

**APROXIMACIÓN DE TEMÁTICAS ESTRATÉGICAS DEMANDADAS EN  
MANTENIMIENTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN COLOMBIA**

---

JUAN MANUEL BAYONA ARENAS  
ESTUDIANTE MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
ÉNFASIS MANTENIMIENTO – PROFUNDIZACIÓN  
CÓDIGO 201526754114

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN - COLOMBIA

2015



**APROXIMACIÓN DE TEMÁTICAS ESTRATÉGICAS DEMANDADAS EN  
MANTENIMIENTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN COLOMBIA**

---

JUAN MANUEL BAYONA ARENAS

DIRECTOR DE PROYECTO

ING. PH.D. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN - COLOMBIA

2015

## CONTENIDO

CONTENIDO.....	4
ILUSTRACIONES.....	6
0 PRÓLOGO.....	7
0.1 INTRODUCCIÓN.....	7
0.2 OBJETIVO GENERAL.....	7
0.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	7
0.3.1 Uno - Investigación.....	7
0.3.2 Dos - Universo.....	8
0.3.3 Tres - Instrumentos.....	8
0.3.4 Cuatro - Tópicos relevantes.....	8
0.3.5 Cinco - Conclusiones.....	8
0.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	9
0.5 ANTECEDENTES.....	9
0.6 JUSTIFICACIÓN.....	11
0.7 CONCLUSION DE CAPITULO 0.....	15
1 CAPITULO 1 - INVESTIGACIÓN.....	17
1.1 OBJETIVO 1.....	17
1.2 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 1.....	17
1.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 1.....	18
1.3.1 Proceso de la investigación.....	18
1.3.1.1 Mantenimiento.....	19
1.3.1.1.1 La ingeniería y las tareas de mantenimiento, O.I.T.....	20
1.3.1.1.2 Época actual.....	21
1.3.1.1.3 Enfoques recientes de mantenimiento y de producción.....	22
1.3.1.1.4 Enfoque hacia las acciones de mantenimiento, etapas I y II.....	22
1.3.1.1.5 Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento, etapa III.....	24
1.3.1.1.6 Enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, etapa IV.....	25
1.3.1.1.7 Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento, etapa V.....	27
1.3.1.1.8 Enfoque hacia la gestión de activos, etapa VI.....	28
1.3.1.1.8.1 Activos y Pasivos.....	28
1.3.1.1.8.2 De gestión de pasivos a gestión de activos.....	30
1.3.1.1.8.3 La Terotecnología.....	31
1.3.1.1.9 Niveles del mantenimiento.....	36
1.3.1.1.9.1 Nivel 1 - Instrumental (Funciones y Acciones).....	37
1.1.1.1.1.1 Nivel 2 - Operacional (Acciones mentales).....	37
1.3.1.1.9.2 Nivel 3 - Táctico (Conjunto de Acciones Reales).....	37
1.3.1.1.9.3 Nivel 4 - Estratégico (Conjunto de Funciones y Acciones mentales).....	38
1.3.1.2 Contenido de los Pasos del desarrollo de la Investigación.....	38
1.3.1.2.1 Problema o Tema de Investigación.....	38
1.3.1.2.1.1 Objetivo general de la investigación en mantenimiento.....	40
1.3.1.2.1.2 Objetivos específicos de la investigación en mantenimiento.....	40
1.3.1.2.1.2.1 Uno - Estructura.....	40
1.3.1.2.1.2.2 Dos - Información.....	40

1.3.1.2.1.2.3	Tres – Instrumentos.....	40
1.3.1.2.1.2.4	Cuatro – Recolección Datos.....	41
1.3.1.2.1.2.5	Cinco – Análisis de Datos.....	41
1.3.1.2.1.2.6	Seis - Resultados.....	41
1.3.2	Decisiones.....	41
1.3.2.1	Decisiones de compra o tendencias.....	45
1.4	CONCLUSION DE CAPITULO 1.....	47
2	CAPITULO 2 - UNIVERSO.....	49
2.1	OBJETIVO 2.....	49
2.2	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 2.....	49
2.3	DESARROLLO DEL CAPÍTULO 2.....	50
2.3.1	Tamaño muestral.....	50
2.3.2	Cálculos del Tamaño muestral.....	53
2.4	CONCLUSION DE CAPITULO 2.....	60
3	CAPÍTULO 3 - INSTRUMENTOS.....	61
3.1	OBJETIVO 3.....	61
3.2	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 3.....	61
3.3	DESARROLLO DEL CAPÍTULO 3.....	62
3.3.1	Instrumento inicial exploratorio.....	62
3.3.1.1	Resultados Instrumento 1.....	63
3.3.1.2	Etapas del Instrumento 2.....	64
3.4	CONCLUSION DE CAPITULO 3.....	67
4	CAPÍTULO 4 - INSTRUMENTOS.....	68
4.1	OBJETIVO 4.....	68
4.2	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 4.....	68
4.3	DESARROLLO DEL CAPÍTULO 4.....	69
4.3.1	Estructura sistémica de Mantenimiento.....	69
4.3.2	Ubicación jerárquica de tópicos y temáticas seleccionadas.....	73
4.3.3	Jerarquización estratégica de variables temáticas.....	77
4.4	CONCLUSION DE CAPITULO 4.....	78
5	CAPITULO 5 - CONCLUSIONES.....	78
5.1	OBJETIVO 5.....	78
5.2	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 5.....	78
5.3	CONCLUSIONES.....	80
6	BIBLIOGRAFÍA.....	81

## ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 - Secuencia lógica lineal de objetivos.....</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 2 - Avance en el capítulo 1 - Investigación.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 3 - Pasos de la Investigación.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 4 - Investigación de Mercados según Cravens y otros.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 5 - Mantenimiento estructural sistémico – Actores relevantes.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 6 - Evolución histórica.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 7 - Acciones posibles de realizar antes o después de la falla (etapas I y/o II).....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 8 - Evolución del TPM en el tiempo.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 9 - Enfoque Sistémico Integral Kantiano de Mantenimiento Estratégico.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 10 - Estructura sistémica OREDA.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 11 - Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 12 - Mercadeo de base tecnológica.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 13 - Avance pasos de la investigación.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 14 - Definición plana de mercadeo.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 15 - Aristas y ejes del Mercadeo exógeno y endógeno en investigación.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 16 - Implicaciones del ciclo de vida en los requerimientos del mercado.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 17 - Modelos de consumidor y sus decisiones técnicas.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 18 - Modelo de influencias decisionales de factores de higiene de Maslow y Herbertz.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 19 - Avance en el capítulo 1 - Investigación.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 20 - Egresados profesionales por región.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 21 - Áreas de preferencia.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 22 - Potencial de cursar EMI de Egresados de Ingeniería por regiones.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 23 - PIB departamental Colombia 2010- 2013.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 24 - Ejemplos de fórmulas de cálculos de tamaño muestral.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 25 - Resultados iniciales.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 26 - Cálculo de la muestra definitiva.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 27 - Archivo de Excel de cálculos.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 28 - Avance en el capítulo 3 - Instrumentos.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 29 - Instrumento 1 – Exploratorio.....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 30 - Instrumento Word 1.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 31 - Histograma frecuencial de resultados de los principales tópicos (35).....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 32 - Instrumento Numero 2 - Concluyente.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 33 - Archivo Word Instrumento 2.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 34 - Calificaciones del Instrumento 2.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 35 - Resultados ordenados obtenidos evaluativos Fase Instrumento 2.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 36 - Avance en el capítulo 3 - Instrumentos.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 37 - Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 38 - Elementos estructurales de ingeniería de fábricas.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 39 - Sistema Integrado de Ingeniería de Fábricas: Mantenimiento–Máquinas–Producción.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 40 - Unidad básica de Producción.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 41 - Unidad elemental de Mantenimiento.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 42 - Tópicos y Niveles estratégicos de Mantenimiento.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 43 - Clasificación jerárquica de los tópicos y de las temáticas de mantenimiento.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 44 - Clasificación jerárquica de tópicos y temáticas seleccionadas.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 45 - Clasificación estratégica de tópicos y temáticas.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 46 - Avance en el capítulo 5.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 47 - Impactos de variables en los cuatro niveles de mantenimiento.....</i>	<i>80</i>

## 0 PRÓLOGO

### 0.1 INTRODUCCIÓN

Las sociedades en su afán de crecimiento acelerado, rápido y sostenible, crean y desarrollan tecnologías que se cristalizan en máquinas, que pueden soportar y desarrollar actividades voluminosas que el hombre de manera artesanal, jamás podría alcanzar, es por ello que el ser humano requiere de máquinas y procesos productivos de líneas de equipos o fábricas, para poder desarrollar sus rutinas normales de vida.

El mantenimiento juega un rol esencial en el desarrollo social y económico de un país, sobre todo en los procesos donde forma parte activa del sistema de generación y distribución de energía eléctrica; es por esto que SE recurre a la realización de este tipo de proyectos investigativos, para determinar con antelación las variables claves de éxito del mismo, con el fin de maximizar en el período investigado a futuro la confiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad, la rentabilidad, la competitividad y la productividad del sistema eléctrico; mediante los costos más bajos posibles y el máximo nivel de servicio a la comunidad industrial y poblacional que atienden.

Como tal las universidades y las instituciones de Educación Superior del país, juegan un rol vital en el desarrollo a través de la realización de un portafolio académico, técnico y universitario, en diferentes áreas del mantenimiento, como un estudio secuencial, con continuidad de otros similares en años anteriores este Proyecto apunta a conocer en la actualidad y en el futuro cercano, las necesidades empresariales e institucionales en las cuales se requieren las formaciones técnicas y profesionales del mantenimiento, para ello en la base de datos se consulta empresarios e industriales (Demandantes) y Profesionales, técnicos y tecnólogos referidos del área de mantenimiento (Oferentes) en diferentes rincones y ciudades del país.

### 0.2 OBJETIVO GENERAL

Determinar los tópicos y temáticas relevantes en la educación superior de mantenimiento, con el fin de acercar la oferta académica y tecnológica a las necesidades, deseos y requerimientos de la demanda empresarial e industrial.

### 0.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

#### 0.3.1 Uno - Investigación

Relatar los principios fundamentales en la realización de una investigación de mercados, de base tecnológica para determinar los tópicos de preferencia en mantenimiento en la industria. Nivel 1 - Conocer.

### 0.3.2 Dos - Universo

Reafirmar el tamaño muestral a realizar a partir de criterios estadísticos e investigación de mercados, mediante la definición del universo para la aplicación instrumental . Nivel 2 - Comprender.

### 0.3.3 Tres - Instrumentos

Aplicar los instrumentos requeridos acordes a los objetivos de la investigación de mercados, a través del diseño instrumental y demás parámetros exigidos por la investigación de mercados. Nivel 3 - Aplicar.

### 0.3.4 Cuatro - Tópicos relevantes

Contrastar los diferentes tópicos de preferencia temática en mantenimiento en la ES<sup>1</sup> en Colombia. Nivel 4 - Analizar.

### 0.3.5 Cinco - Conclusiones

Presentar los principales resultados

**Ilustración 1 - Secuencia lógica lineal de objetivos**



<sup>1</sup>Es Educación Superior



#### 0.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El primer capítulo trata sobre los fundamentos propios de la investigación social, tecnológico y de mercadeo, con unos procedimientos ya establecidos de antemano, los cuales se rigen por metodologías normalizadas a nivel mundial, el aporta el método como tal para seguir unos procedimientos serios, confiables y certeros.

El capítulo dos determina la cantidad de elementos a muestrear en las diferentes fases del proyecto, a partir del Universo que se configura al presente proyecto a nivel nacional, con el fin de cumplir las reglas requeridas en estadística, para la validez científica de la muestra y tener la posibilidad de tomar decisiones a partir de ese tamaño muestral; para poder sacar conclusiones válidas.

El capítulo tres aplica los instrumentos diseñados, acordes a los objetivos de la investigación técnica con el fin de poder obtener la información primaria requerida en todas las etapas del proceso.

A partir de la información obtenida en el capítulo tres, con su análisis cruzado, técnico y académico acorde a los cuatro niveles del mantenimiento: instrumental, operativo, táctico y estratégico se definen, cuales son los tópicos y las temáticas que se toman como ejes estructurales y criterios centrales para conformar los diferentes Planes Académicos de Estudio en la Educación Superior del mantenimiento y afines.

La sección quinta, presenta las principales realizaciones del proyecto, sus limitaciones y sus impactos en el umbral colombiano industrial del mantenimiento.

#### 0.5 ANTECEDENTES

La educación alrededor de la ingeniería es de vieja data en Colombia, desde muchos años atrás, en especial en la actualidad se circunscribe la educación superior en pregrados en la Universidad de San Gil en Santander, con pregrado en Ingeniería de Mantenimiento; al igual existen varias Especializaciones a lo largo y ancho del país, en el ramo de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento está la Universidad Tecnológica de Bolívar en Cartagena, la Universidad Industrial de Santander con sus sedes en Bucaramanga, El Yopal, Bogotá y Barranquilla, como la Universidad de Antioquia en Medellín en el departamento de Antioquia, Especializaciones con enfoque técnico está la Universidad EAFIT con el programa Especialización en Mantenimiento Industrial con sede principal Medellín, y en convenios en Barrancabermeja con la Universidad de la Paz, con Universidad Simón Bolívar en barranquilla y con la Universidad Autónoma de Manizales en Manizales.

La demanda potencial de egresados profesionales graduados a nivel nacional, sobrepasa con creces la suma de 40.000 demandantes potenciales de educación

superior en mantenimiento (EgresadosIng@, 2013), lo cual configura un área de interés que se debe analizar permanentemente, dado que más del 70% del empleo inicial de estos profesionales se centra en el mantenimiento o en áreas derivadas o afines de él (DANECOL@, 2012).

La tendencia nacional de la oferta en especialización, muestra: UIS- expansión hacia el occidente con su programa de especialización; Universidad Tecnológica de Bolívar - expansión hacia el interior del país y atención a programas de requerimientos industriales cerrados. Ambas están creando la Maestría en Ingeniería que les permita a sus egresados especialistas en gerencia de mantenimiento, alcanzar niveles de Maestría.

A nivel internacional, países vecinos como Venezuela y Ecuador, ofrecen programas de maestría y/o especialización. En Venezuela, en las ciudades de Maracaibo, Valencia, Mérida y Caracas (universidades: Zulia, Carabobo, Mérida y Simón Bolívar); en la República del Ecuador se ofrece la Maestría en Mantenimiento en la Universidad del Azuay en Cuenca y ESPOCH en Riobamba. De forma virtual, se ofrecen programas de postgrado en el campo o afines, por parte de Universidades del Perú y de las Canarias de España.

Las necesidades del país o de la región, muestran que más del 70% de los sectores que generan el crecimiento del PIB nacional -en la actualidad-, son usuarios intensivos de equipos para cumplir su objeto social (DANECOL@, 2012).

Las facultades de ingeniería y en especial las de Mecánica, son el epicentro de desarrollo en la oferta y demanda de educación superior en el tema de mantenimiento.

La fundamentación del ejercicio profesional de la ingeniería mecánica se basa en el diseño, proyección, funcionamiento, conservación y reparación (estas dos tareas propias de mantenimiento), etc. de maquinaria, instalaciones, sistemas industriales, etc., tal como lo define la O.I.T.<sup>2</sup> (C.U.I.-88, 1991,62) a través de las tareas, funciones y actividades de todas las ingenierías reconocidas universalmente (véase 1.3.1.1.1 más adelante).

Este concepto de la ingeniería mecánica es ratificado en la definición de ingeniería *“...conjunto de conocimientos por los que las propiedades de la materia y los recursos naturales de energía se hacen útiles al hombre mediante máquinas, estructuras, etc...”* (constatando el concepto de máquina alrededor de la ingeniería), en particular el concepto de la rama mecánica, - adjetivo – relativo a la máquina o a la mecánica – realizado por una máquina - tal como es descrito en el Gran Diccionario Enciclopédico (Grijalbo, 1999, 941 y 1116), lo cual ratifica y

---

<sup>2</sup> O.I.T. - Oficina Internacional del Trabajo – Ginebra – Suiza – Clasificación internacional uniforme de ocupaciones: C.I.U.O.- 88 – Dirección O.I.T. CH – 1211 Ginebra, 22 – Suiza.

asocia en forma exclusiva el término máquina a mecánica; tal como se afirma en la definición del Diccionario Larousse "...mecánica: (derivado del latín mékhané, máquina en castellano)...parte de las matemáticas que estudia el movimiento y el equilibrio de fuerzas y de las máquinas...".

En algunos casos se encuentra la asignatura equipos industriales y mantenimiento en programas de ingeniería industrial (Perfiles de Ingeniería, 1996, 66), pero al respecto la O.I.T. (C.I.U.O.-88, 1991) se pronuncia sobre las ingenierías no clasificadas (numeral 2149) (64) dentro de las cuales aparecen industrial, producción, textiles, etc. entre otras, que estas solo se dedican a: "...el desarrollo de procedimientos relativos a la eficiencia de la producción,.....sobre tecnologías de.....o procesos de fabricación...", pero no enuncia la maquinaria como su objeto de lo que hace o estudia (C.I.U.O.-88, 64). Por lo cual solo se asocia maquinaria y mantenimiento a mecánica.

El permanente crecimiento del país, las oscilaciones de precios en el sector petrolero y de los *commodities*, demás sucesos volátiles en el mundo, conllevan y obligan a un permanente cambio en la demanda de los recursos humanos industriales, en los perfiles y en especial en las destrezas y el conocimiento requerido; el cual debe ser evaluado y monitoreado de forma permanente para percibir a tiempo los cambios de tendencia en las necesidades, deseos y requerimientos de los demandantes, como para para conocer la nueva oferta científica de *Technology Push* en los conocimientos de mantenimiento recién desarrollados en el mundo.

## 0.6 JUSTIFICACIÓN

La norma británica 3811 define mantenimiento como "...la combinación de todas las técnicas y actividades administrativas asociadas, que intentan retener y conservar el estado original de los equipos en que fueron diseñados y para lo cual se requieren..."<sup>3</sup>, la tendencia es que mantenimiento llegue a adquirir la dimensión de una estrategia corporativa de clase mundial, que permita sistemas justo a tiempo en producción, que conduzca a una manufactura ágil, que conlleve a alta confiabilidad en los equipos, que labore bajo el concepto de servicio al cliente, en los momentos oportunos con la mayor confiabilidad y otorgue precios de servicios de mantenimiento competitivos<sup>4</sup>. Wireman define a mantenimiento como la última frontera, es decir un descubrimiento de su potencialidad para contribuir con la competitividad de las empresas (Wireman, 1986) (Wireman, 1990).

Numerosas tecnologías y diferentes organizaciones industriales han influenciado en las conductas gerenciales de mantenimiento. Los grandes desarrollos implementados en las industrias están obligando a la gestión de mantenimiento a

---

<sup>3</sup> Norma de la asociación British Standard de 1984.

<sup>4</sup> Compárese su analogía con misión de mantenimiento definida en esta tesis.

ser un área de permanente aprendizaje. La tecnología y las organizaciones son las que definen las pautas de los sistemas gerenciales de mantenimiento (Trends and perspectives in industrial Maintenance management, 1997).

El perfil profesional es un conjunto de características y funciones que debe estar en condiciones de desempeñar el nuevo profesional en el proceso del ejercicio de su carrera y debe incluir no solo su desempeño sino sus características personales, capacidades y habilidades que deben estar siempre en proceso de crecimiento y perfección ( (Rey de Astaiza, 1986).

La diferencia entre el perfil académico y profesional de un egresado universitario estriba en que el primero de ellos señala las características deseables y las condiciones factibles que se pretenden en la educación formal, mientras el segundo término describe las características deseadas por el empleador, lo cual al integrarse define el perfil académico-profesional como el conjunto de orientaciones, disposiciones, capacidades, conocimientos, habilidades y destrezas que se desean y se asumen como factibles para lograr un grado universitario básico o especializado, y que además le permiten al graduando ejercer labores ocupacionales coincidentes con el área del título alcanzado Guédez, Víctor – *Lineamientos académicos para la definición de los perfiles profesionales*. – Currículum, año 5, número 10 – O.E.A. Organización de Estados Americanos – Ministerio de Educación – Universidad Simón Bolívar – Caracas – Venezuela – 1980 (Lineamientos académicos para la definición de perfiles profesionales, 1980)

Los siguientes numerales tratan de manera interactuante ambos perfiles: académico e industrial, para confrontar los fundamentos del estudio, desde ambas entidades la universidad o entidades de educación superior y las empresas.

En cuanto al pregrado en Colombia, ACOFI<sup>5</sup> en el año de 1984 describe entre otras algunas funciones primordiales del egresado de ingeniería mecánica en el país con relación al área de logística y gestión de mantenimiento<sup>6</sup>:

- Calcular y diseñar partes y equipos mecánicos.
- Participar en el montaje de instalaciones industriales.
- Participar en el mantenimiento de plantas industriales.
- Participar en la administración de la tecnología.
- Especificar, seleccionar y evaluar equipos mecánicos y afines. - ACOFI – (Programa de diseño curricular, 1984)

En general coinciden con las especificadas anteriormente en Clasificación internacional uniforme de ocupaciones – (OIT, 1991), todas en actividades

---

<sup>5</sup> A.C.O.F.I. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

<sup>6</sup> Recalcando su centramiento en el cuerpo y la función de los equipos.

alrededor del diseño, mantenimiento, explotación, etc. de los equipos y su forma de administrar su ciclo de vida útil.

El estudio realizado en las principales universidades del país hacia 1985 refleja que estas funciones se desempeñan de la siguiente manera en los diferentes programas de pregrado: 1, 2 y 3 en forma medianamente fuerte - 4 en forma ligeramente fuerte - 4 en forma fuerte (Sánchez y otro, 1986, 77).

Se desprende que el área de mantenimiento ha sido un factor importante en el perfil profesional y ocupacional de la ingeniería mecánica desde tiempo atrás, inclusive se orientó en la primera facultad de ingeniería mecánica del país, en la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga<sup>7</sup> hacia finales de los cuarenta del siglo pasado.

Las características que debe reunir el egresado de ingeniería mecánica según describe ACOFI, señala entre otras: ética, liderazgo, creatividad, capacidad de autoaprendizaje, capacidad investigativa, capacidad de análisis y de síntesis, formación integral, responsabilidad, solidaridad social, trabajar en grupos multidisciplinarios, se desprenden de las anteriores prácticamente todas las relevantes que se encuentran en programas de ingeniería y de la mayoría de perfiles profesionales, más sin embargo se resaltan como requeridas en la educación superior en Mantenimiento.

ACOFI básicamente conceptúa sobre los planes de estudio<sup>8</sup> de ingeniería mecánica en Colombia, que están compuestos básicamente por cuatro grandes campos: el de formación básica, el de formación social y humanística, el de formación científica e investigativa, y por último el de formación profesional; este a su vez lo subdivide en dos: básico y aplicado.

A su vez agrupando el campo de formación profesional en sus dos componentes, los segmenta en los siguientes: área de materiales y procesos, área de termología y fluidos, área de administración y economía, área complementaria quedando incluida en esta última el grupo de asignaturas de mantenimiento y lubricación.

Todos los programas revisados en el estudio ACOFI poseen el grupo de asignaturas de mantenimiento y lubricación en su perfil y planes de estudio, con excepción de los Andes y la Nacional, en general todas asignan en sus planes de estudio al menos un 8.6% al área de administración, por lo cual se resalta el efecto combinado de gestión y logística de mantenimiento y su importancia asignada en todos los programas auscultados (Sánchez y otro, 1986, 104-107).

---

<sup>7</sup> Conversación por internet con Dr. Carlos R. González, coordinador de la especialización de gestión de mantenimiento en la Universidad Industrial de Santander, en mayo 15 de 2000.

<sup>8</sup> Se entiende por plan de estudios el conjunto de asignaturas agrupadas por campos de formación y áreas, distribuidas por períodos académicos (Rey de Astaiza, 1986)

Los elementos de hardware, software y de informática en general, junto con los avanzados y permanentes desarrollos tecnológicos aparecidos en los últimos tiempos, le permiten al ingeniero mecánico desempeñar mucho más eficazmente su labor de administración del mantenimiento, a la vez que se debe procurar que los programas y los planes de estudio otorguen al egresado habilidades en el campo de la gestión de tecnología (Pinilla, 1996, 51-55), lo cual incide en el mantenimiento y vida útil de los equipos.

La Comisión Nacional de Ingeniería Mecánica de A.C.I.E.M. en su estudio sobre la Ingeniería Mecánica del siglo XXI, mediante un análisis riguroso de las tendencias tecnológicas y de los requerimientos industriales futuros; jerarquiza en cuatro, las áreas más preponderantes: el diseño, el mantenimiento, la producción y la realización de proyectos-montajes-consultoría-ventas técnicas (Pinilla, 52, 1996). Se conservan, entonces las premisas emitidas anteriormente sobre las actividades de mantenimiento, montajes (mantenimiento) y diseño de máquinas, como las primordiales de la ingeniería mecánica.

Los resultados de una investigación realizada en 1998 sobre los perfiles académicos (estudiados en la universidad respectiva) entre egresados desde antes de 1980 hasta profesionales graduados en 1997, en los ingenieros residentes en la ciudad de Medellín muestra que el área de mantenimiento siempre ha desempeñado en los perfiles académicos un componente importante que oscila entre un mínimo del 7 y un máximo del 33.33% (Barreto y otro, 1997), lo que asevera una continuidad en la importancia del tema por parte de las universidades.

