Diseño de un software que facilite las actividades de Mantenimiento a los motores Diésel instalados en una empresa de Telecomunicaciones*. Bogotá: Escuela Colombiana de Carreras Industriales.
- Quintero Bueno, A. D. (2011). *Modelo para implementar y auditar un sistema de gestión de activos*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Sanchez, H., & Bravo, J. (2009). *propuesta en diseñar un Programa de Mantenimiento Preventivo para una empresa del sector industrial Tecnofes*. Bogotá: Escuela Colombiana de Carreras Industriales.
- Transmilenio, Juridica. (17 de Noviembre de 2010). contrato de concesion para la explotacion preferencial y no exclusiva para la prestacion del servicio

publico de transporte de pasajeros dentro del esquema del sitp. Bogotá,  
Cundinamarca, Colombia: Alcaldia Mayor de Bogotá.