Se puede concluir con lo anterior que es de suma importancia las áreas de administración, logística y mantenimiento en los pregrados de ingeniería mecánica en Colombia.

Por lo cual la continuación y actualización de estudios en el ramo de técnicas de mantenimiento, es imprescindible y necesario para la competitividad de las instituciones académicas y empresas del medio.

El 25% de los graduados universitarios en Colombia en la primera década del siglo actual y parte de la actual son del área de ingeniería, que de ellos más del 90% se ubican laboralmente en el corto plazo, unas vez culminan sus estudios (VLMENC@, 2011), más datos de población de corte ingenieril, aptas a empleo en el campo del mantenimiento, permiten estimar el mercado potencial de profesionales en ingeniería aptos a tomar programas de especialización o maestría en mantenimiento o ciencias afines, en la región, en un número superior a los 20.000 (MENOL@, 2011), con una oferta de empleo que la absorbe con facilidad, en el mundo manufacturero, de servicios o en empresas del conocimiento en la región (OECD@, 2013) (Khoudour-Castéras, 2013) tal como lo muestran las diferentes cifras, de los estudios citados.

Las industrias del medio para cumplir su misión, requieren de equipos y máquinas, para lo cual es necesario tener técnicos, tecnólogos y profesionales expertos y graduados en temas especializados del Mantenimiento Industrial.

#### 0.7 CONCLUSION DE CAPITULO 0

Como su nombre lo dice su nombre, Prólogo, esta sección aporta y describe las bases suficientes para que el lector entienda la estructura, desarrollo y alcance total del proyecto, en cuanto a objetivos, logros parciales y totales, metodologías y metas particulares de cada sección, que permiten su pleno desarrollo.





# 1 CAPITULO 1 - INVESTIGACIÓN

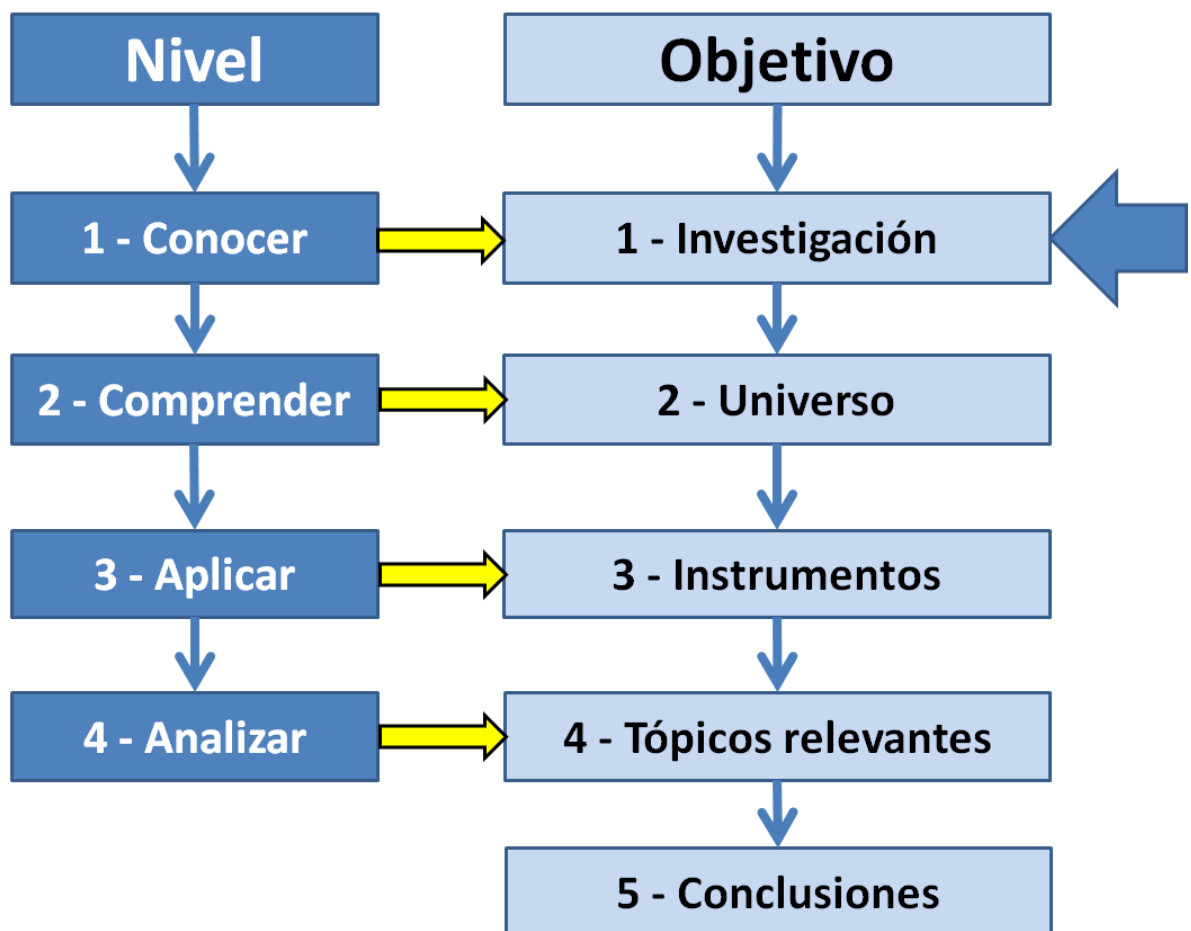
## 1.1 OBJETIVO 1

Relatar los principios fundamentales en la realización de una investigación de mercados, de base tecnológica para determinar los tópicos de preferencia en mantenimiento en la industria. Nivel 1 - Conocer.

## 1.2 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 1

El primer capítulo aporta la estructura básica de una investigación técnica social de mercado con enfoque hacia la ingeniería de mantenimiento, en ella se muestran los pasos fundamentales y las diferentes etapas que contiene, junto con sus argumentos y marcos conceptuales a desarrollar, al igual que aporta argumentos técnicos de los contenidos temáticos y tópicos relevantes de mantenimientos, como los argumentos científicos que anudan los tópicos en los cuatro niveles de mantenimiento: instrumental, operativo, táctico y estratégico.

Ilustración 2 - Avance en el capítulo 1 - Investigación



### 1.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 1

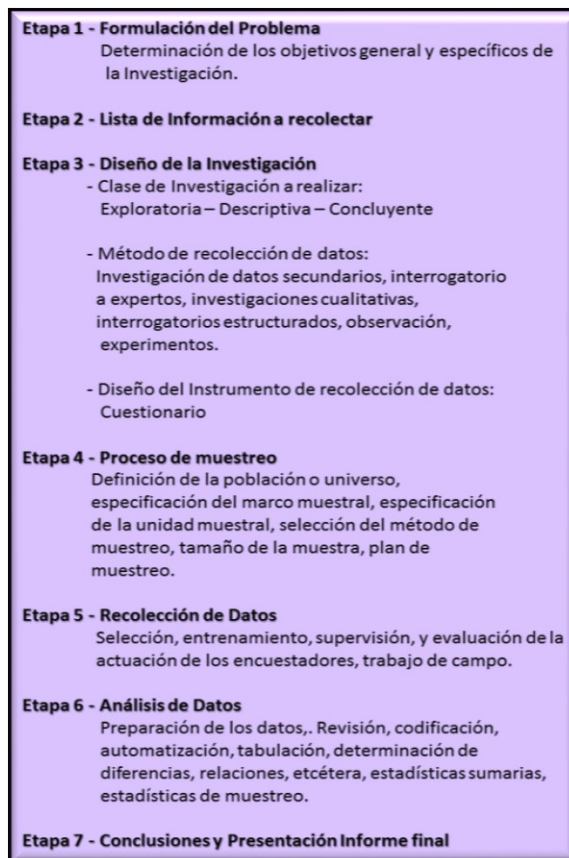
El proceso inicial apunta hacia el desarrollo de la investigación socio-técnica de mercados, dejando todos sus conceptos y aplicaciones claras en la medida que se desarrolla, para luego trasladarse a la profundización conceptual del mantenimiento, especialmente en la futura clasificación de temáticas y tópicos relevantes que hallen mediante este proyecto.

#### 1.3.1 Proceso de la investigación

Los diferentes métodos que existen de investigación coinciden en algo, en los pasos en todas son muy similares y se pueden organizar entre grandes grupos:

- Objetivos de la investigación
- Obtención de la información
- Análisis de los datos obtenidos

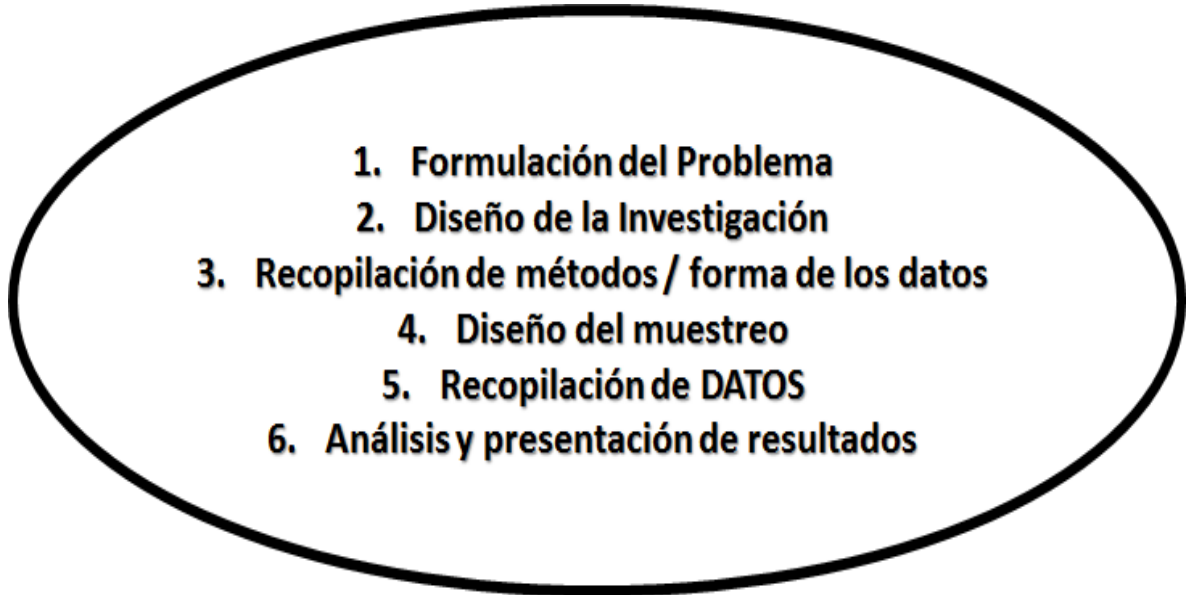
#### Ilustración 3 - Pasos de la Investigación



(Cabrejos, 1989) (Mora, 1990c)

Por su parte Cravens, define en la Investigación de Mercados, la necesidad de seguir los siguientes pasos:

**Ilustración 4 - Investigación de Mercados según Cravens y otros.**



(Cravens, y otros, 1993)

Philipp Kotler, uno de los mejores autores de Mercadeo y pionero en esto, también coincide con los dos autores anteriores, en los pasos y declaratorias de cada etapa (Kotler, y otros, 2006).

Por otro lado el autor Miguel Santesmases desarrollador del Software de Investigación y Libro DYANE, coincide en pleno con los anteriores en los pasos de la investigación.

#### 1.3.1.1 Mantenimiento

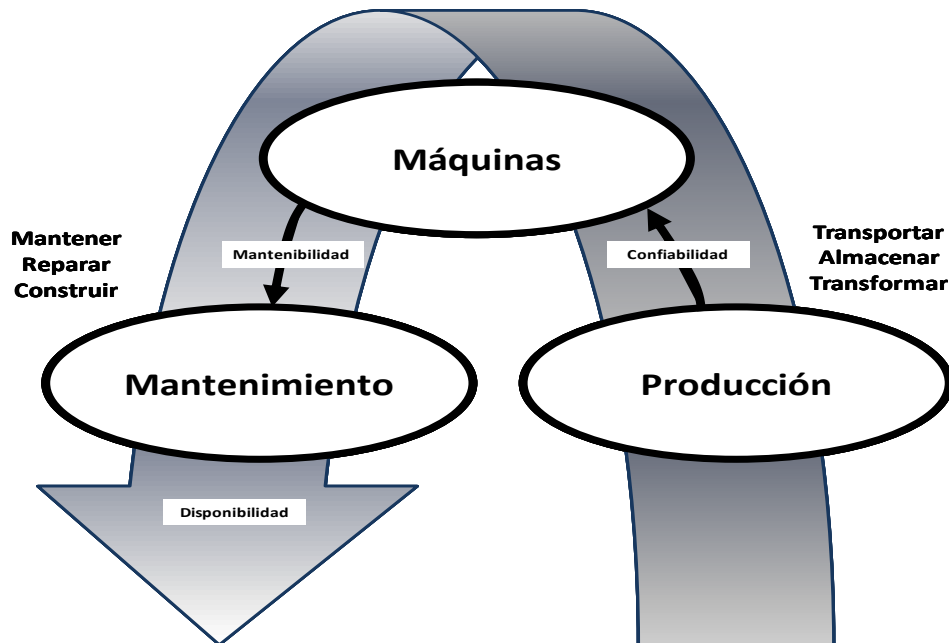
Las áreas a través de las cuales se trasiega en mantenimiento, oscilan alrededor de una organización triangular abierta, que se sistematiza en la figura siguiente.

### 1.3.1.1.1 La ingeniería y las tareas de mantenimiento, O.I.T.

La ingeniería es clasificada en el subgrupo 2145 (62), dentro del segmento 214 Arquitectos, Ingenieros y Afines, los cuales investigan, perfeccionan o desarrollan conceptos, teorías y métodos, o aplican los conocimientos de su especialización, en campos como la ingeniería o la tecnología y otros, o en la determinación de la eficiencia económica de procesos de producción<sup>9</sup>.

*Mantener, reparar y construir, son algunas de las tareas fundamentales de la ingeniería, según la OIT (OIT-CIUO88, 1988).*

**Ilustración 5 - Mantenimiento estructural sistémico – Actores relevantes**



(Mora, 2014)

<sup>9</sup> Se resalta la importancia de este párrafo donde se enuncian aspectos básicos de mantenimiento, como son la ingeniería de fábricas, la conservación de equipos (tanto en su parte corporal y material, como en su dimensión funcional) mediante la tecnología, al igual son parte de las actividades presupuestadas para el mantenedor, procurar la alta eficiencia, eficacia y efectividad de los procesos productivos mediante su apoyo logístico en el mantenimiento.

La construcción aparece como un elemento estructural en el esquema que sugiere el Autor Rey Sacristán para comprender el marco del mantenimiento terotecnológico (Rodolfi@, 2000) (Husband, 1976) (Darnell, y otros, 1975) (Thompson, 1980), donde los usuarios (AOD<sup>10</sup>), los constructores, compradores y demás entidades o personas relacionadas con el cuerpo o la función de equipos industriales, son vitales en el diseño de esquemas de gestión de mantenimiento (Rey, 1996).

El mantenimiento y la reparación<sup>11</sup> son partes esenciales del objeto de estudio de la especialización, entendiéndose la función de mantenimiento dependiente del ciclo de vida de las máquinas en sus tres etapas (mantenimiento, reparación o sustitución) y la función de reparación como una especie de mantenimiento especial en un estado de uso (o abuso) más avanzado del equipo, es decir con una mantenibilidad<sup>12</sup> más reducida (Ávila, 1992).

Las últimas tareas descritas (construir, mantener y reparar) que se enuncian en el libro C.U.I.O.-88, son empleadas en: edificios, obras públicas, ciudades, zonas urbanas, otras obras propias de la ingeniería, o de la ingeniería mecánica y afines, y sus aplicaciones industriales-estructuras, instalaciones, máquinas y equipos, sistemas y en métodos de extracción de petróleo, gas natural y otros minerales o agua, de separación de metales y de refinación y tratamiento; procesos mecánicos, químicos o de otra índole; sirven también para estudiar y asesorar acerca de los aspectos tecnológicos de determinados materiales, productos o procesos industriales y para asuntos relacionados con la eficiencia de la producción y de la organización del trabajo(Dounce, 1998), como también se pueden usar en preparar ponencias e informes científicos o técnicos. Sus tareas incluyen la supervisión de otros trabajadores(OIT-CIUO88, 1988).

#### 1.3.1.1.2 Época actual

Otras ciencias que se desarrollan a grandes velocidades es la metalurgia con materiales nuevos, con memoria, aleaciones y con materiales inteligentes, por un lado y, por el otro la nanotecnología, la electrónica, la cibernética, la

---

<sup>10</sup> *Aprovisionamiento, Operación, Distribución, o expresado de otra forma son los departamentos internos: suministros, producción o comercialización de una empresa que son o pueden llegar a ser clientes del servicio del área de mantenimiento. Aunque se concibe que AOD pueden ser externos a la organización donde pertenece el área de mantenimiento prestadora del servicio.*

<sup>11</sup> *Mantenimiento, en esta obra se refiere a las tareas de mantenimiento que se realizan antes de que ocurra la falla (John Moubray las define como Tareas Proactivas(Moubray, 2004), también se denominan Planeadas (pertenecen a ellas las Acciones Preventivas y las Acciones Predictivas), por un lado; por el otro la denominación de Reparación se otorga en esta obra a las tareas de mantenimiento que se ejecutan después de la falla (se ubican en esta categoría las Acciones Correctivas y las Modificativas (entendiéndose por estas como mejoras de diseño o fabricación al equipo de mediana envergadura, dado que el correctivo que se usa en ese evento, no puede eliminar o solucionar la causa raíz de la falla).*

<sup>12</sup> *Mantenibilidad se define como la probabilidad de que un equipo que ha estado trabajando y que ha sufrido cierto nivel de desgaste y/o de pérdida de funcionalidad por desajuste, se pueda llevar a una condición especificada definida, dentro de un período de tiempo dado, mediante el uso de unos recursos determinados y Fiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo desarrolle una función específica sin fallas, bajo unas condiciones normales durante un tiempo determinado (Morris@, 1999).*

automatización y las micromáquinas; en general el mundo actual tiene unos ritmos de crecimiento exponenciales, lo que obliga a los mantenedores de estos tiempos a manejar un espectro amplio y profundo de conocimiento para logra mantener la funcionalidad confiable de los mecanismos y máquinas d producción.

*Es indudable que este acelerado desarrollo de las máquinas, permite el tácito crecimiento del mantenimiento como el área encargada de que todos estos mecanismos, inventos y máquinas funcionen adecuadamente, a pesar de que la literatura poco menciona este campo, por deducción lógica se determina su existencia desde los tiempos más remotos.*

### 1.3.1.1.3 Enfoques recientes de mantenimiento y de producción

Si se ubica el mantenimiento y la producción en una época contemporánea más reciente y si se desglosan sus procesos de evolución y crecimiento, de una forma mancomunada en las últimas décadas, se puede ensayar la siguiente clasificación, para comprender de una forma más clara: sus roles, sus relaciones y sus funciones, como se explican en los siguientes párrafos (Mora, 2011).

**Ilustración 6 - Evolución histórica.**

Etapa	sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e Ingeniería de Fábricas	
		Orientación hacia ....	Necesidad específica	Orientación hacia ....	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica	hacer la producción ajustada a la demanda	desarrollar habilidades y competencias	aplicar ciencia y tecnología de punta
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias Anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimientos - Predicciones - Pronósticos Gestión de activos			

(Mora, 2007a)

### 1.3.1.1.4 Enfoque hacia las acciones de mantenimiento, etapas I y II

Durante la etapa I aparecen los instrumentos de mantenimiento, en ese momento se contrata o se entrena el personal de mecánica, electricidad, mecatrónica, neumática, electrónica, etc., con el fin de capacitarlo para llevar a cabo las primeras acciones de mantenimiento, que son de índole correctiva (Rey, 1996) y que procuran corregir la falla o parada imprevista en forma prioritaria; en esta fase aparecen los elementos iniciales que se requieren para sostener los equipos tales como: órdenes de trabajo, herramientas, utensilios, almacenes de repuestos e insumos de mantenimiento, surgen las primeras informaciones que posteriormente se constituyen en las bases de datos y luego en el sistema de información, se

desarrollan las técnicas y las tecnologías propias de la empresa en particular, etc.; en general se dan las bases para que el mantenimiento funcione. En la etapa I la prioridad del área de producción es elaborar productos o generar servicios.

Las fallas imprevistas se convierten en el mayor problema de la división de fabricación, pues impiden el desarrollo normal de su actividad, como consecuencia de esto sucede la aparición de la etapa II de mantenimiento, donde el objetivo principal es solucionar las paradas repentinas de los equipos, por lo cual mantenimiento empieza a desarrollar acciones de prevención o predicción de fallas, en esta fase empiezan a utilizarse técnicas y metodologías propias de las acciones planeadas<sup>13</sup> de mantenimiento, la empresa adquiere el conocimiento y la destreza para diferenciar las acciones propias de mantenimiento, antes y después de la falla; se inicia la utilización de técnicas y tecnologías propias de la prevención y predicción, tales como: rutinas de inspecciones, planes preventivos, mediciones técnicas, valoración de condición de estado de los equipos, ensayos no destructivos, registro de datos técnicos, monitoreo de equipos, reposición de elementos antes de que entren en estado de falla, control de la vida útil de los elementos, medición de la funcionalidad de los dispositivos, análisis de vibraciones, tribología, ajustes de función antes de la falla, etc. y, nace el control operativo de equipos y de sus elementos (Diagnetics@, 1998.).

La etapa II permite la distinción entre las acciones correctivas, modificativas (rediseño) (Latino@, 1999a), preventivas (Idhammar, 1997a) (Idhammar@, 1999)(Latino, 1999b)(Patton, 1995) y predictivas (Latino@, 1999a) (Mora, 2007a)(Mora, 1990) (Navarro, y otros, 1997); siendo las dos primeras posteriores a la falla y las últimas, previas al estado de no funcionalidad del equipo (Mora, 2007b) (Mora, 2014).

En esta etapa solo se practica el mantenimiento correctivo o reparativo, las piezas y equipos se llevan al límite de su vida útil, hasta la falla y la recuperación de la función inicial, consiste en reemplazar la pieza que no funciona sin aplicar un mayor análisis sobre la causa raíz del problema (Benítez, 2007).

En esta etapa II se identifican los equipos, se determinan las tareas para las intervenciones planeadas o programadas (instrucción de mantenimiento), se definen las recomendaciones de seguridad, se establecen los planes de mantenimiento (programa maestro), se delimitan y se generan las OT<sup>14</sup> programadas (planeadas) y no programadas (no planeadas), se decide y se implementan los mecanismos de manejo y recolección de datos de una forma sencilla, completa y eficiente, que posteriormente se convierten en el sistema de información. También en esta fase se relacionan los equipos con los respectivos

---

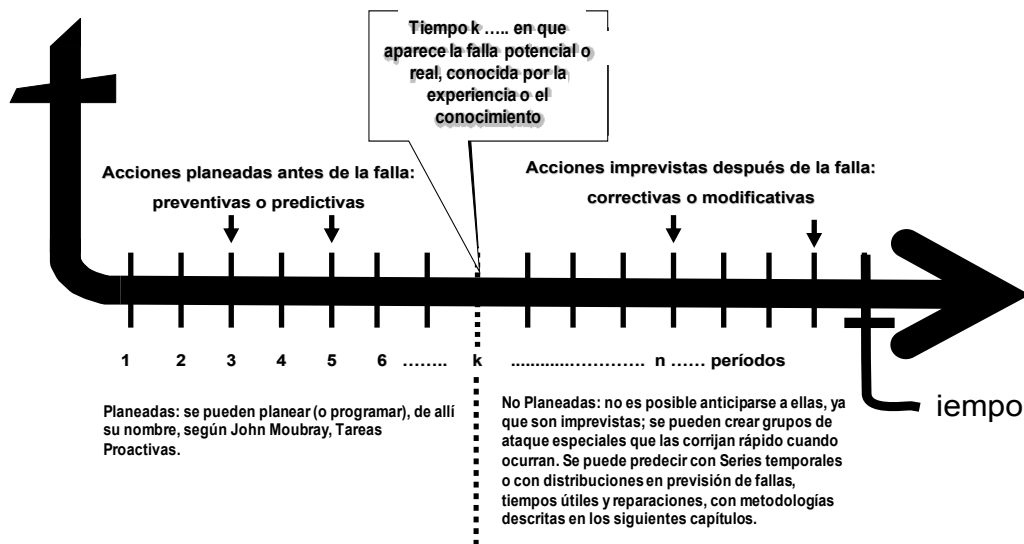
<sup>13</sup> Las mismas que John Moubrey denomina *Tareas Proactivas* (Moubrey, 2004).

<sup>14</sup> OT -Órdenes de Trabajo, es importante resaltar que en este nivel o etapa de desarrollo se reciben órdenes de producción hacia mantenimiento lo cual pone en evidencia el grado de dependencia del segundo con el primero.

repuestos específicos y genéricos, a la vez que se concretan los parámetros de subcontratación y administración de proveedores.

La fase II también evalúa la conveniencia de implementar las técnicas de predicción por análisis de síntomas y por evaluación estadística, de acuerdo con la importancia y características de cada equipo en el proceso (Mora, 2009). Para cada equipo fundamental de proceso se definen las acciones de mantenimiento más adecuadas y prioritarias, se preparan las rutas para recolectar datos (o mediciones), se identifican las máquinas a las que se les toman datos (con software propio o comercial), se fundamenta el sistema de gestión para recibir estas informaciones y generar las OT<sup>15</sup> apropiadas al proceso productivo (Mora, 1999).

**Ilustración 7 - Acciones posibles de realizar antes o después de la falla (etapas I y/o II)**



(Mora, 2007b)

### 1.3.1.1.5 Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento, etapa III

Una vez las empresas han alcanzado la madurez para el manejo real y conceptual de las acciones posibles de mantenimiento, empiezan a adoptar una estructura para el desarrollo secuencial, lógico y organizado del conjunto de acciones de mantenimiento que aplican; con el fin de gestar y operar el mantenimiento bajo un sistema organizado al adoptar en esta fase III una táctica<sup>16</sup> de mantenimiento, se

<sup>15</sup> OT – Órdenes de Trabajo

<sup>16</sup> Se define como conjunto de reglas para utilizar tropas en combate (Grijalbo, 2000), la Real Academia Española de la lengua la define como un método para ejecutar y conseguir algo, o la describe también como el arte que enseña a poner en orden las



destacan entre ellas: *TPM*<sup>17</sup> (especialmente enfocada a mejorar la productividad)<sup>18</sup> (Roberts@, 2008)(TPM@, 2008), *RCM*<sup>19</sup> (Smith, 1992)(Moubray, 2004) (Smith, y otros, 2003), *TPM & RCM* combinados<sup>20</sup> (Moore@, 2001) (Geraghty, 1996) , *PMO*, Proactivo (Trujillo@, 1999b)(Trujillo@, 1999a) (Oiltech, 1995), (Pirret,1999,37)(Pirret@, 1999), Reactivo (Idhammar, 1997a) (Idhammar, 1997b)(Idhammar@, 1999) (Mora, 1999), *WCM*<sup>21</sup> (Hiatt, 2000), mantenimiento centrado en el riesgo (Tavares, y otros, 2005), centrado en objetivos o resultados (Tavares, y otros, 2005) (Williamson, 2008), *RCM Scorecard*<sup>22</sup> (RCMScorecard@, 2005) (Mather, 2005), *PMO*<sup>23</sup> (Turner@, 2007), mantenimiento centrado en habilidades y competencias (Mora, 2007a), etc., en orden secuencial e histórico. Es importante aclarar que no todas las empresas evolucionan históricamente al pasar por cada una de las tácticas(Táctica@, 2008) en forma secuencial, simplemente adoptan una propia que reúne las mejores prácticas de varias de ellas o toman una de ellas sin evolucionar en todas.

Lo importante en esta fase III para producción es maximizar la explotación y la combinación de sus factores productivos, en tanto que mantenimiento se constituye como una unidad independiente de producción, de apoyo logístico a operación y manufactura, dado que es normal que en las anteriores fases I y II, aún depende del área operativa, al referirse en cuanto a nivel jerárquico.

#### 1.3.1.1.6 Enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, etapa IV

La etapa IV se alcanza cuando las empresas desarrollan con suficiencia los niveles anteriores, en esta fase se interesan por medir resultados y pretenden saber qué tan bien hacen las cosas, es por eso que empiezan a establecer sistemas de costeo propios de mantenimiento como el *LCC* (Barringer@, 2005), implementan el registro histórico de fallas y reparaciones, se establecen sistemas

*cosas* (RAE@, 2008), llevado al argot de mantenimiento es el conjunto de reglas para desarrollar las actividades inherentes al mantenimiento de empresas de servicios y/o de procesos industriales, operando bajo un sistema lógico, ordenado y organizado.

<sup>17</sup> *TPM Total Productive Maintenance – TPM Manejo y Mantenimiento Productivo Total*

<sup>18</sup> La gestión del TPM se ubica mucho al interior de las organizaciones, basándose en su definición de productividad – Productividad: término que se refiere al cociente entre la producción y los factores (la producción total dividida por la cantidad de trabajo es la productividad del trabajo, la cual aumenta con mejoras tecnológicas, con incremento de la calidad del trabajo o con el crecimiento de la intensificación del capital) (Samuelson, y otros, 1996). En términos de los resultados económicos de un país a largo plazo, se establecen dos determinantes: la inversión para acelerar el crecimiento y el ritmo de avance tecnológico; el índice preciso del cambio tecnológico es la productividad total de los factores, que mide la producción total por unidad de todos los factores (Samuelson, y otros, 1996). Rendimiento de una actividad productiva, expresada en cantidad de producción obtenida por unidad de factor (Grijalbo, 2000).

<sup>19</sup> *RCM - Reliability Centered Maintenance*, en castellano *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC*.

<sup>20</sup> Combinado, se le denomina a la utilización conjunta de las mejores prácticas de TPM y RCM, utilizadas en forma simultánea.

<sup>21</sup> *WCM - World Class Maintenance – Mantenimiento de Clase Mundial*, muy recomendada para empresas que exportan una parte significativa de sus bienes o servicios.

<sup>22</sup> *RCM Scorecard - Jack Nicolas Jr.*, construye un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad a partir de los tableros de mando de control *Balanced Scorecard* de Kaplan y Norton, basado en los trabajos originales de RCM de Nowlan y Heap, de RCM SAE JA 1011 y 1012 y de los trabajos de Mac Smith, con la colaboración de Doug Plucknette, con el fin de poder medir resultados de esta táctica.

<sup>23</sup> *Táctica reciente de PMO – Planned Maintenance Optimization – Optimización del mantenimiento Planeado*.

de medición<sup>24</sup> bajo parámetros propios o internacionales, empiezan a interpretar y a utilizar la curva de Davies (o de la bañera) (Kelly, y otros, 1998) (Forcadas, 1983) al involucrar sus deducciones en las labores propias de mantenimiento (Ávila, 1992), se comparan con otras empresas similares o diferentes para establecer el nivel de éxito logrado tanto en operación como en mantenimiento y, en general procuran controlar todas las acciones realizadas.

En este nivel el área de producción pretende mejorar su competitividad y su mantenimiento, por lo cual establece las estrategias por medio de las cuales puede llegar a controlar en forma integral y específica todas las actividades, los elementos, las acciones, la táctica y todos los quehaceres de mantenimiento, consolidando de esta manera la función de mantener. En esta etapa IV el resultado de aplicar el conjunto de gestiones y acciones de las etapas anteriores de una forma logística (Ballou, 2004) (Árbonas, 1999), conduce a la Terotecnología también conocida como mantenimiento integral logístico.

La Terotecnología se apoya en varias ciencias y en diversas áreas del conocimiento como: la logística, la administración, las finanzas, las necesidades, los deseos y los requerimientos del usuario, la ingeniería, las características del diseño, los costos de fabricación y sostenimiento<sup>25</sup> de equipos, los ciclos de vida de los equipos y de la tecnología, la construcción, etc.; en especial utiliza la logística, la ingeniería de fábricas y la gestión de tecnología (Dounce, 1998), a partir de que la competitividad se sustituye como parámetro primordial en los negocios por la innovación tecnológica (Etapa V) (Mora, 1999) (Dounce, 1998) (Kelly, y otros, 1998) (Husband, 1976)(Darnell, y otros, 1975) (Rey, 1996).

En este nivel IV se involucran los directivos y todas las demás áreas corporativas de la empresa en un solo objetivo para obtener la mayor eficiencia productiva y la máxima reducción de costos. En este sistema se establecen metas alcanzables a todas las áreas involucradas, además de detectar las necesidades reales de desarrollo de personal y capacitación con el fin de que los miembros del área de mantenimiento alcancen niveles adecuados de calificación para aplicar nuevas tecnologías en procesos de gestión.

Históricamente se demuestra que las empresas después de alcanzar el nivel IV, regresan a las fases anteriores para profundizar en algún tópico especial de cualquiera de los primeros tres niveles (Díaz, 1992).

---

<sup>24</sup> CMD - Confiabilidad - Mantenibilidad - Disponibilidad; en inglés RAM - Reliability Availability Maintainability que corresponden en orden a Confiabilidad Disponibilidad Mantenibilidad.

<sup>25</sup> Término equivalente a mantenimiento.

### 1.3.1.1.7 Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento, etapa V

La etapa V se caracteriza por procurar el desarrollo de habilidades y competencias (*Cord Competences*<sup>26</sup>) en todo su personal, también profundizan en alguna de las etapas anteriores, en este nivel se consolidan las realizaciones de *FMECA*<sup>27</sup>, *RCFA*<sup>28</sup> y *RPN*<sup>29</sup> (Babylon@, 2008) y, en general la empresa se fortalece en el desarrollo de habilidades y competencias en todos o en algunos de los tópicos iniciados en las etapas anteriores. En esta fase V se logra la consolidación del sistema de información de mantenimiento y producción.

Es probable también que se realice una estrategia de mantenimiento integral basada en procesos, donde se analizan las actividades, los procesos y el macro-proceso de mantenimiento, mediante la implementación de índices e indicadores sobre la calidad, el tiempo y los costos de cada acción de mantenimiento, al identificar el cliente y el demandante de cada tarea, a la vez que se deben medir todos los parámetros de proceso; ya sea por el método de *Vital Signs - Performance* (Signos Vitales del *Quantum Performance*) (Hronec, 1995) donde se establece un control total, detallado e interrelacionado del sistema de mantenimiento en tiempo real, con participación de todos los empleados y trabajadores de la empresa (Mora, 2007a) o últimamente se trabaja también con *Balanced ScoreCard*<sup>30</sup> (Cuadros y Tableros de Control) (Kaplan, y otros, 1997) aplicado a mantenimiento (RCMScorecard@, 2005) bajo direccionamiento estratégico (Steiner, 1985). Durante la etapa V también se propende la utilización de la teoría de restricciones *TOC* y de los costos basados en actividad ABC (Mora, 2007a) en este nivel de desarrollo (González, 2004) (Duffuaa, y otros, 1995) (D.G.S. Maintenance Internacional - Presidente de la Asociación Belga de Mantenimiento – Trends in Maintenance Management in Europe - Artículo Ponencia - Simposio Internacional de Ingeniería de Fábricas, 1994).

Por otro lado, producción implementa técnicas y tecnologías de punta como *lean production* o producción ajustada a la demanda, manejo de inventarios, ABC de inventarios, sistemas de control, justo a tiempo, *APC*<sup>31</sup>, *CPFR*<sup>32</sup>, pronósticos de demanda, *business forecasting*<sup>33</sup>, sistemas de simulación, *MRPII*, etc. (Sherwin, y

---

<sup>26</sup> *Cord Competences – Habilidades y Competencias.*

<sup>27</sup> *FMECA - Failure Mode, Effects Causes and Criticality Analysis – Análisis de los Modos, los Efectos, las Causas y las Críticidades de las Fallas.*

<sup>28</sup> *RCFA - Root Cause Failure Analysis – Análisis de la Causa Raíz de las Fallas.*

<sup>29</sup> *RPN - Risk Priority Number – Número de Riesgo Prioritario.*

<sup>30</sup> *El método de Signos Vitales inicia desde la base operativa y asciende a los niveles más altos de la organización trabajando bajo el método de planeación estratégica, mientras que el de Tableros de Control trabaja los niveles superiores de la organización bajo un enfoque de dirección estratégica. En los procesos de direccionamiento estratégico sólo participan Funcionarios de la Alta Dirección de la empresa (Steiner, 1985) y en los de planeación estratégica toda la organización con sus nexos externos.*

<sup>31</sup> *APC - Administración Por Categorías, metodología integral de clientes proveedores y productores.*

<sup>32</sup> *CPFR - Collaborative Planning Forecasting and Replenishment (CPFR@, 2008), es un proceso colaborativo de todos los actores de la cadena productiva y de servicios, que pronostican, planean y se reabastecen en forma integral y mancomunada bajo un proceso de administración conjunta.*

<sup>33</sup> *Business Forecasting, su traducción es aproximadamente la planeación comercial basada en pronósticos de demanda.*

otros, 1995) y todas aquellas mejores prácticas que aumenten la productividad, la rentabilidad, la competitividad, la utilización de innovación tecnológica; todo con base en una producción ajustada a la demanda requerida.

En este momento de la evolución en el tiempo y cuando las organizaciones pasan por las etapas descritas anteriormente, las empresas alcanzan tal grado de conocimiento, experiencia, desarrollo de tecnologías propias y dominio de modernas técnicas de mantenimiento y producción; que empiezan estas dos áreas a trabajar en forma conjunta y alineada por encima de cualquier obstáculo propio, en aras de optimizar el bien común que las relaciona, la máquina (o aparato productivo) al dejar de mirarla como un pasivo que hay que utilizar para producir y mantenerlo para que se pueda utilizar, a entenderlo como un activo que genera ingresos para la organización.

#### 1.3.1.1.8 Enfoque hacia la gestión de activos, etapa VI

Se puede afirmar que cuando la organización desarrolla y alcanza una metodología capaz de integrar todos y cada uno de los niveles anteriores se alcanza la etapa VI, definida como gestión de activos, la cual permite integrar todo el conocimiento y las mejores prácticas aprendidas, con el fin de manejar con flexibilidad y éxito sus activos (parque industrial, equipos, etc.).

##### 1.3.1.1.8.1 *Activos y Pasivos*

La diferencia entre activo y pasivo es que conceptualmente el primero de ellos se asocia a la producción de riqueza, mientras que el segundo se refiere a inversión o gasto (Kiyosaki, y otros, 2000). Bajo esta premisa se influye el mantenimiento en cuanto a la forma de visualizar la utilización de los activos. Se entiende el ingreso como el flujo nominal producto de una actividad o comercialización de bien o servicio que recibe una empresa o familia; mientras que el gasto es lo que una institución, familia u objeto requiere para ser mantenido. La transformación empresarial para alcanzar el nivel de gestión de activos requiere entre otras, que todas las acciones del mantenimiento y producción generen aumento de la capacidad de producción, del valor agregado y de su demanda; al tratar de conquistar cada día más el mercado potencial, de lo contrario aún se está en una actitud pasiva, opuesta a la presentada en este numeral, que incurre nuevamente en gastos en el manejo de sus equipos (Wakefield, 1985) (*¿Strategic Sourcing: to make or no to make?*, 1992) (Vibraciones@, 2008).

La evolución hacia la etapa VI de gestión de activos presenta diferentes y diversas formas de ser alcanzada, entre las más relevantes, sobresalen: la inversión en I&D<sup>34</sup> procurando disminuir los tiempos de reparación y los de mantenimientos planeados, los cuales se manifiestan con una reducción tangible de los tiempos

---

<sup>34</sup> I&D - Investigación y Desarrollo en Ingeniería.

(correctivos, modificativos, preventivos, predictivos, de espera o demora de recursos) que impiden la función principal de los equipos, como  $DT^{35}$ ,  $MTTR^{36}$ ,  $\bar{M}^{37}$  o con un aumento significativo de los tiempos útiles  $MTBM^{38}$ ,  $MTBM_C^{39}$ ,  $MTBM_P^{40}$  (véase el significado de cada sigla en el siguiente capítulo), lo que a su vez redundará en: costos más bajos, menor requerimiento de capital de trabajo, esto se realiza bajo el enfoque de rediseño de procesos al estudiar en forma detallada las acciones de mantenimiento o mediante el análisis de los trabajos de mantenimiento (Mora, 2007a), ya sea mediante la evaluación estadística de la información o al desarrollar el conocimiento científico pertinente para mejorar las actividades de reparación o intervención de mantenimiento; la mejora de los índices CMD se alcanza mediante proyectos y, en especial con todos aquellos estudios y acciones que conduzcan al aumento de la disponibilidad y del engrandecimiento del tiempo operacional sin fallas o sin reparaciones, medido a través de los índices CMD,  $UT^{41}$ ,  $MTBF$  (Tiempo Medio Entre Fallas),  $MTTF^{42}$  y en fin con todas aquellas actividades que propendan el aumento de la confiabilidad (probabilidad de que los equipos operen el mayor tiempo posible sin fallas o reparaciones) y de la mejora de la mantenibilidad (probabilidad de que un equipo que ha estado operando, y que por ende ha sufrido cierto desgaste y/o pérdida parcial o total de su funcionalidad y/o cierto ajuste, pueda ser restituido a su condición de referencia o trabajo) (Mora, 2007b) (Ávila, 1992).

Se puede contribuir con el aumento de la mejora de la confiabilidad mediante el incremento de la demanda y del mercado real y potencial con el fin de aumentar el  $UT$  (Tiempo Útil de funcionamiento al requerir más producción, o mediante la utilización del *Ready Time*<sup>43</sup> (tiempo en que la máquina está disponible, con el estado de funcionalidad correcto, pero no produce), con lo cual se acrecienta la disponibilidad (se debe recordar que la disponibilidad es el resultado de un cálculo

<sup>35</sup>  $DT$  Down Time, es el tiempo en que el equipo dura detenido y coincide con el tiempo de reparación, este término se usa cuando la Disponibilidad utilizada para el cálculo CMD (Confiabilidad Mantenibilidad Disponibilidad) es la genérica =  $UT / (DT + UT)$ , siendo  $UT$  Up Time o Tiempo Útil.

<sup>36</sup>  $MTTR$  Mean Time To Repair - Tiempo Medio entre Reparaciones, este concepto se usa cuando la Disponibilidad utilizada es la Inherente donde  $D_i = MTBF / (MTBF + MTTR)$ , donde  $MTBF$  es el tiempo medio entre fallas –  $MTBF$  – Mean Time Between Failures.

<sup>37</sup>  $\bar{M}$ , Mean Time active Maintenance – Es el Tiempo promedio que toma cualquier tipo de tarea (planeada o no) de Mantenimiento en el equipo. Se usa cuando se utiliza para el cálculo CMD la Disponibilidad Alcanzada, Operacional u Operacional Generalizada.

<sup>38</sup>  $MTBM$ , Mean Time Between Maintenance, este concepto se usa cuando se utiliza para el cálculo CMD la Disponibilidad Alcanzada, Operacional u Operacional Generalizada y, significa el Tiempo Útil promedio de la máquina o sistema entre dos actividades de mantenimiento (planeadas o no), es el tiempo promedio que dura la máquina funcionando correctamente, entre dos tareas de mantenimiento.

<sup>39</sup>  $MTBM_C$  – Tiempo Medio Útil entre Mantenimientos Correctivos

<sup>40</sup>  $MTBM_P$  - Tiempo Medio Útil entre dos Mantenimientos Planeados (sea preventivos o predictivos, o combinados).

<sup>41</sup>  $UT$  - Up Time o Tiempo Útil.

<sup>42</sup>  $MTTF$  – Mean Time To Failures – Tiempo medio para Fallar, se utiliza este solo la primera vez del cálculo en los elementos de mantenimiento reparables, o en los ítems no mantenibles. Por otro lado  $UT$ ,  $DT$ ,  $MTBF$ ,  $MTTR$ ,  $MTTF$ , etc., son indicadores CMD que se usan en las Disponibilidades Genérica e Inherente (Intrínseca) y los índices de tiempo de espera o demora  $LDT$ ,  $ADT$ ,  $LDT'$  se utilizan en las Disponibilidades Alcanzada, Operacional y Operacional Generalizada.

<sup>43</sup> *Ready Time*, denota que la máquina funciona correctamente, pero no produce volúmenes significativos de unidades. También cuando opera el equipo al mínimo posible. Se utiliza este indicador solo en la Disponibilidad Operacional Generalizada.

numérico que se obtiene a partir de la confiabilidad y de la mantenibilidad, bajo estándares internacionales (diferentes disponibilidades: genérica, inherente, alcanzada, operativa y operativa generalizada)); al eliminar inversiones en procesos que no son estratégicos y que no generen utilidades que compensen la inversión de capital, al mejorar la gestión de inventarios y el manejo de repuestos e insumos para mantenimiento y producción; como la preservación de los mismos; los procedimientos de adquisición de elementos necesarios para el mantenimiento, como de manejo de proveedores, entregas oportunas de materiales y tiempos de servicio (Ellis@, 1999) (Ebeling, 2005).

En síntesis se mejora la disponibilidad<sup>44</sup>, mediante la eliminación de fallas, con la reducción de los tiempos de reparación y mantenimientos planeados, por razón de incrementar los tiempos entre mantenimientos planeados (pero con una vigilancia muy estricta del  $\beta$  (se le conoce como el factor de Forma (en que los equipos fallan), se explica en capítulo siguiente) y con el monitoreo permanente de la máquina para que no aparezcan fallas que ya se controlan desde antes de ampliar los períodos entre mantenimientos preventivos y/o predictivos), o también al eliminar o disminuir los tiempos logísticos requeridos para mantenimiento y/o producción.

#### *1.3.1.1.8.2 De gestión de pasivos a gestión de activos*

Entre los diferentes hechos que permiten la orientación de las empresas hacia la gestión de activos, aparecen varios acontecimientos como relevantes, que se explican en los párrafos sucesivos.

Los inicios se marcan por acciones de mantenimiento de tipo correctivo que generan gastos y actúan de forma pasiva; posteriormente se pasa a evitar fallas y paradas imprevistas en los equipos mediante acciones de tipo preventivo, gobernadas básicamente por períodos de tiempo para los recambios, las reposiciones o cambio de repuestos, o en su defecto por el número de productos generados o por algún indicador del volumen de bienes producidos; criterios con los cuales se determina una parada general de la máquina donde se realiza una inspección general y se desarrollan diferentes actividades como: limpieza, ajustes y reparaciones, todo esto se realiza en aquella época inicial, a partir de la experiencia y/o de las recomendaciones de los fabricantes.

A mediados del siglo pasado empiezan a aparecer otras formas de organización del mantenimiento, donde simplemente, no solo importa la acción propia del mantenimiento, sino la estructura organizacional para hacerlo, aparecen las tácticas de mantenimiento productivo, como el mantenimiento centrado en la confiabilidad y otras donde lo importante es la organización y la planeación. A nivel mundial, aparece el concepto de que mantenimiento ya no depende de

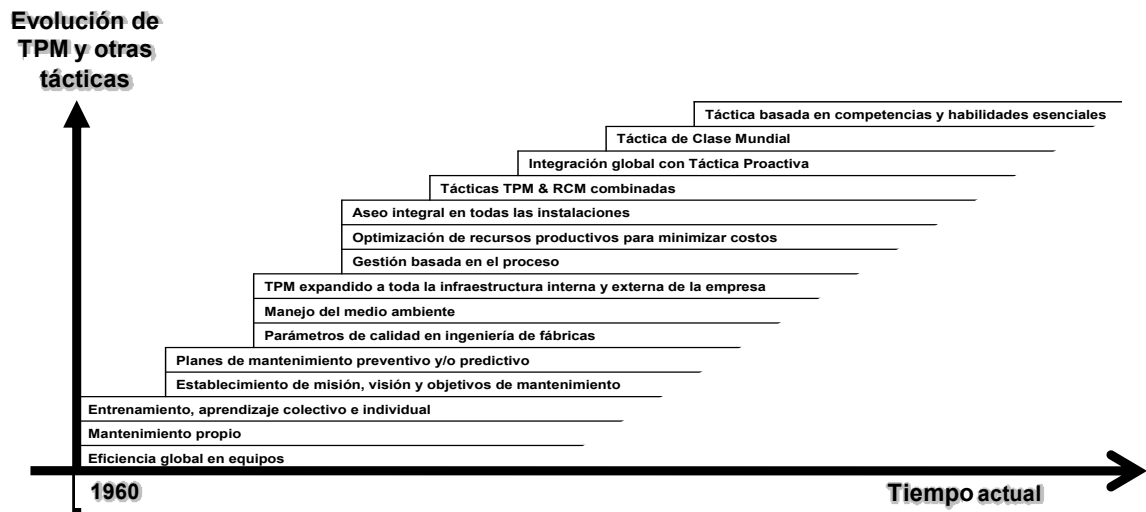
---

<sup>44</sup> Disponibilidad = Confiabilidad / (Confiabilidad + Mantenibilidad) (Mora, 2007a).

producción, sino que se establece como una unidad independiente, al dejar de ser un departamento gestor de pasivos y generador de gastos.

La aparición del *TPM*, el cual integra el personal de producción hacia la actividad del mantenimiento, para procurar una mejor productividad; marca un hito en la aparición de tácticas, que luego evolucionan hacia el *RCM*, combinado, Proactivo, Reactivo, clase mundial, centrado en objetivos, *PMO* y, muchas otras que se desarrollan en tiempos recientes hasta las últimas como el *RCM Scorecard*.

Ilustración 8 - Evolución del TPM en el tiempo



(Mora, 2007b)

Los japoneses integran los conceptos desarrollados anteriormente y los asocian a la necesidad de ocupar el tiempo ocioso del profesional de operación con actividades sencillas y bien definidas de mantenimiento, lo que deja un tiempo disponible a los profesionales de mantenimiento, para realizar tareas de análisis y desarrollo de ingeniería de mantenimiento, que permiten reevaluar proyectos de los equipos, instalaciones, así como los métodos y procesos adoptados.

Uno de los grandes aportes del *TPM*, es que da las bases para el desarrollo táctico de mantenimiento; es reconocida como la más antigua y básica de las tácticas de mantenimiento, el *TPM* posee normas, con reglas, usos, costumbres y pilares bien definidos.

### 1.3.1.1.8.3 La Terotecología

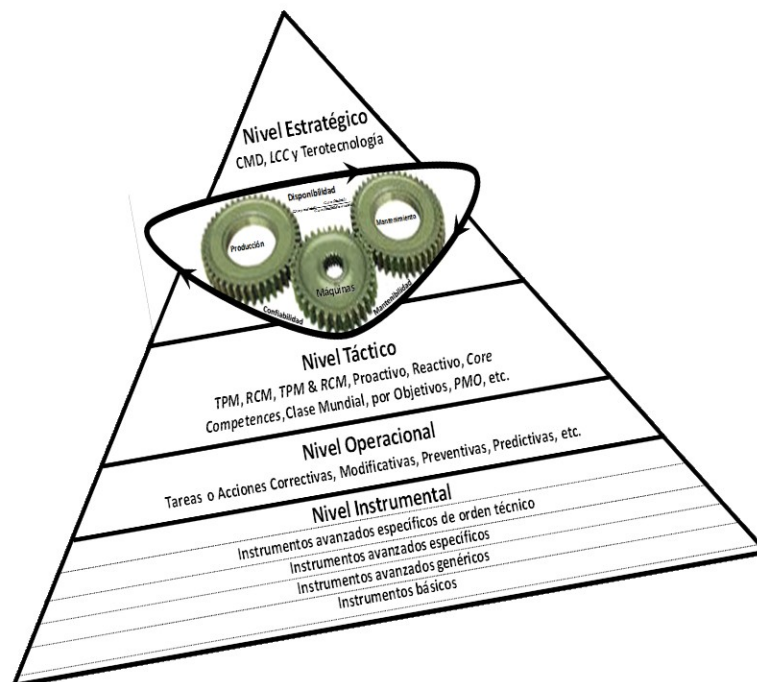
En 1976, los autores M. Husband y Dennis Parkes de Inglaterra, desarrollan un concepto integrador que revoluciona la gestión y la operación de mantenimiento, la

Terotecnología<sup>45</sup>, concepción que involucra los costos en la gestión de mantenimiento bajo la orientación del LCC, el término denota la integración de todos los esfuerzos de las etapas de fabricación, producción, explotación, mantenimiento y operación integral de los equipos, para optimizar los rendimientos mediante un excelente mantenimiento bajo un enfoque de costos (Husband, 1976) (Rey, 1996).

Se puede explicar, deducir y sustentar del documento de Parkes, que los índices de rendimientos son la confiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad y los costos asociados a mantenimiento.

*La Terotecnología (palabra proveniente de las raíces griegas: thero: cuidado; techno: técnica y logos: tratado)<sup>46</sup> plantea el cuidado integral de la tecnología y su propósito es plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos (Terotecnología) (Kelly, y otros, 1998) (Rey, 1996).*

**Ilustración 9 - Enfoque Sistémico Integral Kantiano de Mantenimiento Estratégico**



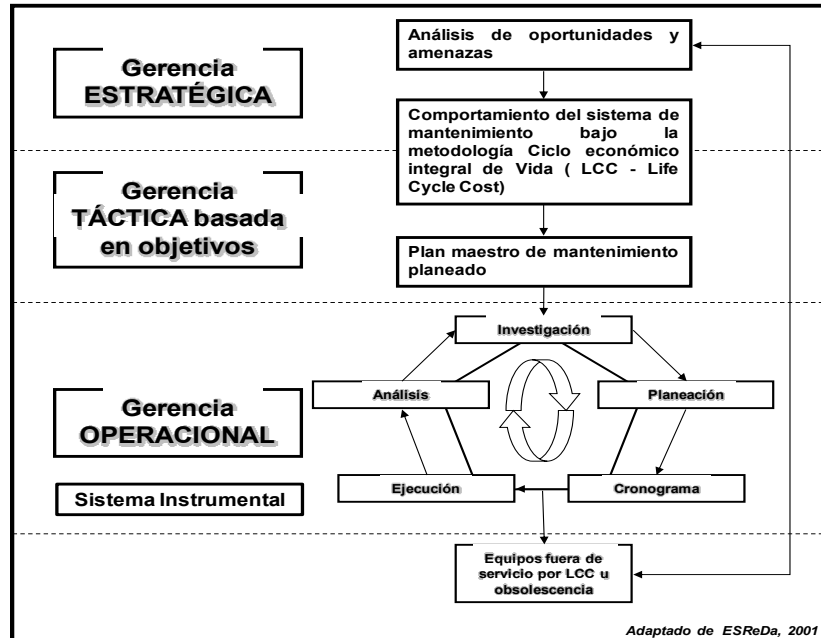
(Mora, 2007a)

<sup>45</sup> En inglés terotechnology.

<sup>46</sup> Tomado del diccionario informático Encarta. Rey Sacristán la traduce como "cuidar la tecnología".



Ilustración 10 - Estructura sistémica OREDA



(ESReDa, 2001)

El mantenimiento proactivo de la etapa III, considera que los mantenedores quieren hacer algo más que registrar y mantener sus activos, su gran objetivo es investigar científicamente mediante una metodología formal de análisis de fallas y de causa raíz, las causas que originan la falla (AMEF@,2005), desean aumentar la confiabilidad y la mantenibilidad, a través de reingeniería de activos; a la vez que pretenden optimizar la gestión y operación del mantenimiento al utilizar las metodologías de rediseño de procesos, en forma sistémica orientándose por la gestión de activos (Tavares, y otros, 2007).

Durante las etapas IV, V y VI se evalúan los riesgos de cada parte del proceso productivo (o de servicio), es donde se tiene en cuenta la implementación de la teoría de restricciones (TOC) en búsqueda de cuellos de botella de la producción, para lo cual se realiza el análisis de criterios para mejorar la eficiencia, o ampliar su capacidad, o duplicar este elemento mejora su confiabilidad.

Se agrega a lo anterior una serie de técnicas para evaluar el reflejo en los costos de producción (o generación del servicio) y los riesgos a la seguridad y al medio ambiente; así como la búsqueda de una mejor ejecución de las actividades de mantenimiento.

Estas tres etapas también permiten la utilización del análisis de las actividades basadas en costos por medio de la investigación de sus vectores<sup>47</sup> de origen, para determinar aquellos que agregan más valor a los procesos o a los servicios al procurar su mejora, a la vez que admiten la posibilidad de eliminar o reducir los rubros que aportan menor valor agregado.

Los direccionadores de costos son las formas como las actividades consumen los recursos y establecen la relación entre ellos (recurso que se utiliza y actividad), esto se logra aplicar con las técnicas de tableros de control (*Balanced ScoreCard* (Cuadros y Tableros de Control) (Kaplan, y otros, 1997) empleado a mantenimiento (RCMScorecard@, 2005) (Mather, 2005) o de signos vitales (*Vital Sign del Quantum Performance*) (Hronec, 1995).

Además se utilizan de forma masiva los indicadores de clase mundial en el proceso de decisión, al comparar la relación disponibilidad versus necesidad (demanda) (González, 2004).

A todo esto se suma la utilización de la técnica de Árbol de Decisiones (o cuadro de decisiones del *FMECA* (AMEF@, 2005) o *RCFA*(Stamatis, 1995)) para definir el tipo de intervención más adecuada a aplicar, de tal manera que los costos totales sean los más bajos posibles, sin disminuir el grado deseado de calidad y atención, a los plazos prometidos de intervención a producción.

De todas formas es normal que las empresas evolucionen en su recorrido histórico por todas las etapas (o en algunas de ellas) de una u otra manera, con un desarrollo armónico, acorde al momento en que viven, tanto desde los aspectos técnicos como comerciales y de mercado.

Al final del proceso evolutivo, aparece la gestión de activos como un sistema de administración de mantenimiento (operación, ingeniería de fábricas y/o de confiabilidad) que permite interrelacionar todos los departamentos dentro de una empresa, al trabajar de una forma integral, con el fin de optimizar todos los activos que se utilizan para el objetivo social de la empresa; al facilitar los procesos de producción y de mercadeo, con información total en tiempo real en una plataforma informática.

Su utilización proporciona un valioso apoyo para los procesos estratégicos y operativos de la empresa, siendo así una herramienta eficiente para el aumento de la disponibilidad, productividad y minimización de los gastos. La gestión de activos incorpora el concepto del ciclo de vida de los activos (*LCC*<sup>48</sup>) al colaborar a las empresas a utilizar mejor sus recursos y a ajustarlos a la demanda actual y futura; a la vez que alarga la vida útil de las máquinas.

---

<sup>47</sup> También denominados *Direccionadores*.

<sup>48</sup> *Life Cycle Cost – Ciclo de Vida Económico, costos integrales a lo largo del proceso de vida del activo.*

El soporte que da la gestión de activos a lo largo de todo el ciclo de vida, maximiza la utilización de los recursos en el tiempo, a la vez que puede acortar el período de realización de un proyecto o de la ejecución de mantenimiento u operación.

La inversión monetaria que se utiliza en la gestión y operación del mantenimiento, representa un alto porcentaje del capital de trabajo total de la empresa, inclusive en ocasiones llega a ser tan alto como el capital requerido para la producción y el manejo de insumos y materias primas.

Las inversiones en equipos son muy relevantes, pero es poco probable que sean suficientes por sí solas, requieren ir acompañadas de mucha inversión en infraestructura, gestión y operación.

Los costos asociados a los departamentos de mantenimiento, son un rubro importante dentro del balance general de las empresas, el mayor porcentaje de los activos de una organización está representado por tierra, edificios y equipos; los cuales tienen un impacto directo sobre el valor neto de la compañía y la habilidad de ésta de generar utilidades (Wrennall, y otros, 1994).

*Rey Sacristán define el mantenimiento como el conjunto armónico de las técnicas utilizadas para asegurar el adecuado funcionamiento de la maquinaria productiva y las instalaciones. En una línea de producción es el conjunto de disposiciones de orden técnico, medios y actuaciones que garantizan la máxima disponibilidad y eficiencia en el cumplimiento de los planes de producción; su eficacia está asociada con la disponibilidad y la confiabilidad con el mínimo costo. (Rey, 1996)*

Kelly define a mantenimiento como el grupo de actividades, estrategias y hechos que se realizan para garantizar que en cualquier momento el parque industrial generador de bienes y servicios sea capaz de producir objetos tangibles e intangibles en una organización productiva con la mayor disponibilidad y confiabilidad posibles, para elevar permanentemente la productividad y la competitividad (Kelly, y otros, 1998)

Se puede sintetizar la misión principal de mantenimiento, como: garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el cliente (interno o externo) o usuario, con la máxima confiabilidad y fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar, con las velocidades requeridas de los equipos, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los compradores o usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible y con los mayores índices de productividad y competitividad posibles, para optimizar su rentabilidad y generar ingresos, involucrar siempre el mejoramiento continuo en todas las facetas, al utilizar las mejores prácticas internacionales y científicas, centrado en el servicio al cliente con la mayor oportunidad, por razón de la investigación y el desarrollo de la tecnología de mantenimiento con base en la

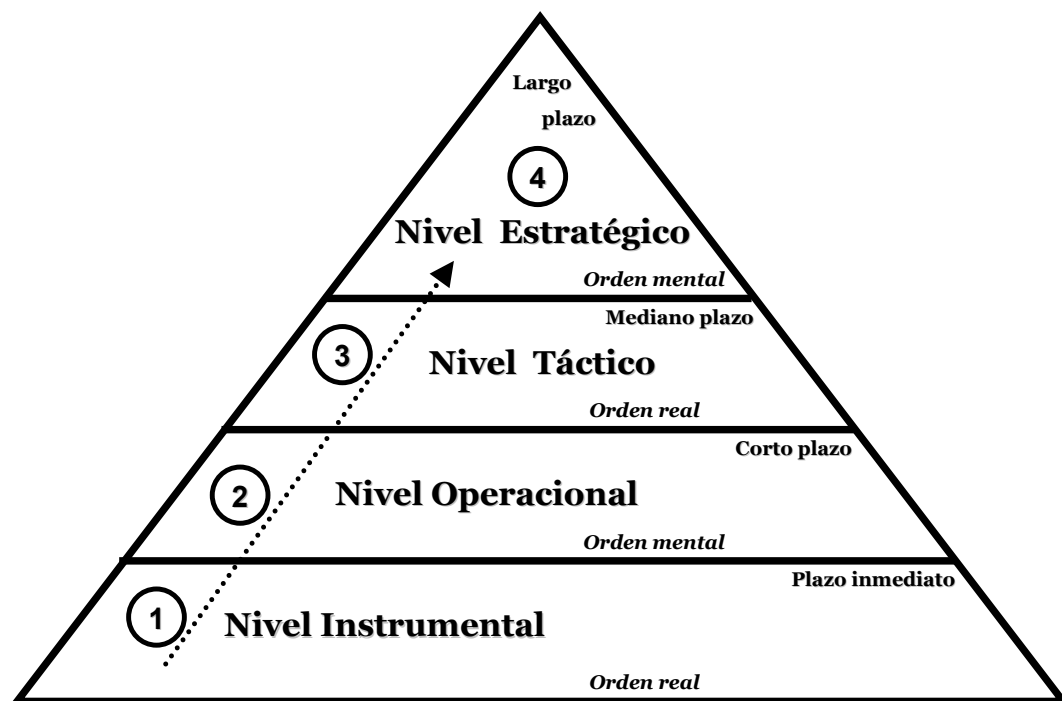
ciencia, al establecer habilidades y competencias, con la administración de sistemas de costeo que permitan una facturación adecuada a precios más competitivos que los del medio y tener en cuenta la posibilidad de subcontratación en mantenimiento (Mora, 2014).

Debe analizarse también la capacitación y culturización de los clientes mediante un enfoque integral logístico<sup>49</sup> que utilice una estrategia coherente con la empresa (Mora, 2007b)<sup>50</sup>.

### 1.3.1.1.9 Niveles del mantenimiento

El autor plantea cuatro niveles o categorías al jerarquizar los diferentes tópicos que maneja el mantenimiento.

Ilustración 11 - Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico



(Mora, 1999)

<sup>49</sup> La logística pura, cuya definición se aproxima a “prever las acciones y proveer los recursos humanos y factores productivos necesarios para poder desarrollar transporte, almacenamiento o transformación de materias primas, productos semi-terminados, bienes tangibles, energía y señales durante el aprovisionamiento, la operación, el mercadeo y la distribución física, mediante herramientas de planeación, organización, dirección, ejecución, y control estratégico tecnológico que permitan elevar los niveles de competitividad, el grado de innovación tecnológica y la rentabilidad de todos los procesos en la organización”. En síntesis se refiere a la logística como el área del conocimiento que procura los recursos físicos (maquinaria, etc.) y humanos requeridos para agregar valor. Lo cual se involucra totalmente al mantenimiento logístico integral estratégico.

<sup>50</sup> El autor considera que esta definición complementa las anteriormente citadas y muchas otras que pueden aparecer, en general sólo pretende aportar criterios y parámetros relevantes adicionales a tener en cuenta en la misión de mantenimiento, pero sus conceptos en ningún momento son dogmáticos, ni excluyentes de otros en la definición de mantenimiento.

#### *1.3.1.1.9.1 Nivel 1 - Instrumental (Funciones y Acciones)*

El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos, para que exista mantenimiento en las empresas, procura el manejo sistémico de toda la información construida, solicitada en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre Personas, Recursos Productivos y Máquinas; pertenecen a este grupo todos los registros, documentos, historia, información, codificación, entre otros; en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de AOD<sup>51</sup> y de mantenimiento; la administración de la información y su tratamiento estadístico; la estructura organizacional de los tres elementos descritos de un sistema de mantenimiento. Clasifican también en este nivel instrumentos más avanzados como las 5S, el mejoramiento continuo, etc., también se encuentran aquí herramientas avanzadas específicas y de orden técnico, como análisis de fallas, manejos de inventarios, pronósticos, etc.

El nivel instrumental comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento, incluye: la información, las máquinas, las herramientas, los repuestos, los utensilios, las materias primas e insumos propios de mantenimiento, las técnicas, los registros históricos de fallas y reparaciones, las inversiones, los inventarios, las refacciones, las modificaciones, los trabajadores, las personas, el entrenamiento y la capacitación de los funcionarios, entre otros.

Se pueden encontrar diferentes niveles dentro de esta categoría en cuanto a instrumentos: básicos, avanzados genéricos y específicos, como también específicos de orden técnico. En general abarca todos los elementos físicos e intangibles que requieren las personas para poder realizar las acciones<sup>52</sup> concretas de mantenimiento sobre los elementos o máquinas.

#### *1.1.1.1.1.1 Nivel 2 - Operacional (Acciones mentales)*

El nivel operacional comprende todas las posibles acciones a realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente, a partir de las necesidades y deseos de los demandantes. Acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas.

#### *1.3.1.1.9.2 Nivel 3 - Táctico (Conjunto de Acciones Reales)*

El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos), es el grupo de tareas de mantenimiento que realizan con el objetivo de alcanzar un fin; al seguir las normas y reglas para ello establecido. Aparecen en este nivel el *TPM*, *RCM*, *TPM*

---

<sup>51</sup> AOD - Aprovechamiento Operación Distribución.

<sup>52</sup> Acciones, operaciones, o tareas que se dan en el nivel 2 operacional de mantenimiento.

& RCM combinadas, PMO, reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros.

#### 1.3.1.1.9.3 Nivel 4 - Estratégico (Conjunto de Funciones y Acciones mentales)

El campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores que permitan medir el caso particular con otros de diferentes industrias locales, nacionales o internacionales. Es la guía que permite alcanzar el estado de éxito propuesto y deseado. Se alcanza mediante el LCC, el CMD, los costos, la Terotecnología, etcétera. De esta forma se dejan sentadas las bases necesarias para la estructuración sistémica de los tópicos en los 4 niveles del mantenimiento; es decir con base en esa estructura se define en el capítulo 4 las acciones del Plan.

#### 1.3.1.2 Contenido de los Pasos del desarrollo de la Investigación

El primer paso indudablemente es la formulación del Problema, el cual se construye así:

##### 1.3.1.2.1 Problema o Tema de Investigación

Más que un problema es una oportunidad, que permitE determinar las nuevas tendencias y tópicos a los cuales aspiran los técnicos, tecnólogos y/o profesionales a recibir en la educación superior de mantenimiento, por un lado; los cuales se aparean o cruzan con las necesidades deseos o requerimientos de la industria.

Ilustración 12 - Mercadeo de base tecnológica



(Kotler, y otros, 2006)

El desarrollo del trabajo sigue todos los pasos aceptados universalmente en el método científico y en el proceso de investigación definidos por la Asociación Americana de Investigación de Mercados - *American Marketing Association – Chicago – U.S.A* - implementación del diseño de la investigación y la realización del trabajo de campo se basan netamente en los postulados de validez universal en este campo del conocimiento (De Miguel, 1990) (AMA, 2014) (Kotler, y otros, 2006), entre ellos:

- El método científico se caracteriza por dos conceptos relevantes: la validez y la confiabilidad de los datos. La primera de ellas es la que logra que la investigación de mercados mida lo que se pretende; la confiabilidad es la característica de la metodología de la investigación que permite la repetición de resultados indiferente de los investigadores que la realicen<sup>53</sup>.
- El mismo significado se utiliza en el proceso de investigación de mercados como para el método científico, esta circunstancia se apoya en que ambas metodologías tienen una serie lógica de reglas análogas para obtener resultados similares, repetibles y sustentables de cualquier fenómeno o estudio (Cabrejos, 1989, 28).
- El método científico de investigación de mercados las reglas y procedimientos con los cuales una ciencia basa la aceptación o rechazo de un cuerpo de conocimientos, incluyendo hipótesis, leyes y teorías (Shelby, 1976, 15<sup>54</sup>).
- La definición de investigación de mercados es la recopilación, registro y análisis sistémico de los datos concernientes a problemas relacionados con el mercadeo de bienes y servicios<sup>55</sup>. Concepto que extrapolado a la investigación científica se refiere a la búsqueda continua de información relevante relacionada con un fenómeno en especial sobre el cual se posee poca información o se desea ampliar la que se tiene.
- El aporte de la investigación al área de gestión aplica en dos (2) campos básicos: primero en la toma de decisiones y planeación estratégica, con el fin de reducir la incertidumbre y el riesgo mediante la búsqueda de información, segundo para satisfacer necesidades de información específica en cualquier paso del proceso de gestión administrativa: planeación, organización, dirección, ejecución y control (De Miguel, 1994).

Todos los investigadores de cualquier área se comprometen con todas las reglas y procedimientos del método científico y por ende de los procesos de investigación (Kotler, 1996), (Kotler, y otros, 2006).

El objetivo general, de la investigación se define como:

---

<sup>53</sup> Boyd y otros, 1993, 33-34.

<sup>54</sup> Citado por el autor Cabrejos en su texto de 1989

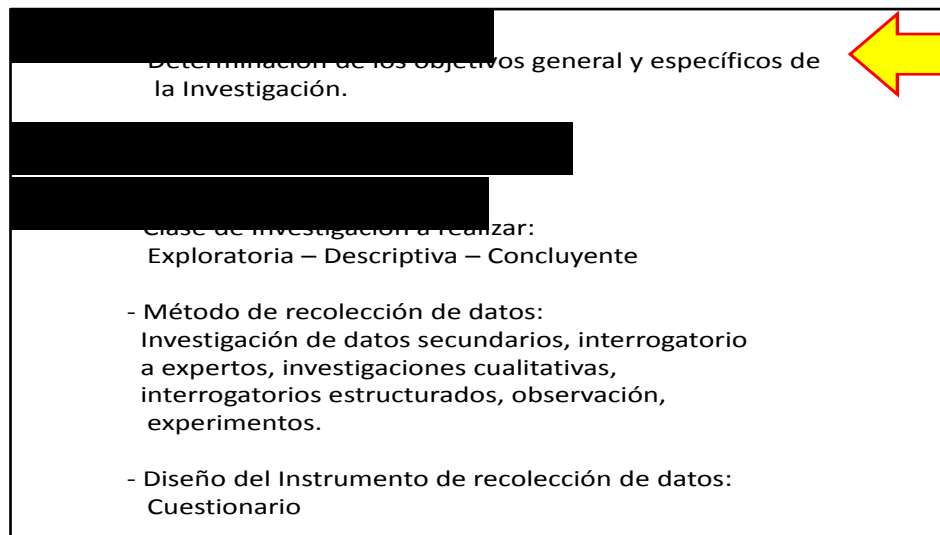
<sup>55</sup> Informe del Comité de Definiciones de la Asociación Americana de Mercadeo. *American Marketing Association – Chicago – U.S.A - 1961.*

#### 1.3.1.2.1.1 *Objetivo general de la investigación en mantenimiento*

Actualizar los programas técnicos, tecnológicos y de ingeniería en la educación superior del mantenimiento, a partir de una investigación nacional social de mercado, de corte tecnológico.

Posteriormente se definen los objetivos específicos del problema u oportunidad.

Ilustración 13 - Avance pasos de la investigación



#### 1.3.1.2.1.2 *Objetivos específicos de la investigación en mantenimiento*

##### 1.3.1.2.1.2.1 *Uno - Estructura*

Determinar la estructura y alcance de la investigación en cuanto a población, investigación, demografía, tamaño, alcance, actualidades, tópicos y temáticas a desarrollar.

##### 1.3.1.2.1.2.2 *Dos - Información*

Determinar la información requerida y la forma de obtenerla, en este caso se decide por consulta directa a expertos a nivel nacional de Colombia, con unos instrumentos directos, estructurados y abiertos.

##### 1.3.1.2.1.2.3 *Tres - Instrumentos*

Diseñar los diferentes Instrumentos diseñados acordes a la población objetivo y al tamaño muestral calculado, con base en la información requerida a obtener.



#### *1.3.1.2.1.2.4 Cuatro – Recolección Datos*

Realizar los instrumentos, con el fin de acopiar y organizar la información, acorde a los mejores métodos y prácticas internacionales de tabulación.

#### *1.3.1.2.1.2.5 Cinco – Análisis de Datos*

Revisar la información obtenida, mediante cruces matemáticos, correlaciones estadísticas y análisis lógico, para construir las principales conclusiones y mejoras en la educación superior del mantenimiento.

#### *1.3.1.2.1.2.6 Seis - Resultados*

Establecer un Plan de Acción en el tiempo, para construir los planes curriculares de educación superior referidos al mantenimiento, a partir de la investigación realizada (Santesmases, 2009).

### 1.3.2 Decisiones

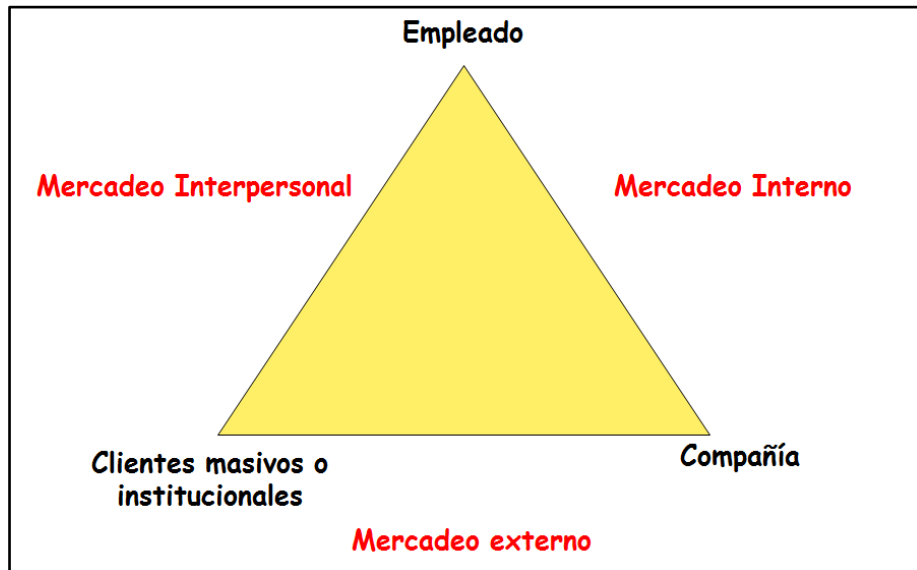
Las decisiones de selección de tópicos, netamente se ven condicionadas en cada caso en particular por los factores de higiene positivos o negativos de Herberz y Maslow, en la cual dependiendo del estado de realización y satisfacción, de necesidades, deseos y requerimientos y deseos de cada individuo, se ve influenciada su decisión.

#### **Ilustración 14 - Definición plana de mercadeo**

**LA MERCADOTECNIA ES UN PROCESO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO MEDIANTE EL CUAL GRUPOS E INDIVIDUOS OBTIENEN LO QUE NECESITAN, DESEAN Y REQUIEREN A TRAVÉS DE LA CREACIÓN, OFRECIMIENTO E INTERCAMBIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS DE VALORES CON OTROS.**

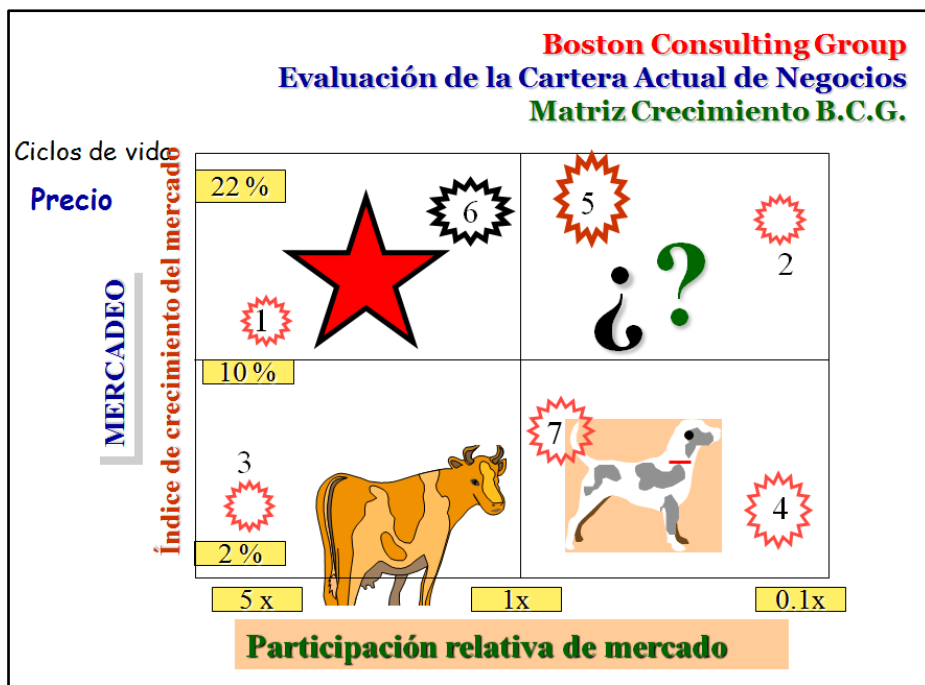
Define Kotler a Mercadotecnia, como la metodología de satisfacer necesidades, deseos y requerimientos del cliente y luego lucrarse (Kotler, y otros, 2006).

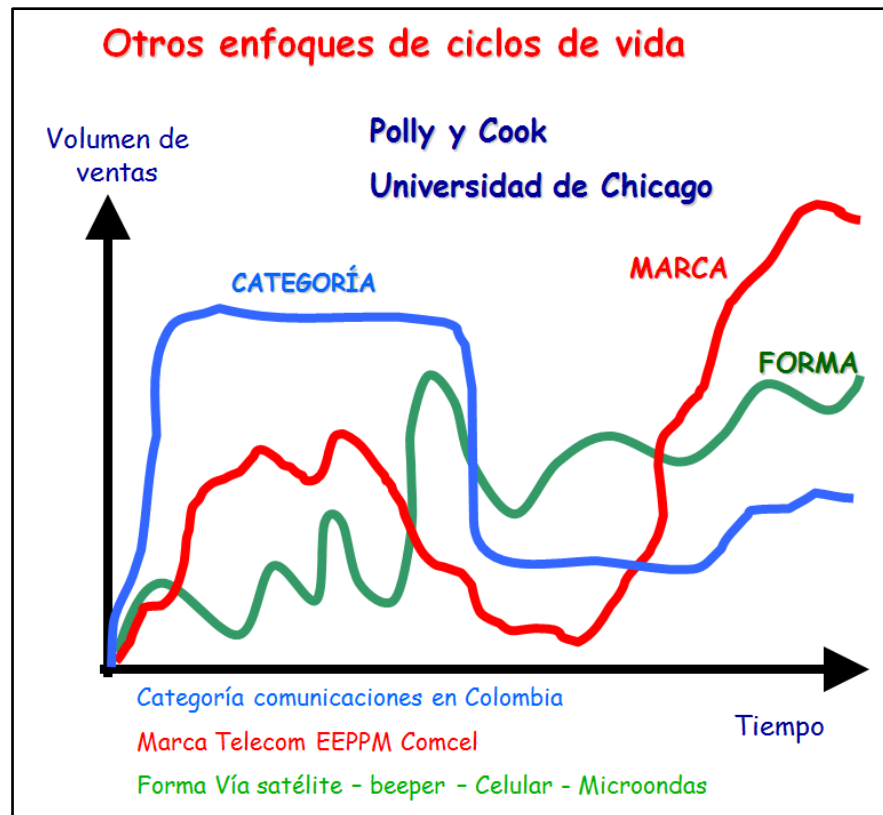
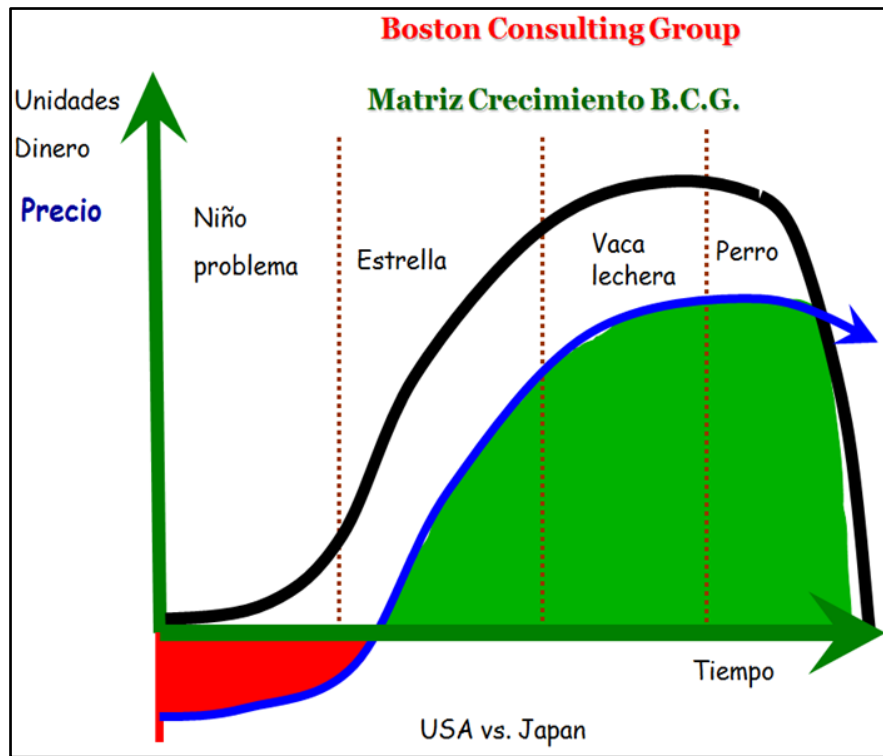
Ilustración 15 - Aristas y ejes del Mercadeo exógeno y endógeno en investigación

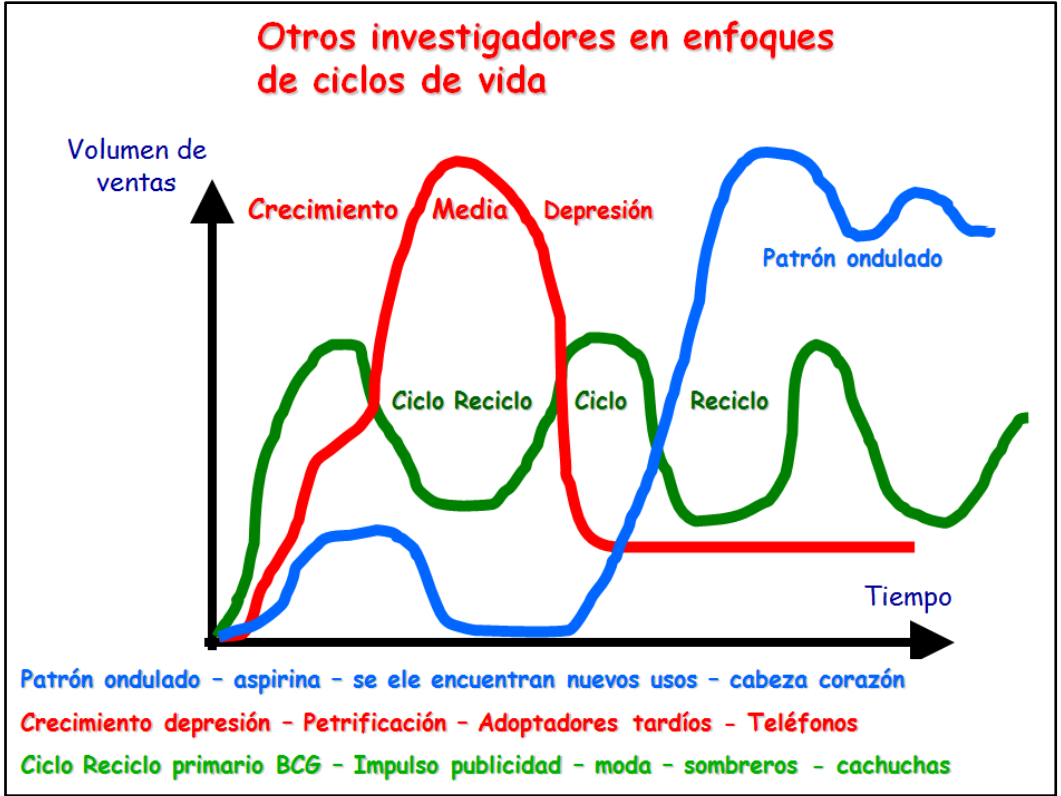
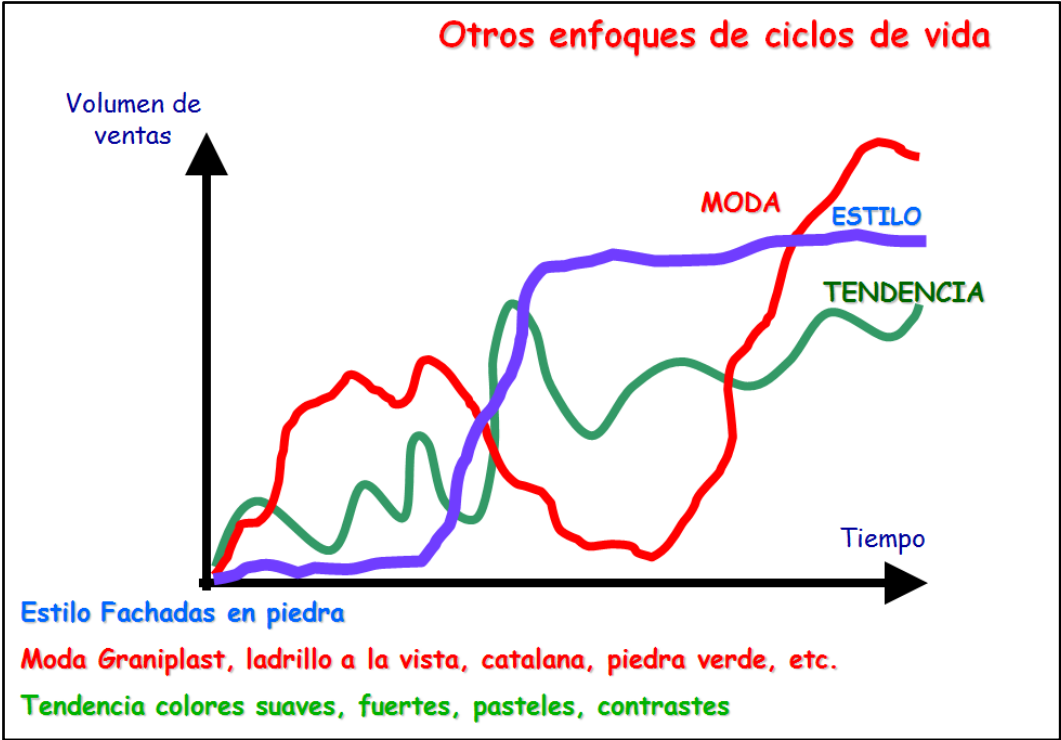


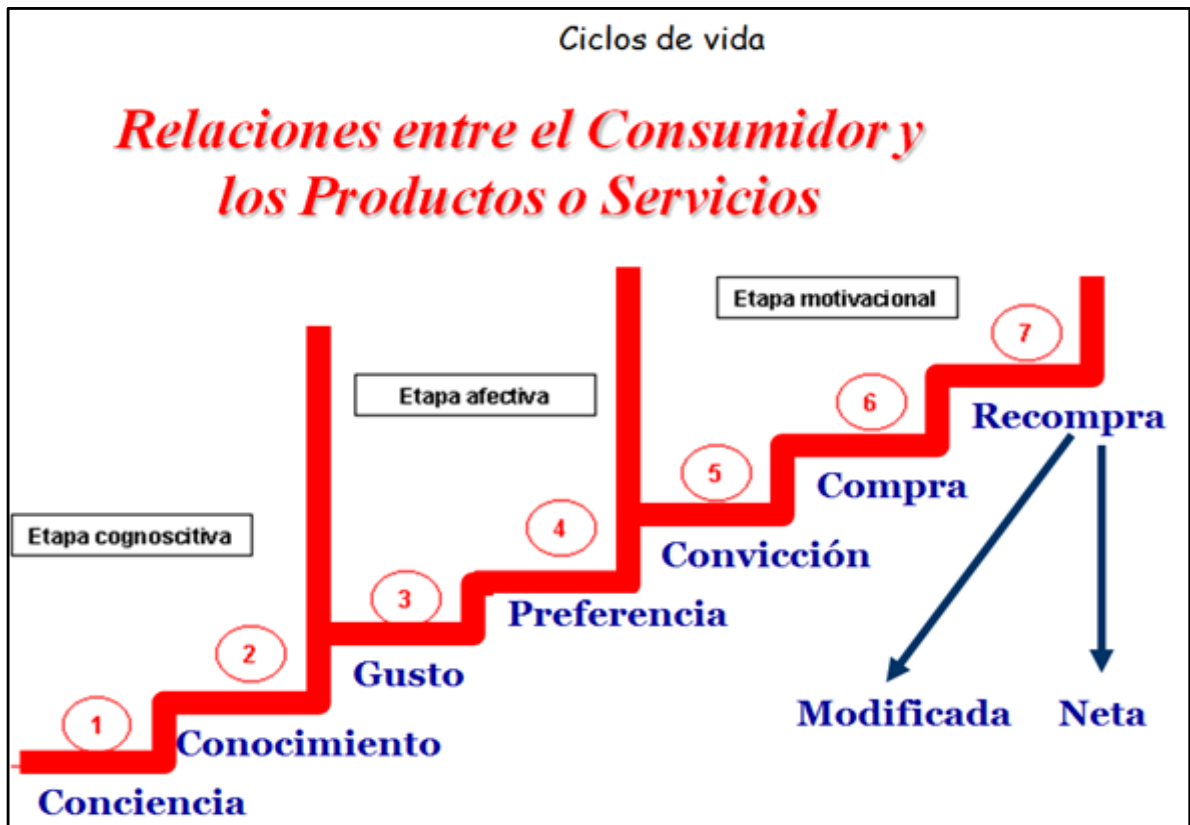
Uno de los grandes pecados en que se incurre en mercadeo, es no mirar el entorno interno, o sea la capacidad de descubrir evoluciones en las necesidades, deseos y requerimientos del personal o del proceso interno, es por eso que este proyecto apunta la actualización de los mismos (Kotler, y otros, 2006).

Ilustración 16 - Implicaciones del ciclo de vida en los requerimientos del mercado.







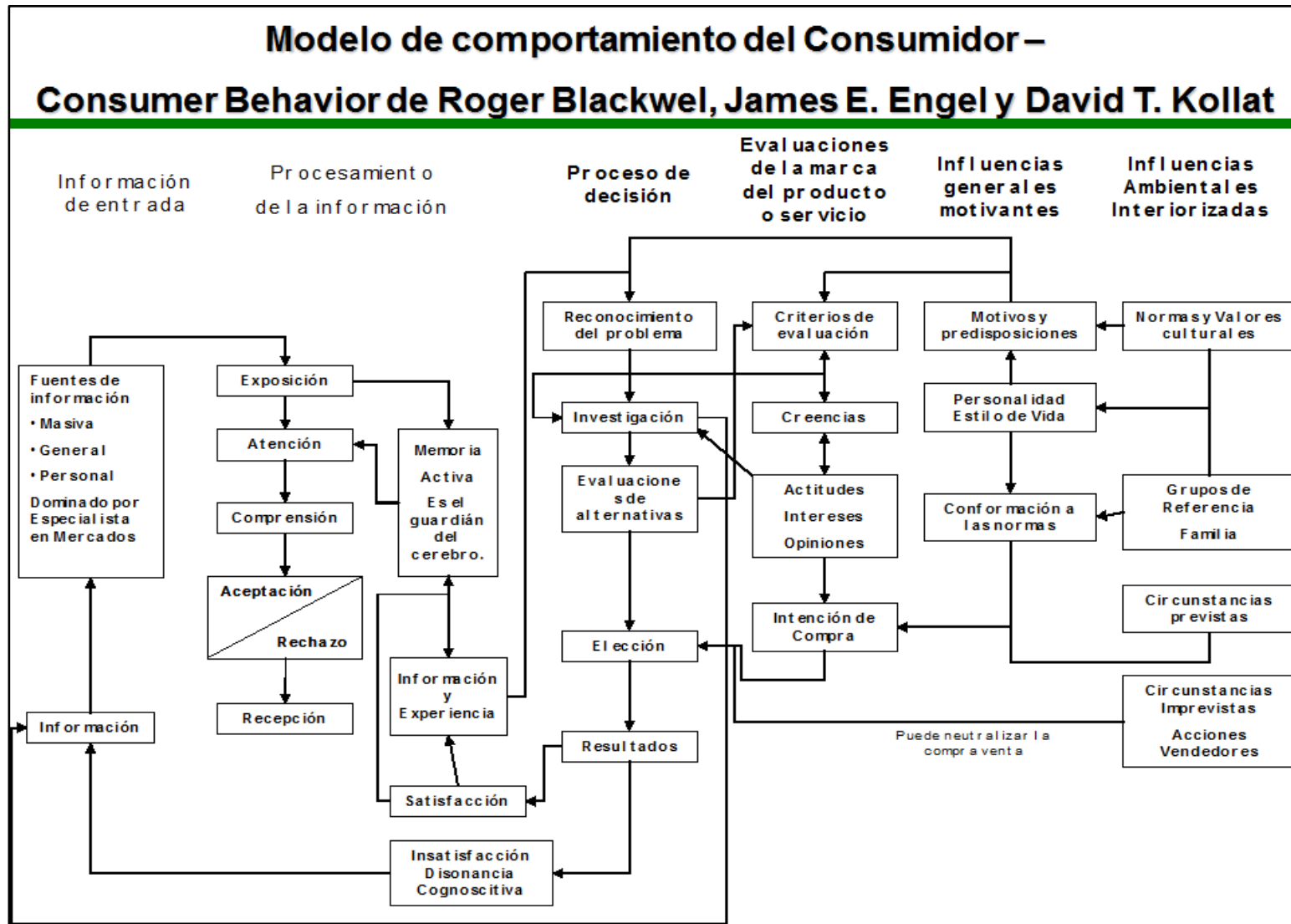


(Mora, 2012)

### 1.3.2.1 Decisiones de compra o tendencias

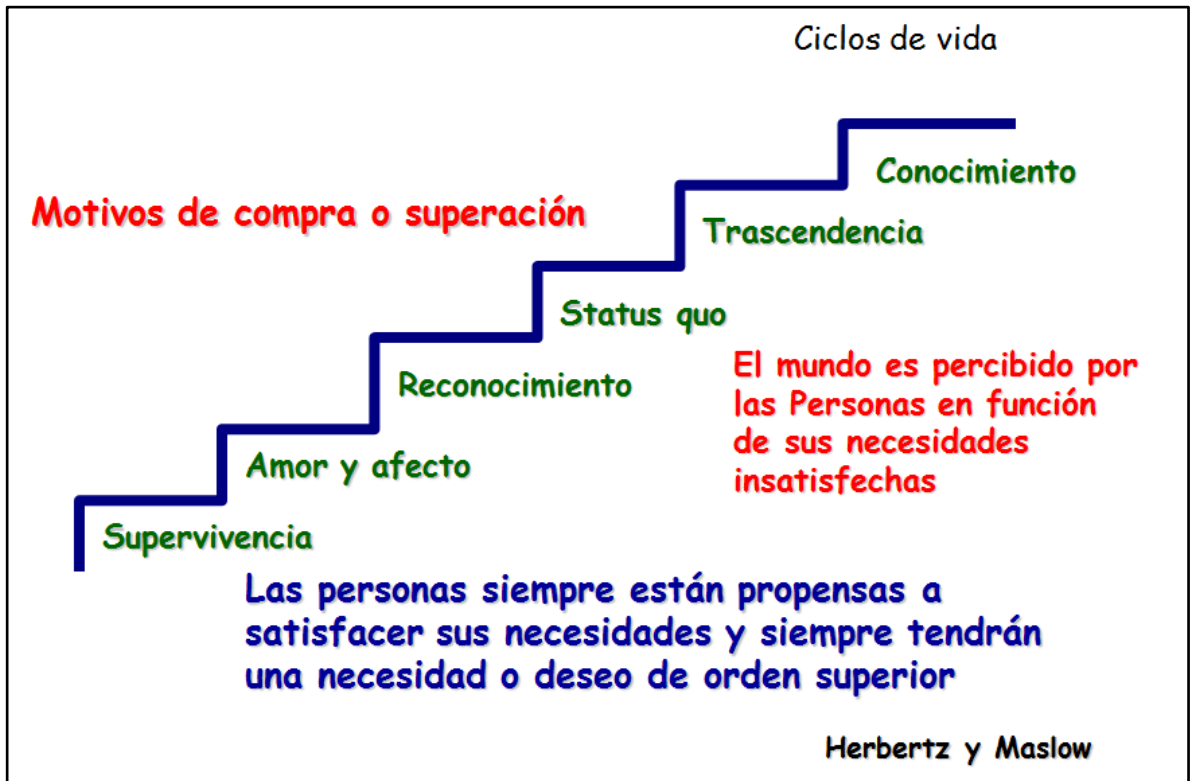
Indudablemente que la forma de razonar de los humanos a pesar de ser compleja y aleatoria, puede tener unos lineamientos definidos en todo el proceso decisional, aportes del Modelo decisional de Blackwell, Engell y Kollat, junto con los factores de higiene positivos y negativos de Maslow y Herbertz, ayudan a comprender estas decisiones y las tendencias individuales y grupales.

Ilustración 17 - Modelos de consumidor y sus decisiones técnicas



(Kollat, 2015)

Ilustración 18 - Modelo de influencias decisionales de factores de higiene de Maslow y Herbertz.



#### 1.4 CONCLUSION DE CAPITULO 1

De esta forma el capítulo deja completamente sentadas las bases de investigación de mercados, de mercadotecnia y de mantenimiento, de manera abundante, suficiente y explícita. Con el fin de poder desarrollar las etapas posteriores del proyecto y dejar así listas las ideas y los conceptos para el entendimiento total del proyecto.





## 2 CAPITULO 2 - UNIVERSO

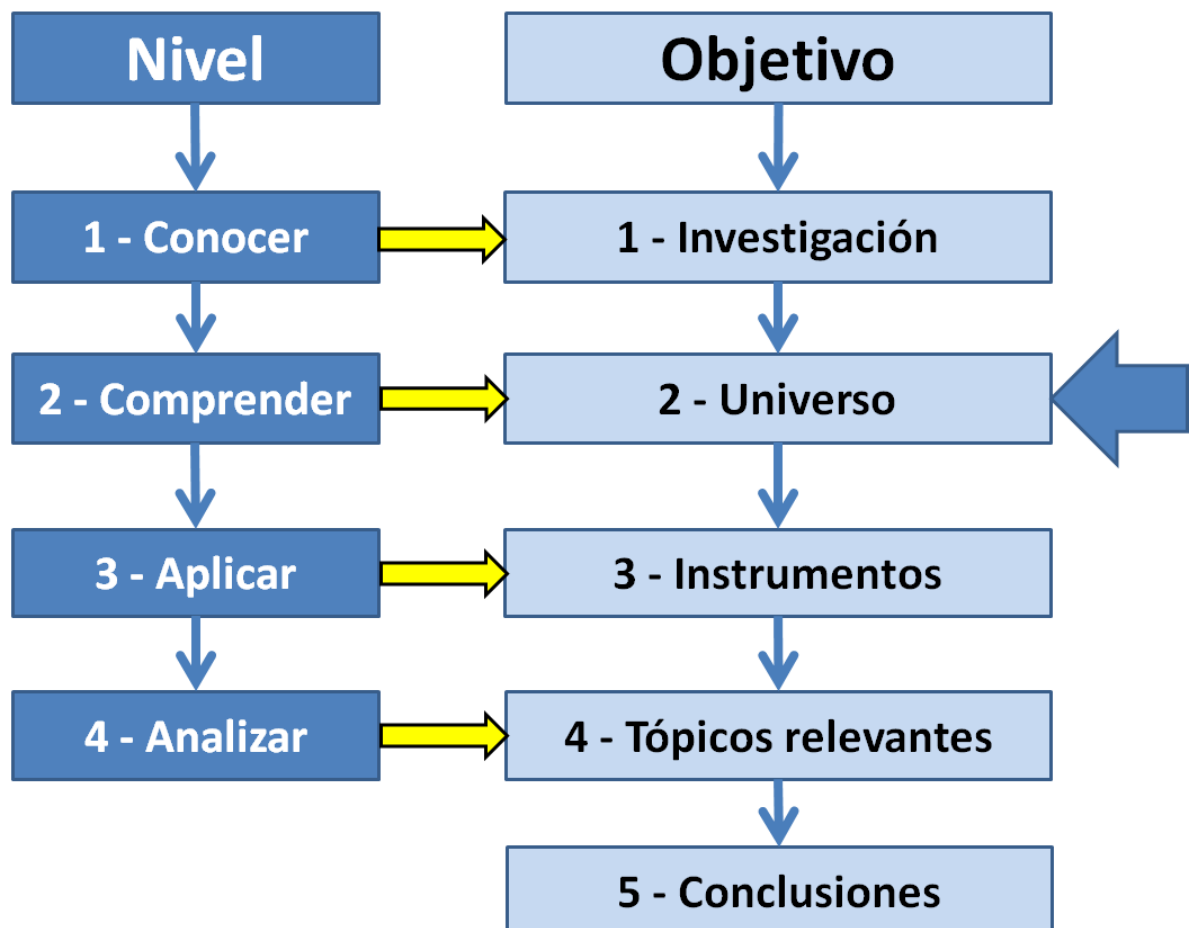
### 2.1 OBJETIVO 2

Reafirmar el tamaño muestral a realizar a partir de criterios estadísticos e investigación de mercados, mediante la definición del universo para la aplicación instrumental . Nivel 2 - Comprender.

### 2.2 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 2

Esta unidad dos pretende definir la cantidad de elementos a muestrear en el proceso de investigación a partir de la determinación del tamaño del universo y su configuración, mediata esta sección se garantiza que el umbral de encuestados sea el suficiente, para que las conclusiones del estudio tengan validez estadísticamente hablando.

Ilustración 19 - Avance en el capítulo 1 - Investigación



## 2.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 2

La definición del tamaño muestral se hace con base en las fórmulas para ello establecidas con tamaños muestrales de distribución normal.

### 2.3.1 Tamaño muestral

Para ello, se utilizan las fórmulas de tamaño muestral finito e infinito.

Para determinar los parámetros requeridos en el cálculo, se asumen varios da como el Universo, el cual se establece en 80.000 personas aptas a realizar programas de educación superior afines o en el tema de mantenimiento.

Las actividades industriales de Mantenimiento, se guían por la posición expresa de la OIT - Organización Internacional del Trabajo (OIT), quien define el oficio de Mantener, como todas las actividades que desempeñan profesionales de la Ingeniería, Arquitectura y afines, para reparar, preservar y construir aparatos o máquinas (numeral 2145 (62), segmento 214), los cuales investigan, perfeccionan o desarrollan conceptos, teorías y métodos, o aplican los conocimientos de su especialización, en campos como la ingeniería o la tecnología y otros, o en la determinación de la eficiencia económica de procesos de producción; para que puedan construir, reparar o preservar aparatos derivados de la Ingeniería y afines (OIT-CIUO88, 1988) (CUIO-88-OIT, y otros, 1991) (Wikipedia@, 2013).

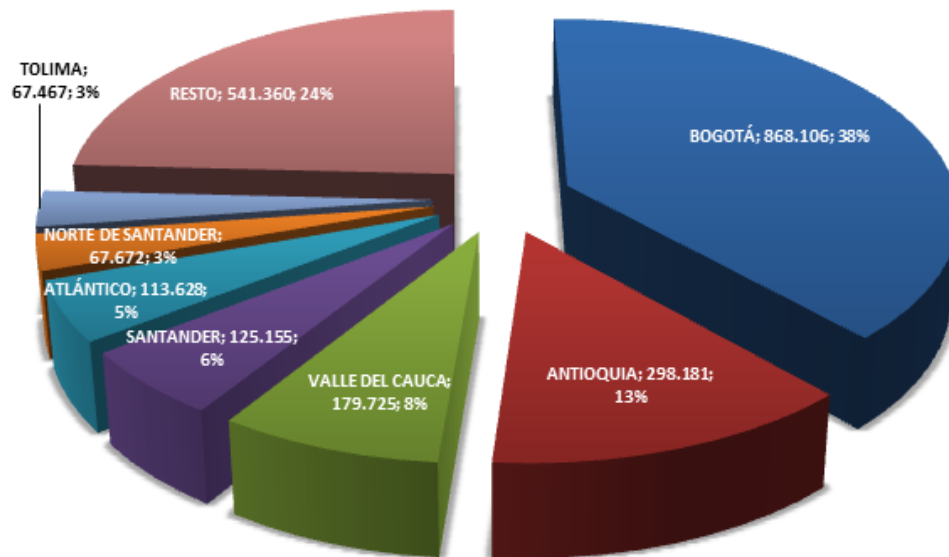
La ingeniería abarca un amplio espectro de empleos, roles y funciones, en la actividad económica en sus diferentes sectores: primario, agrícola, manufacturero, servicios y telématica de comunicaciones. Tiene diversos campos de aplicación donde es susceptible practicar el mantenimiento industrial, sobresalen entre ellos: la mecánica, la electricidad, la electrónica, la robótica, la automatización, el control, la industria, el campo civil, obras, estructuras, equipos navales o aéreos, entre otros, teniendo en común todos ellos, que utilizan máquinas y equipos para realizar su labor. En general, el parque industrial, las empresas de servicios, las máquinas y todos los aparatos requieren de mantenimiento para garantizar su funcionalidad y no todos los programas de ingeniería de pregrado ofrecen profundización en el tema; los que tienen el tópico de mantenimiento, manejan una o dos asignaturas alusivas al área que tratan de manera superficial el tema.

En la actualidad, el oficio de mantenimiento industrial es practicado por ingenieros y profesionales afines a este oficio de otras ramas en la industria, por lo general, con una formación genérica en el campo, razón por la cual éste proyecto busca dar la atención y cobertura al tema para atenuar esta situación en el corto y mediano plazo.

El área de empleo en la Ingenierías, está altamente impactado por el tópico de Mantenimiento y Reparación de Maquinaria, desde la década de los ochenta, el

área técnica de Mantenimiento en el campo de las ingenierías clásicas (Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Robótica, Mecatrónica, Industrial, Petróleos, entre otras afines) (MENCAT@, 2011), es la que más oferta en empleo y la que mejor demanda la presencia de los ingenieros conocedores de mantenimiento, de todos los campos.

**Ilustración 20 - Egresados profesionales por región**

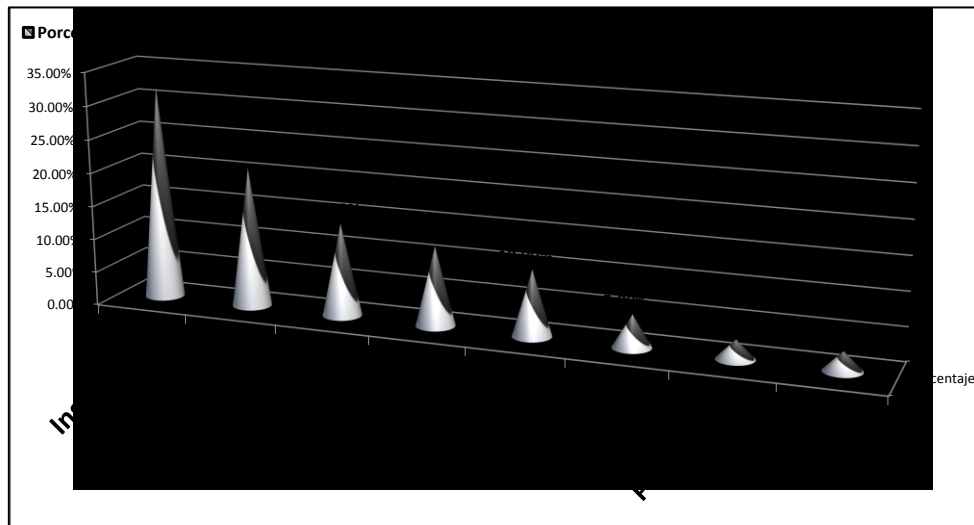


(Laboral, 2013)

Si se asume que la vida útil en sus actividades profesionales de grado, es de aproximadamente oscilante entre diez a quince (15) años, se puede plantear un mercado potencial de más de cuarenta mil (40000) ingenieros pr año dsipuestos o potencialmente interesados en estas áreas.

La oferta de educación en pregrados en el campo de la ingeniería, afines y susceptibles de profundización y especialización en educación superior de mantenimiento (EgresadosIng@, 2013), lo que genera un mercado real potencial de los últimos años, cercano a las cuarenta mil personas, en ingeniería y profesiones afines en el campo a nivel nacional (OLMENC@, 2013) y de ellos más del 32% opta por programas de postgrado en ingeniería y afines (MENCAT@, 2011).

Ilustración 21 - Áreas de preferencia



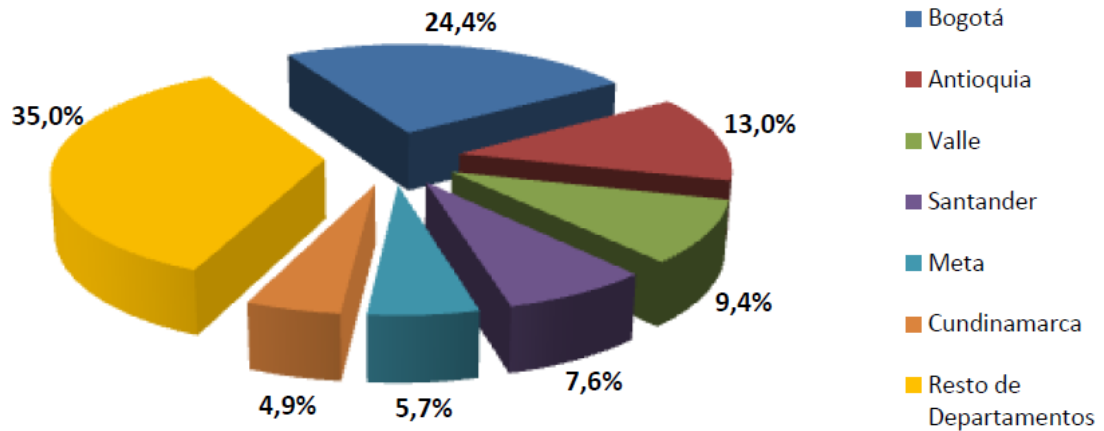
Más del 70% de los sectores económicos que generan el crecimiento del PIB nacional -en la actualidad-, son usuarios intensivos de equipos para cumplir su objeto social (DANECOL@, 2012).

Ilustración 22 - Potencial de cursar EMI de Egresados de Ingeniería por regiones

Ingenieros graduados	Año													Tendencial
	Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	
<i>Departamento</i>														
AMAZONAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	32	20	16	69
ANTIOQUIA	3855	4510	4609	4787	5461	5396	4803	5122	6237	6109	8473	9384	8289	77035
ARAUCA	55	65	5	43	29	17	20	8	1	11	37	33	11	335
ATLANTICO	1816	1953	2132	2332	1907	1694	2417	2098	2287	2457	3140	2845	2833	29911
BOGOTA DC	10079	10504	10642	11121	13054	12282	13407	13926	14246	13563	17011	18479	17529	175843
BOLIVAR	485	833	710	1178	1050	974	1020	1018	1023	779	1639	2405	1730	14844
BOYACA	519	783	785	886	941	799	1002	855	711	771	1806	1656	1430	12944
CALDAS	605	855	858	1180	1232	974	1194	1209	1301	1100	1781	1551	1635	15475
CAQUETA	54	27	99	40	72	146	230	127	100	83	109	140	150	1377
CASANARE	0	0	0	2	25	4	15	32	19	47	195	244	160	743
CAUCA	276	231	277	363	407	288	445	611	675	665	1268	1317	1156	7979
CESAR	179	159	104	162	141	152	327	311	306	336	846	881	710	4614
CHOCO	18	26	20	25	73	85	175	143	127	113	193	320	253	1571
CORDOBA	285	310	250	295	321	379	348	380	262	315	550	400	429	4524
CUNDINAMARCA	177	175	382	338	258	276	601	652	650	761	1596	1728	1441	9035
GUAJIRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25	9	35
GUAJIRAE	147	54	116	156	163	62	68	156	148	240	266	606	358	2540
HUILA	0	0	0	0	0	0	1	3	0	3	25	36	20	88
MAGDALENA	90	120	205	203	303	382	348	518	386	464	1036	992	909	5956
META	146	91	100	78	54	173	288	424	322	299	572	768	617	3932
NARIÑO	152	223	156	167	262	151	203	318	204	370	532	585	492	3815
NORTE DE SANTANDER	487	378	369	518	396	213	494	549	614	536	815	705	704	6778
PUTUMAYO	392	433	660	723	812	613	1126	1283	1279	1219	1488	1532	1660	13220
QUINDIO	69	13	40	30	4	0	51	43	53	53	170	285	162	973
RISARALDA	426	465	464	402	603	302	340	566	509	470	785	684	643	6659
SAN ANDRES Y PROVIDENCIA	422	370	291	561	700	782	569	749	771	818	1163	1462	1250	9908
SANTANDER	16	18	35	33	0	0	0	1	0	4	30	68	24	229
SUCRE	2068	2177	2750	2535	2475	1562	2689	2830	2149	2632	3898	3305	3238	34308
TOLIMA	111	50	88	98	184	140	147	220	276	281	299	313	339	2546
VALLE DEL CAUCA	1066	1056	1308	1202	1186	1489	1266	1387	1431	1391	2071	1866	1849	18568
VAUPES	4646	4644	4073	3509	2942	2626	3130	3180	3383	3411	5071	4655	3770	49040
VICHADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	7	9	38
<b>Total</b>	<b>28641</b>	<b>30523</b>	<b>31528</b>	<b>32967</b>	<b>35055</b>	<b>31961</b>	<b>36724</b>	<b>38719</b>	<b>39470</b>	<b>39302</b>	<b>56929</b>	<b>59297</b>	<b>53825</b>	<b>514941</b>
Porcentaje de Santander	7.22%	7.13%	8.72%	7.69%	7.06%	4.89%	7.32%	7.31%	5.44%	6.70%	6.85%	5.57%	6.02%	6.76%
3% de departamentos vecinos	0.71%	0.79%	0.82%	0.85%	0.85%	0.93%	0.85%	0.86%	0.91%	0.89%	0.97%	1.02%	0.99%	0.88%
Total potencial	7.93%	7.92%	9.55%	8.54%	7.91%	5.81%	8.17%	8.17%	6.35%	7.59%	7.82%	6.60%	7.00%	7.64%

(EgresadosIng@, 2013)

Ilustración 23 - PIB departamental Colombia 2010- 2013



(DANE, 2013 - Octubre)

Lo anterior, sumado a que el 25% de los graduados universitarios en Colombia en la primera década del siglo actual y parte de la actual son del área de ingeniería, que de ellos más del 90% se ubican laboralmente en el corto plazo, unas vez culminan sus estudios (VLMENC@, 2011), más datos de población de corte ingenieril, aptas a empleo en el campo del mantenimiento, permiten estimar el mercado potencial de profesionales en ingeniería aptos a tomar programas de especialización o maestría en mantenimiento o ciencias afines, en la región, en un número superior a los 80.000 (MENOL@, 2011), con una oferta de empleo que la absorbe con facilidad, en el mundo manufacturero, de servicios o en empresas del conocimiento en la región (OECD@, 2013) (Khoudour-Castéras, 2013).

Las industrias del medio para cumplir su misión, requieren de equipos y máquinas, para lo cual es necesario tener profesionales expertos y graduados en temas especializados del Mantenimiento Industrial, como lo ofrecen diferentes Institutos y Universidades a nivel nacional en educación superior.

### 2.3.2 Cálculos del Tamaño muestral

Con base en un universo de 80.000 personas potenciales a nivel nacional para optar por programas cortos, medios o largos en educación superior en áreas afines de mantenimiento.

Ilustración 24 - Ejemplos de fórmulas de cálculos de tamaño muestral

Resultados de la muestra		Proporcional	Numérica 1
Ítem muestral	Elementos muestreados al azar (#)	Cumple (1) o no (0) el buen estado	Valor de una variable cualquiera medida en vibraciones
1	107	1	3.00
2	639	1	45.00
3	1060	1	56.00
4	844	1	2.00
5	743	1	6.00
6	1005	1	5.00
7	937	1	4.00
8	94	1	3.00
9	119	0	5.00
10	1238	1	5.00
11	1072	1	6.00
12	1120	1	7.00
13	826	1	2.00
14	492	1	8.00
15	941	1	9.00
16	809	0	6.00
17	650	1	2.00
18	975	1	5.00
19	23	1	4.00
20	869	1	3.00
21	311	1	3.00
22	56	1	3.00
23	490	1	32.00
24	564	1	2.00
25	488	1	2.00
26	753	1	7.50
27	344	1	7.20
28	767	1	6.90
29	574	1	6.60
30	264	1	6.30
31	369	0	6.00

**Cálculos para la determinación muestral de tamaño n de la prueba final**

Media	0.9032	8.6613
Desviación estándar $\sigma$ de la muestra	0.301	12.428
Proporción positiva	90.32%	
Proporción negativa	12.90%	
Población o Universo	433	Población o Universo
Error de precisión máximo deseado	6%	433
Rango de error permisible más o menos		7%
		1.213
		8.66 más o menos 1.21
Probabilidad (distribución normal)	12%	93%
Nivel Z deseado	-1.1750	1.4758
n con población infinita	45	229
Validación de si n es igual o mayor al 5%	No cumple la n de infinita	No cumple la n de infinita
n con población finita	41	150
<b>n final estimada</b>	Proporciones	Valores
	Se toma finita con n igual a 41	Se toma finita con n igual a 150

En este caso particular se toma la n mayor de las dos características 150

Por ahora se tienen unas muestras de 42 elementos, con lo cual se determina el tamaño muestral final así:

**Ilustración 25 - Resultados iniciales**

	Tipo	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente	Oferente		
	Nombres	Mauricio	Carlos	Pedro	Luis Fernando	Nelson Miguel	Gerardo Andrés	Felipe	Ernesto	Petter Ferney	Héctor Fabio	Julie	Omar	Jorge	Gustavo	Jesus	Jairo	Federico	Arturo	Claudia Patr	Guillermo	Ricardo	Giovanny	Gustavo Adolfo	
	Apellidos	Rojas B.	García	Rodríguez	Zapata C.	Jiménez	Gamboa	Arias	Giraldo Giraldo	Borero L.	García	Torrado	Gutiérrez Acosta	Barón Soto	Beritez Rodriguez	Restrepo	Cubillos	Acosta	Rodriguez	Romancio	Gaviria	Martínez	Aranguren Escobar	Villagas López	
	Empresa	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	SENA	EAFIT	
	Ciudad	Bogotá	Girón Santa	Bogotá	Medellin	Girón Santander	Dos Quebradas	Pereira	Pereira	Pereira	Ibagué	Pereira	Valledupar	Barranquilla	Medellin	Medellin	Barranquilla	Neiva	Villavicencio	Bogotá	Bogotá	Medellin	Girón Santa	Sogamoso Boyacá	Medellin
	Profesión	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	
	Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
108	GMP solicitadas por EMA y FDA																								
107	Diseño Plantas Farmacéuticas																								
106	Despiece de Máquinas																								
105	Sustitución de importaciones																								
104	Elaboración de Manuales y procedimientos de Mantto.																								
103	Sincronización de Máquinas Secuencias																								
102	Proveedores - Normas para evaluar																								
101	Nuevas Tecnologías																								
100	Análisis de Corrosión																								
99	Eficiencia Energética																								
98	Mantenimiento automotriz																								
97	Manejo e implementación de Programas de Mantenimiento Softwares																								
96	Proactivo Mantenimiento Proactivo																								
95	Filtración																								
94	Control de Mantenimiento dentro de Minas subterráneas																								
93	Equipos de Perforación - FMECA Análisis de Fallas																								
92	Termografía																								
91	Uso de Técnicas Predictivas													1	1						1	1		1	
90	Técnicas estadísticas									1															
89	Técnicas de Mantenimiento Preventivo																								
88	Impacto Ambiental de Procesos Industriales																	1							
87	mantenimiento (tercerización y																							1	
86	Six Sigma Mantenimiento						1									1									
85	Hidráulica - Sistemas Hidráulicos	1	1																						
84	Sistemas de Información Software Mantto. - CMMS											1													
83	Sensórica e Instrumentación Industrial		1																						
82	Seguridad industrial en Mantenimiento																							1	
81	Hidráulica	1																					1		
80	Salud Ocupacional									1			1												
79	Ruta Crítica en la Planeación de Mantenimiento														1										
78	RHH Factores Humanos en Mantto.		1				1																		
77	Remuneración versus labor en mantto.				1																				
76	Análisis de Vibraciones Mecánicas		1						1			1		1							1	1			
75	Herramientas Estadísticas	1																							





	Tipo	Demandante	Oferente	Oferente	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Demandante	Suma Total
	Nombres	Jorge Andrés	Jesús	Jairo E.	Oscar Alexander	Luis Miguel	José Ignacio	Alejandro	Sarita	Luis Alberto	Orlando	Oscar David	Sebastián	Sebastián	Gustavo	Juan Fernando	Julián	Daniel	Duque Veléz	Baena Ortiz	Ruiz Z.	Angel Miguel	180
	Apellidos	González Gil	Céspedes R.	Rodríguez	Gómez P.	Vélez	Alzate	Hoyos	Londolfo	López	Navarro	Serna Cano	Henaio Montoya	Palermostro	Ordóñez Rojas	Ortiz	Arenas Berrio	Duque Veléz	Baena Ortiz	Ruiz Z.	Angel Miguel		
	Empresa	MASA Corrección	SENA	SENA	Atico Mining Corp	Olivé SA	CAIT	Independiente	Independiente	Edo	Contegral	Ladrillera Ladrillar	Coltejer SA	Independiente	Independiente	EMMA Y Cia	Independiente	Independiente	New Steel	COMFAS	Carlaigena		Promedio
	Ciudad	Albania Guaira	Riohacha	Cartagena	Medellin	Medellin	Medellin	Medellin	Medellin	Medellin	Medellin	Cartago, Valle	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	4.8
	Profesión	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	Ingeniero	
	Número	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42			
108	GMP solicitadas por EMA y FDA																						0
107	Diseño Plantas Farmaceuticas																						0
106	Despiece de Máquinas																						1
105	Sertificación de Importaciones																						1
104	Elaboración de Manuales y procedimientos de Mantto.																						1
103	Sincronización de Máquinas Secuencias																						1
102	Proveedores - Normas para evaluar														1								1
101	Nuevas Tecnologías																						1
100	Análisis de Corrosión									1													1
99	Eficiencia Energética									1													1
98	Mantenimiento automotriz																						0
97	Manejo e implementación de Programas de Mantenimiento Softwares							1	1														2
96	Proactivo Mantenimiento Proactivo					1																	1
95	Filtración					1																	1
94	Control de Mantenimiento dentro de Minas subterráneas				1																		1
93	Equipos de Perforación - FMECA Análisis de Fallas				1																		1
92	Termografía																						3
91	Uso de Técnicas Predictivas																						3
90	Técnicas estadísticas																						1
89	Técnicas de Mantenimiento Preventivo																						0
88	Impacto Ambiental de Procesos Industriales																						1
87	mantenimiento (tercerización y																						1
86	Six Sigma Mantenimiento																	1					3
85	Hidráulica - Sistemas Hidráulicos																						2
84	Sistemas de Información Software Mantto. - CMMS	1				1		1	1		1									1	1		8
83	Sensórica e Instrumentación Industrial																						1
82	Seguridad Industrial en Mantenimiento																						1
81	Hidráulica																						2
80	Salud Ocupacional																						2
79	Ruta Crítica en la Planeación de Mantenimiento																						1
78	RRHH Factores Humanos en Mantto.																						2
77	Remuneración versus labor en mantto.																						1
76	Análisis de Vibraciones Mecánicas									1	1	1	1										10
75	Herramientas Estadísticas																						1
74	Liderazgo en Grupos de Mantenimiento	1																					1
73	Planes de mejora con técnicas estadísticas																						1
72	Manufactura esbelta - Procesos rígidos																						2
71	Mantenimiento Plantas Petroquímicas																						0
70	Mecanismos de Control Automático																						1
69	Mantenimiento Compresores y Bombas																						1
68	Maquinaria Amarilla																						1
67	Programación de Mantenimiento	1													1						1		6
66	CAD CAE CAM																						2
65	Procesos de manufactura - Influencia de Mantto.																						3
64	Herramientas de Planeación de mantto.			1																			1
63	Diseño de productos																						0
62	Management Project en mantenimiento																						1
61	Establecimiento de Indicadores acorde a la Industria																						1
60	Instrumentación Industrial																						2
59	Mantenimiento Flotas de Camiones	1																					1
58	Elementos finitos																						0
57	Genencias de mantenimiento estrategico	1						1						1	1								6
56	Certificación de Procesos																						1
55	Life Cycle Cost																						1
54	RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad			1																			5
53	FMECA Analisis de Fallas			1			1			1	1						1	1			1		10
52	Genencias efectivas de Mantenimiento																						5
51	Neumática																						3
50	Ultrasonido																						2
49	Tribología - Corrosión										1	1			1								9
48	Maquinas Hidráulicas																						1
47	Diseño Industrial en Mantenimiento																						2
46	Investigación Aplicada																						1



Al valorar los datos en el programa de cálculo para una muestra de 42 elementos, se tienen, los siguientes resultados, en donde se clasifican de mayor a menor cada Temática, luego se toman las primeras 31, los valores de frecuencia se toman como datos de la variable numérica y el hecho de que estén por encima de la media de 4 se toma como positivo en % (o sea uno para la porcentual) y cero las que estén por debajo, así:

Ilustración 26 - Cálculo de la muestra definitiva.

Resultados de la muestra		Proporcional	Numérica 1
Ítem muestral	Elementos muestreados al azar (#)	Cumple (1) o no (0) el buen estado	Valor de una variable cualquiera medida en vibraciones
1	107	1	12.00
2	639	1	10.00
3	1060	1	10.00
4	844	1	10.00
5	743	1	9.00
6	1005	1	9.00
7	937	1	8.00
8	94	1	8.00
9	119	1	7.00
10	1238	1	6.00
11	1072	1	6.00
12	1120	1	6.00
13	826	1	5.00
14	492	1	5.00
15	941	1	5.00
16	809	1	5.00
17	650	1	5.00
18	975	1	5.00
19	23	1	5.00
20	869	0	4.00
21	311	0	4.00
22	56	0	4.00
23	490	0	3.00
24	564	0	3.00
25	488	0	3.00
26	753	0	3.00
27	344	0	3.00
28	767	0	3.00
29	574	0	3.00
30	264	0	3.00
31	369	0	2.00

Cálculos para la determinación muestral de tamaño n de la prueba final		
Media	0.6129	5.6129
Desviación estándar $\sigma$ de la muestra	0.495	2.667
Proporción positiva	61.29%	
Proporción negativa	41.94%	
Población o Universo	433	Población o Universo
Error de precisión máximo deseado	6%	433
Rango de error permisible más o menos		6%
		0.674
		5.61 más o menos 0.67
Probabilidad (distribución normal)	12%	94%
Nivel Z deseado	-1.1750	1.5548
n con población infinita	99	38
Validación de si n es igual o mayor al 5%	No cumple la n de infinita	No cumple la n de infinita
n con población finita	80	35
<b>n final estimada</b>	Proporciones	Valores
	Se toma finita con n igual a 80	Se toma finita con n igual a 35

En este caso particular se toma la n mayor de las dos características 80

De allí se deduce que el tamaño muestral adecuado a realizar con el Instrumento uno es de 80 personas.

**Ilustración 27 - Archivo de Excel de cálculos**



Programa de CD 7 -  
Determinación de tar

## 2.4 CONCLUSION DE CAPITULO 2

El capítulo aporta el elemento importante en el número de muestras a realizar con el instrumento 1, en el caso particular 80, de las cuales ya se tienen 42, el cual consiste en un Instrumento abierto a donde se le pide el favor a cada participante que enuncie al menos unos tres o cuatro tópicos o temáticas relevantes en la educación superior de mantenimiento.

### 3 CAPÍTULO 3 - INSTRUMENTOS

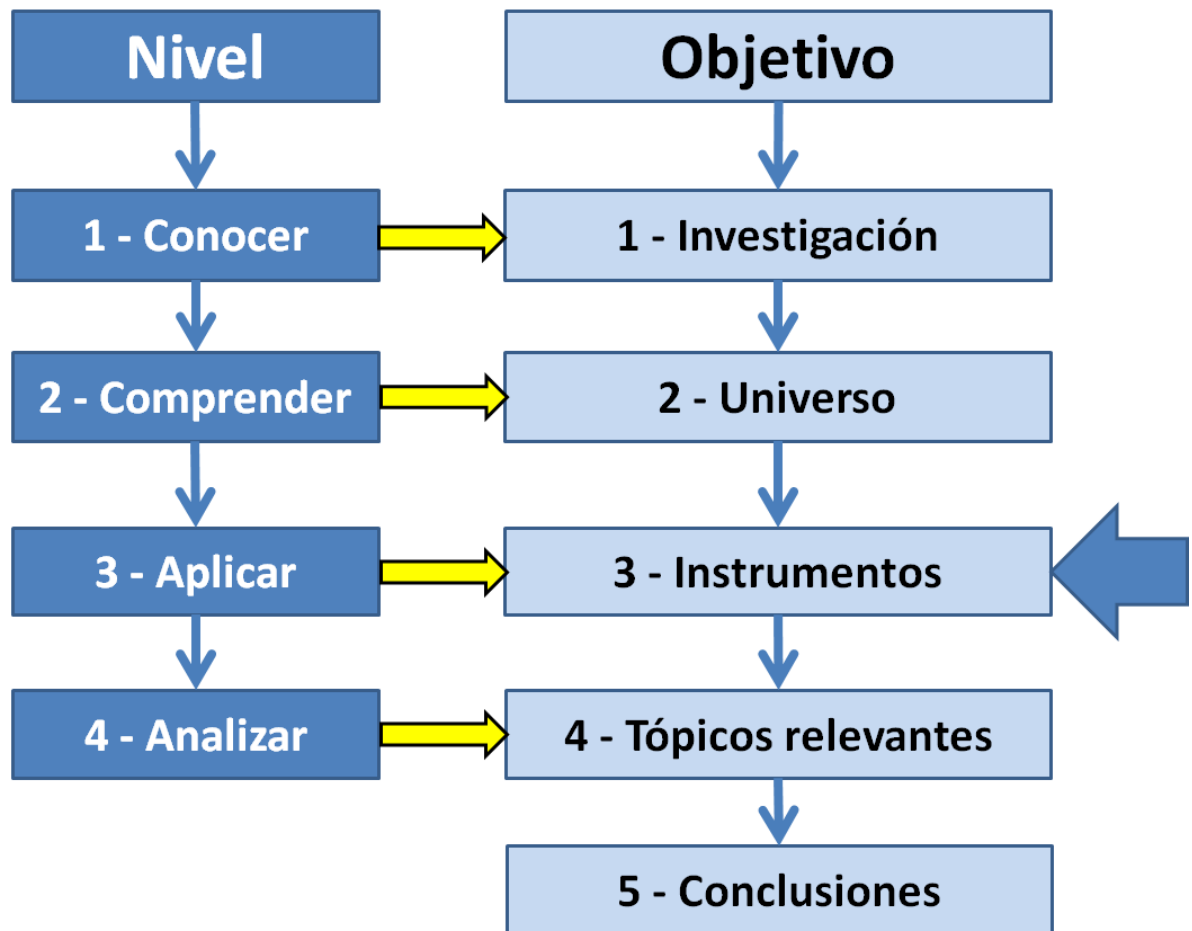
#### 3.1 OBJETIVO 3

Aplicar los instrumentos requeridos acordes a los objetivos de la investigación de mercados, a través del diseño instrumental y demás parámetros exigidos por la investigación de mercados. Nivel 3 - Aplicar.

#### 3.2 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 3

La sección tres aporta los dos instrumentos realizados en su fase exploratoria y en su etapa concluyente, de tal forma que permite jerarquizar los tópicos y las temáticas relevantes den la educación superior del tema de mantenimiento.

Ilustración 28 - Avance en el capítulo 3 - Instrumentos




### 3.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 3

El desarrollo de los instrumentos de medición, se lleva a cabo en esta etapa, en especial para la construcción y realización de los instrumentos exploratorio y concluyente de la fase II.


#### 3.3.1 Instrumento inicial exploratorio

Es un instrumento abierto que se aplica a profesionales egresados del área de mantenimiento de EAFIT y de otras universidades a nivel nacional, en la cual participan en total 123 personas, en una primera etapa de 42 y luego 81 en la fase final del Instrumento 1.

**Ilustración 29 - Instrumento 1 – Exploratorio**



Universidad  
**EAFIT**



UNIPAZ  
Decreto Ordinario 4331 de 1987

# \_\_\_\_\_

#### Instrumento Técnico de Medición - julio de 2015

La Universidad EAFIT y la Universidad de la Paz, están realizando un estudio técnico para detectar las áreas temáticas de alto interés en los demandantes, en la Industria y en los Técnicos, Tecnólogos y Profesionales de la Ingeniería que laboran, investigan y practican de Mantenimiento; con el ánimo de ofrecer programas acordes a las necesidades, deseos y requerimientos del entorno.

---

Señor \_\_\_\_\_ - Empresa: \_\_\_\_\_  
Ciudad \_\_\_\_\_

Nos alegra saludarlo.

Dada su alta experiencia y su gran conocimiento en el tema de mantenimiento, solicitamos a Usted en favor de escribir, si es tan gentil al menos cuatro (4) temáticas importantes en las cuales usted desearía profundizar, en cada renglón, de forma sintética.

1 - \_\_\_\_\_  
2 - \_\_\_\_\_  
3 - \_\_\_\_\_  
4 - \_\_\_\_\_  
5 - \_\_\_\_\_  
6 - \_\_\_\_\_  
7 - \_\_\_\_\_




Una vez diligenciado, agradeceremos su pronto envío a [lmora@eafit.edu.co](mailto:lmora@eafit.edu.co) o a [jbayona3@eafit.edu.co](mailto:jbayona3@eafit.edu.co)

Agradeciéndolo su gentileza:

\_\_\_\_\_

**Ing. Esp. Juan Manuel Bayona Arenas**  
UNIPAZ – Celular 300 5526465  
Email [jbayona3@eafit.edu.co](mailto:jbayona3@eafit.edu.co)

**Luis Alberto Mora Gutiérrez**  
Universidad EAFIT – Celular 312 2874586  
Email [lmora@eafit.edu.co](mailto:lmora@eafit.edu.co)



Unidos somos más  
Centro de Investigación Santa Lucía Km 14 Vía Bucaramanga. Teléfono: 314 275 6561- 304 576 2211/ 6025185/ 6025419/ 6026100  
informacion@unipaz.edu.co - Página Web: [www.unipaz.edu.co](http://www.unipaz.edu.co) - Barranca Bermeja - Santander - Colombia

El acceso al instrumento es mediante el siguiente icono.

**Ilustración 30 - Instrumento Word 1**



Instrumento de  
Medición.docx

### 3.3.1.1 Resultados Instrumento 1

Al realizar los 123 instrumentos de la muestra definida como mínima, se obtienen los siguientes resultados.

Con base en tomar los resultados de tópicos y temáticas que están por encima de la media.

**Ilustración 31 - Histograma frecuencial de resultados de los principales tópicos (35)**



	Tipo
	Nombres
	Apellidos
	Empresa
	Ciudad
Variable #	Profesión
	Número
27	Predictivo
34	Metrología Dimensional
49	Tribología - Corrosión
53	FMECA Análisis de Fallas
76	Análisis de Vibraciones Mecánicas
38	TPM - Integración Mantenimiento Producción
84	Sistemas de Información Software Mantto. - CMMS
44	Costos de Mantenimiento
57	Gerencia de mantenimiento estrategico
40	Inventarios de Repuestos
15	Lubricación - Sintéticos
67	Programación de Mantenimiento
26	Indices Medidas Indicadores
14	Nuevos Materiales - Materiales
21	Planeación de Mantenimiento
17	Gestión de Activos ISO 55000
54	RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
52	Gerencias efectivas de Mantenimiento
45	Preventivo
5	Energías Alternativas
30	Automatización
36	Costos - Beneficios - Finanzas
10	Diseño Mecánico en Mantenimiento
86	Six Sigma Mantenimiento
92	Termografía
32	Ensayos no destructivos
51	Neumática
91	Uso de Técnicas Predictivas
33	Cinco 5 S
47	Diseño Industrial en Mantenimiento
22	Pronósticos en RCM y en otras áreas
1	Estadística - Análisis estadístico de información
78	RRHH Factores Humanos en Mantto.
90	Técnicas estadísticas
20	Gestión de Proyectos

### 3.3.1.2 Etapa del Instrumento 2

En esta fase se define un nuevo instrumento en el cual al mismo tamaño muestral se le pide que evalúe con valores de importancia relativa (con asignaciones numéricas entre 1 y 10, siendo 10 el máximo); al menos diez de 35 tópicos de los que se presentan.

Una vez se realizan dichas evaluaciones acorde al tamaño muestral definido, se obtienen las siguientes calificaciones.

**Ilustración 32 - Instrumento Numero 2 - Concluyente**

## Instrumento Técnico 2 de Medición - julio de 2015

La Universidad EAFIT y la Universidad de la Paz, están realizando un estudio técnico para detectar las áreas temáticas de alto interés en los demandantes, en la Industria y en los Técnicos, Tecnólogos y Profesionales de la Ingeniería que laboran, investigan y practican de Mantenimiento; con el ánimo de ofrecer programas acordes a las necesidades, deseos y requerimientos del entorno.





---

Señor \_\_\_\_\_ - Empresa: \_\_\_\_\_  
 Ciudad \_\_\_\_\_

Nos alegra saludarlo.

Dada su alta experiencia y su gran conocimiento en el tema de mantenimiento, solicitamos a Usted el favor de calificar, al menos 10 variables de las siguientes 35, que Usted considere relevantes en la Educación superior de Mantenimiento, con 10 como evaluación máxima y 1 como mínima, gracias.

Variable #	Tipo	Calificación	Variable #	Tipo	Calificación
27	Predictivo		52	Gerencias efectivas de Mantenimiento	
34	Metrología Dimensional		45	Preventivo	
49	Tribología - Corrosión		5	Energías Alternativas	
53	FMECA Análisis de Fallas		30	Automatización	
76	Análisis de Vibraciones Mecánicas		36	Costos - Beneficios - Finanzas	
38	TPM - Integración Mantenimiento Producción		10	Diseño Mecánico en Mantenimiento	
84	Sistemas de Información Software Mantto. - CMMS		86	Six sigma Mantenimiento	
44	Costos de Mantenimiento		92	Termografía	
57	Gerencia de mantenimiento estratégico		32	Ensayos no destructivos	
40	Inventarios de Repuestos		51	Neumática	
15	Lubricación - Sintéticos		91	Uso de Técnicas Predictivas	
67	Programación de Mantenimiento		33	Cinco S's	
26	Indices Medidas Indicadores		47	Diseño Industrial en Mantenimiento	
14	Nuevos Materiales - Materiales		22	Pronósticos en RCM y en otras áreas	
21	Planeación de Mantenimiento		1	Estadística - Análisis estadístico de Información	
17	Gestión de Activos ISO 55000		78	RRHH Factores Humanos en Mantto.	
54	RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad		90	Técnicas estadísticas	
			20	Gestión de Proyectos	

Una vez diligenciado, agradeceremos su pronto envío a [lmora@eafit.edu.co](mailto:lmora@eafit.edu.co) o a [jbayona3@eafit.edu.co](mailto:jbayona3@eafit.edu.co)

Agradeciendo su gentileza:

**Ing. Esp. Juan Manuel Bayona Arenas**  
 UNIPAZ – Celular 300 5526465



Si se desea tener acceso al formato Word, favor de doble click izquierdo en el siguiente icono.

**Ilustración 33 - Archivo Word Instrumento 2**



Instrumento de  
Medición 2.docx

**Ilustración 34 - Calificaciones del Instrumento 2**

Variable #	Tipo	Promedio
27	Predictivo	5.6
34	Metrología Dimensional	5.3
49	Tribología - Corrosión	5.5
53	FMECA Análisis de Fallas	5.5
76	Análisis de Vibraciones Mecánicas	5.2
38	TPM - Integración Mantenimiento Producción	6.2
84	Sistemas de Información Software Mantto. - CMMS	5.5
44	Costos de Mantenimiento	6.1
57	Gerencia de mantenimiento estrategico	5.6
40	Inventarios de Repuestos	5.3
15	Lubricación - Sintéticos	5.5
67	Programación de Mantenimiento	5.6
26	Indices Medidas Indicadores	5.2
14	Nuevos Materiales - Materiales	5.4
21	Planeación de Mantenimiento	5.3
17	Gestión de Activos ISO 55000	5.9
54	RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	5.4
52	Gerencias efectivas de Mantenimiento	5.4
45	Preventivo	6.3
5	Energías Alternativas	5.7
30	Automatización	5.5
36	Costos - Beneficios - Finanzas	5.3
10	Diseño Mecánico en Mantenimiento	6.0
86	Six Sigma Mantenimiento	4.4
92	Termografía	6.1
32	Ensayos no destructivos	5.9
51	Neumática	5.7
91	Uso de Técnicas Predictivas	5.2
33	Cinco 5 S	5.0
47	Diseño Industrial en Mantenimiento	5.2
22	Pronósticos en RCM y en otras áreas	5.2
1	Estadística - Análisis estadístico de Información	5.6
78	RRHH Factores Humanos en Mantto.	6.2
90	Técnicas estadísticas	5.8
20	Gestión de Proyectos	5.5

**Ilustración 35 - Resultados ordenados obtenidos evaluativos Fase Instrumento 2**

Ordinal	Variable #	Tipo	Promedio
1	40	Inventarios de Repuestos	6.4
2	92	Termografía	6.3
3	78	RRHH Factores Humanos en Mantto.	6.3
4	86	Six Sigma Mantenimiento	6.2
5	84	Sistemas de Información Software Mantto. - CMMS	6.0
6	45	Preventivo	6.0
7	21	Planeación de Mantenimiento	6.0
8	91	Uso de Técnicas Predictivas	5.9
9	53	FMECA Análisis de Fallas	5.7
10	33	Cinco 5 S	5.7
11	15	Lubricación - Sintéticos	5.7
12	49	Tribología - Corrosión	5.7
13	47	Diseño Industrial en Mantenimiento	5.6
14	5	Energías Alternativas	5.6
15	54	RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	5.6
16	57	Gerencia de mantenimiento estrategico	5.5
17	1	Estadística - Análisis estadístico de información	5.5
18	52	Gerencias efectivas de Mantenimiento	5.5
19	67	Programación de Mantenimiento	5.5
20	10	Diseño Mecánico en Mantenimiento	5.5
21	27	Predictivo	5.5
22	20	Gestión de Proyectos	5.4
23	17	Gestión de Activos ISO 55000	5.4
24	76	Análisis de Vibraciones Mecánicas	5.4
25	30	Automatización	5.4
26	90	Técnicas estadísticas	5.3
27	22	Pronósticos en RCM y en otras áreas	5.3
28	32	Ensayos no destructivos	5.3
29	26	Indices Medidas Indicadores	5.3
30	34	Metrología Dimensional	5.1
31	44	Costos de Mantenimiento	5.1
32	14	Nuevos Materiales - Materiales	5.0
33	38	TPM - Integración Mantenimiento Producción	5.0
34	36	Costos - Beneficios - Finanzas	4.9
35	51	Neumática	4.8

De esta forma se obtienen los principales tópicos y temáticas a partir de un desarrollo científico experimental, a partir del cual se organizan los factores claves de un Plan Curricular de un programa de educación superior asociado a mantenimiento.

El proceso que sigue es tabular y entrelazar los diferentes temas, organizados acorde a los cuatro niveles de mantenimiento y a sus subtemas, lo cual se desarrolla en el siguiente capítulo.

#### 3.4 CONCLUSION DE CAPITULO 3

La sección determina, selecciona y jerarquiza los principales criterios influyentes en la educación superior de mantenimiento, con suficiente representatividad industrial de demanda y de oferta de tecnólogos, técnicos y profesionales del área.

## 4 CAPÍTULO 4 - INSTRUMENTOS

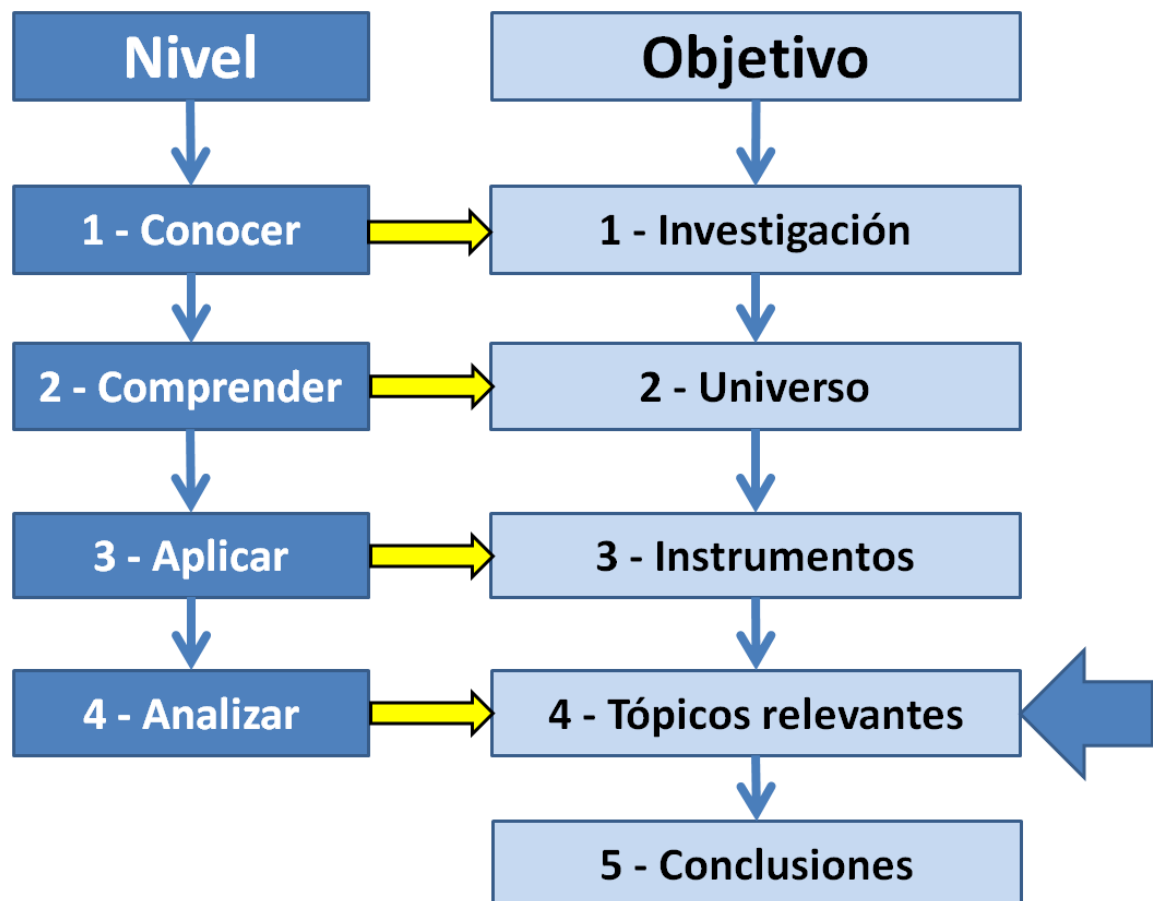
### 4.1 OBJETIVO 4

Contrastar los diferentes tópicos de preferencia temática en mantenimiento en la ES<sup>56</sup> en Colombia. Nivel 4 - Analizar.

### 4.2 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 4

Este último capítulo, cuatro, de tratamiento de variables, jerarquiza, con base en el conocimiento y la experticia de las diferentes Personas consultadas con un tamaño seleccionado acorde a parámetros de buenas prácticas y cálculos estadísticos; acorde a lineamientos internacionales y del postgrado de EAFIT los tópicos en un orden jerárquico, acorde a los cuatro niveles y subniveles de la parte científica y deontológica del mantenimiento.

Ilustración 36 - Avance en el capítulo 3 - Instrumentos



<sup>56</sup> Es Educación Superior

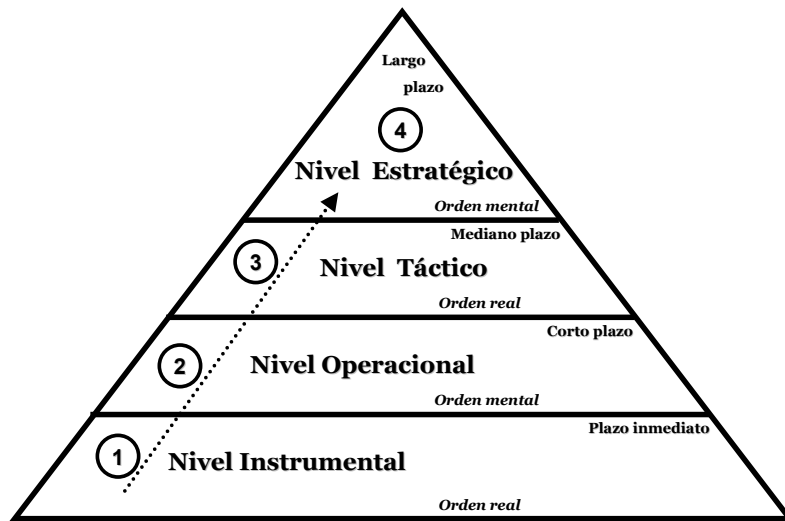
### 4.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 4

El desarrollo de la sección cuatro comprende inicialmente la elaboración de una estructura donde quepan cualquier tipo de variables de mantenimiento; lo cual garantiza que ninguna de las variables seleccionadas como relevantes en cuanto a tópicos y temáticas, se garantice que queden incluidas, y luego con un ejercicio de consenso, se clasifican todas ellas en alguna ubicación de la estructura sistémica de mantenimiento.

#### 4.3.1 Estructura sistémica de Mantenimiento

Esta se obtiene mediante la relación kantiana de mantenimiento aplicado a maquinas operación y mantenimiento.

Ilustración 37 - Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico



(Mora, 1999)

Ilustración 38 - Elementos estructurales de ingeniería de fábricas

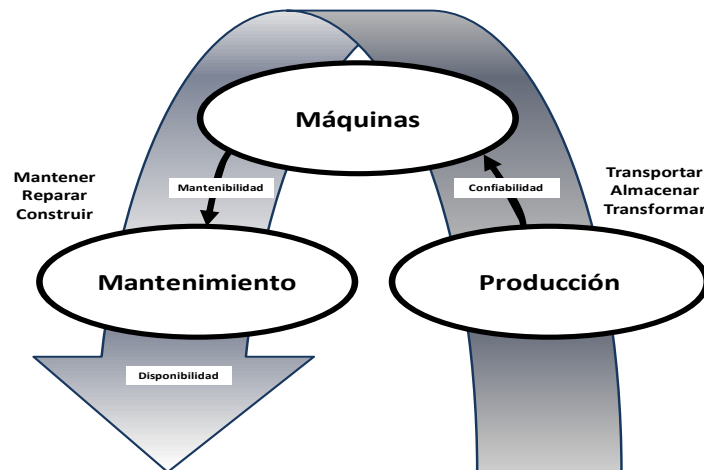
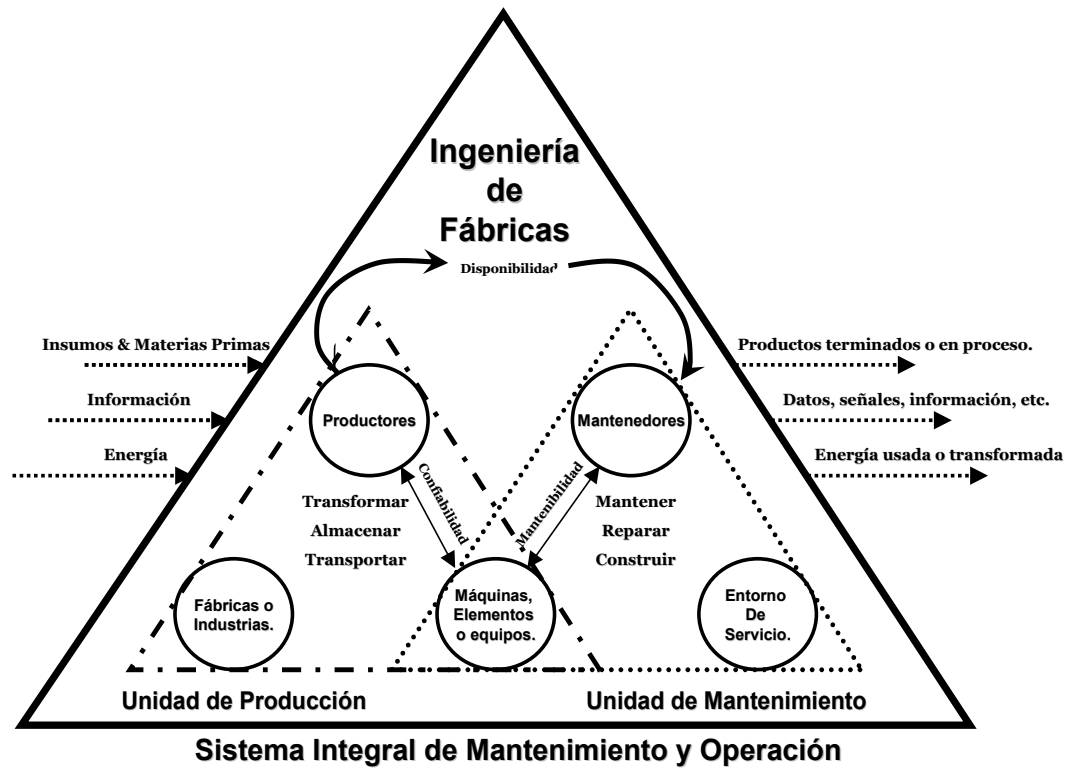
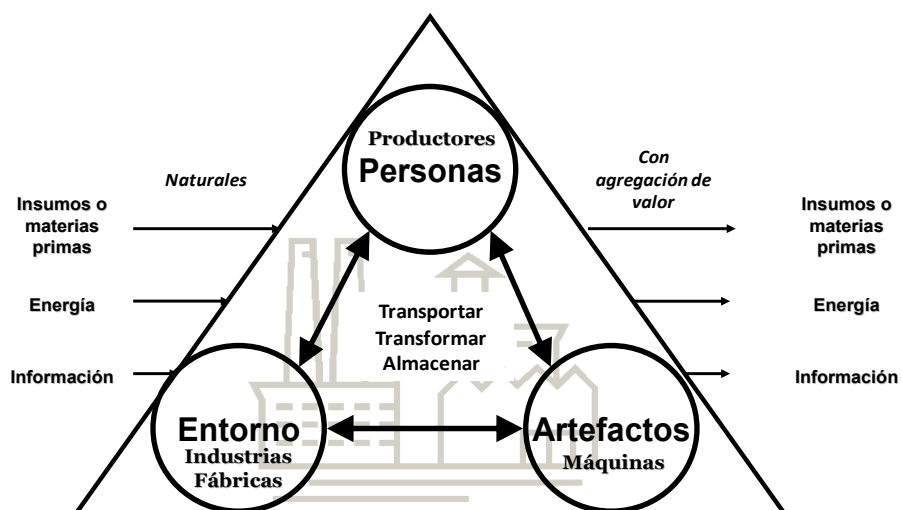


Ilustración 39 - Sistema Integrado de Ingeniería de Fábricas: Mantenimiento–Máquinas–Producción



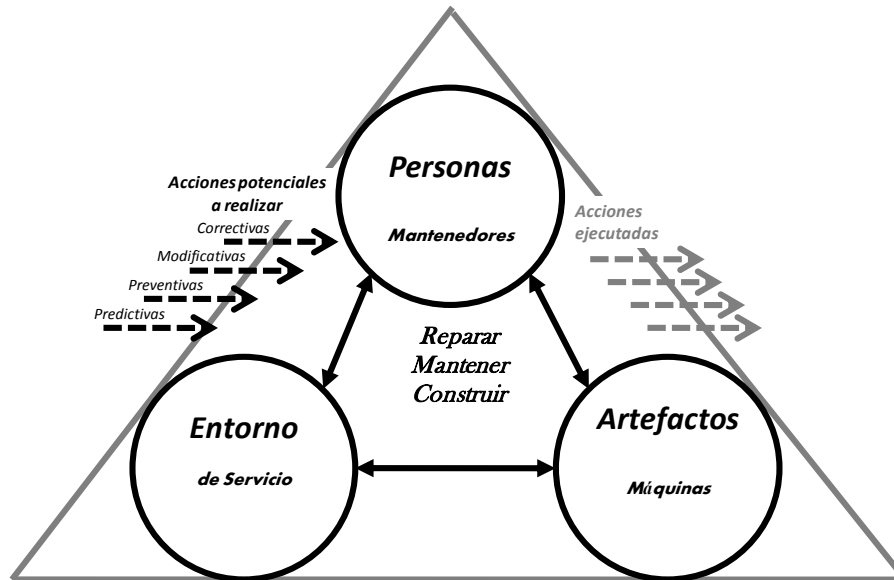
(Mora, 2014)

Ilustración 40 - Unidad básica de Producción



(Mora, 2007a)

**Ilustración 41 - Unidad elemental de Mantenimiento**



(Mora, 2007b)

De esta forma se pueden estructurar los cuatro niveles y sus componentes, subniveles, así:

**Ilustración 42 - Tópicos y Niveles estratégicos de Mantenimiento**

- ENFOQUES ACTUALES DE ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO Y DE PRODUCCIÓN**
  - Enfoque hacia las acciones de mantenimiento, etapas I y II
  - Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento, etapa III
  - Enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, etapa IV
  - Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento, etapa V
  - Enfoque hacia la gestión de activos, etapa VI
    - Activos y Pasivos
    - De gestión de pasivos a gestión de activos
    - Definiciones y significados
- ENFOQUE SISTÉMICO E INTEGRAL - CMD**
  - Sistema kantiano de mantenimiento**
    - Unidad de Producción
    - Unidad de Mantenimiento
    - Sistema Integral de Mantenimiento
      - Categorización del mantenimiento
      - Cuerpo y función de los equipos Efectos del espacio y del tiempo
      - Niveles del mantenimiento
    - Estructura, relaciones y elementos
      - Relaciones
      - Interacción - CMD
      - Métodos de predicción CMD:
  - Disponibilidad**
    - Modelo Universal para pronosticar CMD
    - Diferentes Disponibilidades, de mayor uso empresarial

**Confiabilidad – Mantenibilidad – CMD – Estimación de  $F(t)$  y  $M(t)$**

Confiabilidad - Fallas

- Probabilidad
- Desempeño satisfactorio
- Período
- Condiciones de operación
- Curva de Confiabilidad
- Ejemplo de cálculo y obtención de curva de confiabilidad

Mantenibilidad – Reparaciones

- Curva de la bañera o de Davies
- Curva de Mantenibilidad

Estimación de No Confiabilidad -  $F(t)$  y de Mantenibilidad -  $M(t)$

- Métodos de estimación y cálculo de la no confiabilidad y de la mantenibilidad
- Recomendaciones y mejores prácticas con los métodos de estimación de  $F(t)$  y  $M(t)$

**PARÁMETROS Y DISTRIBUCIONES – CMD**

**Estimación de parámetros – Weibull – LogNormal y Normal**

- Método gráfico de papel de Weibull o Allen-Plait
- Fundamentos de la distribución Weibull
- Curvas características de Weibull
- Lectura de los parámetros  $\eta$  y  $\beta$  en el papel de Weibull

**Uso del método de regresión lineal con mínimos cuadrados para alinear la función de probabilidad de Fallas (de no confiabilidad) o de mantenibilidad, para obtener parámetro**

- Criterios de calidad de la alineación
- Ajuste
- Error típico o Variación o Error Estándar del Estimado
- Coefficiente de Determinación Muestral  $r$  y Ajustado
- Coefficiente de Correlación

**Transformaciones en Weibull, LogNormal y Normal para obtener parámetros por regresión**

- Distribución de Weibull
- Parámetros de vida útil y de reparaciones en Weibull
- Distribución Normal
- Parámetros de vida útil y de reparaciones en Normal
- Distribución LogNormal
- Parámetros de vida útil y de reparaciones en LogNormal
- Distribución Exponencial
- Distribución Gamma

**Método de Máxima Verosimilitud - MLE**

**Pruebas de Bondad de Ajuste – Goodness of Fit**

**APLICACIÓN CMD - ESTRATEGIAS Y ACCIONES**

**Comportamiento futuro - Nuevos cálculos**

**Estrategias y acciones derivadas del CMD - Análisis de confiabilidad –  $\beta$**

- Análisis de la confiabilidad influenciada por reparaciones futuras estimadas de corto plazo
- Análisis de la confiabilidad influenciada por los mantenimientos planeados futuros estimados de corto plazo
- Análisis de la función de mantenibilidad influenciada por las reparaciones TTR estimadas en el corto plazo
- Análisis de la mantenibilidad influenciada por las tareas proactivas planeadas estimadas en el corto plazo
- Recomendaciones estratégicas de acciones y táctica para el ejercicio integral de  $A_0$

**Análisis histórico, presente y futuro cercano de parámetros del ejercicio integral**

- Estrategias y acciones futuras
- Pronósticos de indicadores CMD de corto plazo
- Pronósticos con Series Temporales

**Diferentes niveles de cálculo para el CMD - Fases**

- Distribución Hastings de dos fases
- Distribución Hjorth de tres fases

**- NIVEL INSTRUMENTAL**

**Fundamentos del Nivel Instrumental**

**Instrumentos básicos - Factores productivos de mantenimiento- Nivel instrumental**

- Sistema de información
- Herramientas, Repuestos e Insumos
- Capital de Trabajo - Espacio Físico – Tecnología – Maquinaria - Recursos Naturales - Poder de

Negociación - Recursos Humanos Carga Laboral – Planeación – Recursos Humanos – Talento

- Mantenimiento: función de producción
- Función macroeconómica de la producción
- Cantidad de servicios (o de productos), Servicios Promedio y Productividad
- ¿Cuál es la cantidad óptima a usar en un Factor Productivo?
- Parámetros de manejo cuando se utiliza más de un Factor Productivo
- Factores productivos modernos (para mantenimiento y producción)
- Términos de medidas básicas del nivel instrumental de mantenimiento

**Instrumentos avanzados genéricos de mantenimiento - Nivel Instrumental**

- TQC
- TQM
- S
- Mejoramiento continuo
- Herramientas estadísticas
- Diagnóstico, control y rediseño de procesos de mantenimiento y producción
- Obtención y manejo de los datos
- Análisis y diagramas de Pareto

Diagramas causa-efecto

- Histogramas
- Distribuciones
- Diagramas de dispersión, correlación y regresión lineal
- Gráficas de control



- Tamaños muestrales de la población para medias – Números aleatorios
- Otras herramientas estadísticas
- Instrumentos avanzados específicos de mantenimiento - Nivel Instrumental**
- Análisis de Fallas - FMECA, RCFA y RPN
- Metodología Análisis de Fallas
  - RCFA
  - Procedimiento FMECA – RPN
  - Valoración cualitativa del Riesgo
- Gestión y manejo de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento
  - Clasificación ABC
  - Costos
  - Nivel de servicio
  - Denominación Push o Pull
- Subcontratación
- Métodos de diagnóstico rápido y confiable en mantenimiento
  - Flash Audit
  - Método de diagnóstico Jerárquico Analítico de Componentes Principales - Eigen Vector
- Instrumentos avanzados específicos de orden técnico, en mantenimiento**
- Instrumentos avanzados técnicos específicos
  - Inspección visual, acústica y al tacto de componentes
  - Vigilancia de temperaturas
  - Control de la corrosión
  - Resistencia eléctrica
  - Lubricación, engrase y aceites
  - Monitoreo de causas y efectos eléctricos
  - Termografía infrarroja
  - Análisis de vibraciones
  - Ferrografía - Análisis de lubricantes - Análisis espectrométrico – Cromatografía
    - Líquidos penetrantes
    - Ensayo de pulverizado de partículas magnéticas
    - Ultrasonido
    - Ensayos y controles no destructivos
    - Control de ruido
    - Filtros magnéticos
    - Corrientes inducidas
- Técnicas de control y monitoreo de condición de estado
- NIVELES ESTRATÉGICO, TÁCTICO Y OPERACIONAL**
- Nivel Operativo**
  - Acciones correctivas
  - Acciones modificativas
  - Acciones preventivas
  - Acciones predictivas
- Nivel Táctico**
  - Implicaciones de las diferentes clases de tácticas de mantenimiento
    - TPM - Mantenimiento Productivo Total
    - RCM - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
    - Mantenimiento combinado TPM & RCM
    - Mantenimiento Proactivo
    - Táctica PMO – Planned Maintenance Optimisation
    - Decisiones conjuntas o múltiples sobre tácticas
    - Mantenimiento Reactivo
    - Mantenimiento orientado a resultados
    - Mantenimiento de clase mundial - World Class Maintenance – WCM
    - Mantenimiento Centrado en Habilidades y Competencias
    - Otras tácticas
- Nivel Estratégico - Costos e índices**
- Índices internacionales
- Costos
  - Costos fijos
  - Costos variables
  - Costos financieros
  - Costos de la no disponibilidad por fallas
- Indicadores
  - Indicadores para la alta dirección Estratégicos
  - Indicadores de orden Operativo
- Terotecnología – LCC
  - Costo de ciclo de vida (LCC) – Gestión de Activos

(Mora, 2014).

A continuación se clasifican cada una de las variables relevantes desarrolladas en los procesos como tópicos y temáticas relevantes de mantenimiento.

#### 4.3.2 Ubicación jerárquica de tópicos y temáticas seleccionadas

### Ilustración 43 - Clasificación jerárquica de los tópicos y de las temáticas de mantenimiento

	Tópico Relevante	Variable Número	Nivel Jerárquico	Sub-Nivel
<b>Nivel Estratégico</b>				
<b>ENFOQUES ACTUALES DE ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO Y DE PRODUCCIÓN</b>				
Enfoque hacia las acciones de mantenimiento, etapas I y II				
Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento, etapa III				
Enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, etapa IV				
Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento, etapa V				
Enfoque hacia la gestión de activos, etapa VI				
Activos y Pasivos				
De gestión de pasivos a gestión de activos				
Definiciones y significados				
<b>ENFOQUE SISTEMICO E INTEGRAL - CMD</b>				
<b>Sistema sistémico de mantenimiento</b>				
Unidad de Producción				
Unidad de Mantenimiento				
Sistema Integral de Mantenimiento				
Categorización del mantenimiento				
Cuerpo y Función de los equipos Efectos del espacio y del tiempo				
Niveles del mantenimiento				
Estructura, relaciones y elementos				
Relaciones				
Interacción - CMD				
Métodos de predicción CMD:				
<b>Disponibilidad</b>				
Modelo Universal para pronosticar CMD				
Diferentes Disponibilidades, de mayor uso empresarial				
<b>Confiabilidad - Mantenibilidad - CMD - Estimación de F(t) y M(t)</b>				
Confiabilidad - Fallas				
Probabilidad				
Desempeño satisfactorio				
Periodo				
Condiciones de operación				
Curva de Confiabilidad				
Ejemplo de cálculo y obtención de curva de confiabilidad				
Mantenibilidad - Reparaciones				
Curva de la balera o de Davies				
Curva de Mantenibilidad				
Estimación de No Confiabilidad - F(t) y de Mantenibilidad - M(t)				
Métodos de estimación y cálculo de la no confiabilidad y de la mantenibilidad				
Recomendaciones y mejores prácticas con los métodos de estimación de F(t) y M(t)				
<b>PARÁMETROS Y DISTRIBUCIONES - CMD</b>				
<b>Estimación de parámetros - Weibull - LogNormal y Normal</b>				
Método gráfico de papel de Weibull o Allen-Plait				
Fundamentos de la distribución Weibull				
Curvas características de Weibull				
Lectura de los parámetros $\eta$ y $\beta$ en el papel de Weibull				
<b>Uso del método de regresión lineal con mínimos cuadrados para alinear la función de probabilidad de fallas (de no confiabilidad) o de mantenibilidad, para obtener parámetro</b>				
Criterios de calidad de la alineación				
Ajuste				
Error típico o Variación o Error Estándar del Estimado				
Coefficiente de Determinación Muestral y Ajustado				
Coefficiente de Correlación				
<b>Transformaciones en Weibull, LogNormal y Normal para obtener parámetros por regresión</b>				
Distribución de Weibull				
Parámetros de vida útil y de reparaciones en Weibull				
Distribución Normal				
Parámetros de vida útil y de reparaciones en Normal				
Distribución LogNormal				
Parámetros de vida útil y de reparaciones en LogNormal				
Distribución Exponencial				
Distribución Gamma				
<b>Método de Máxima Verosimilitud - MLE</b>				
<b>Pruebas de Bondad de Ajuste - Goodness of Fit</b>				
<b>APLICACIÓN - CMD - ESTRATEGIAS Y ACCIONES</b>				
<b>Comportamiento futuro - Nuevos cálculos</b>				
<b>Estrategias y acciones derivadas del CMD - Análisis de confiabilidad - beta</b>				
Análisis de la confiabilidad influenciada por reparaciones futuras estimadas de corto plazo				
Análisis de la confiabilidad influenciada por los mantenimientos planeados futuros estimados de corto plazo				
Análisis de la función de mantenibilidad influenciada por las reparaciones TTR estimadas en el corto plazo				
Análisis de la mantenibilidad influenciada por las tareas proactivas planeadas estimadas en el corto plazo				
Recomendaciones estratégicas de acciones y táctica para el ejercicio integral de A <sub>2</sub>				
<b>Análisis histórico, presente y futuro cercano de parámetros del ejercicio integral</b>				
Estrategias y acciones futuras				
Pronósticos de indicadores CMD de corto plazo				
Pronósticos con Series Temporales				
<b>Diferentes niveles de cálculo para el CMD - Fases</b>				
Distribución Hastings de dos fases				
Distribución Weibull de tres fases				

	Tópico Relevante	Variable Número	Nivel Jerárquico	Sub-Nivel
<b>NIVEL INSTRUMENTAL</b>				
<b>Fundamentos del Nivel Instrumental</b>				
<b>Instrumentos básicos - Factores productivos de mantenimiento - Nivel Instrumental</b>				
Sistema de información	Sistemas de Información CMMS	5	Instrumental	Instrumentos Básicos
Herramientas, Repuestos e Insumos				
Capital de Trabajo - Espacio Físico - Tecnología - Maquinaria - Recursos Naturales - Poder de				
<b>Negociación - Recursos Humanos Carga Laboral - Planeación - Recursos Humanos - Talento</b>				
Mantenimiento: función de producción	RRHH Recursos Humanos	3	Instrumental	Instrumentos Básicos
Función macroeconómica de la producción	Planeación de Mantenimiento	8	Instrumental	Instrumentos Básicos
Cantidad de servicios (o de productos), Servicios Promedio y Productividad	Programación de Mantenimiento	17	Instrumental	Instrumentos Básicos
¿Cuál es la cantidad óptima a usar en un Factor Productivo?				
Parámetros de manejo cuando se utiliza más de un Factor Productivo				
Factores productivos modernos (para mantenimiento y producción)				
<b>Términos de medidas básicas del nivel Instrumental de mantenimiento</b>				
<b>Instrumentos avanzados genéricos de mantenimiento - Nivel Instrumental</b>				
TQC				
TQM	Cinco 5 S	11	Instrumental	Instrumentos Genéricos
S				
Mejoramiento continuo				
Herramientas estadísticas	Six Sigma	4	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Diagnóstico, control y rediseño de procesos de mantenimiento y producción				
Obtención y manejo de los datos				
Análisis y diagramas de Pareto				
Diagramas causa-efecto				
Histogramas				
Distribuciones	Técnicas estadísticas	24	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Diagramas de dispersión, correlación y regresión lineal	Estadística - Análisis estadístico de información	35	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Gráficas de control				
Tamaño muestral de la población para medias - Números aleatorios				
Otras herramientas estadísticas				
<b>Instrumentos avanzados específicos de mantenimiento - Nivel Instrumental</b>				
Análisis de Fallas - FMECA, RCA y RPN	FMECA Análisis de Fallas	10	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Genérico
Metodología Análisis de Fallas				
RCA				
Procedimiento FMECA - RPN				
Valoración cualitativa del Riesgo				
<b>Gestión y manejo de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento</b>				
Clasificación ABC	Inventarios	1	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Genérico
Costos				
Nivel de servicio				
Denominación Push o Pull				
Subcontratación				
<b>Métodos de diagnóstico rápido y confiable en mantenimiento</b>				
Flash Audit				
Método de diagnóstico Jerárquico-Analítico de Componentes Principales - Elige Vector				
<b>Instrumentos avanzados específicos de orden técnico, en mantenimiento</b>				
<b>Instrumentos avanzados técnicos específicos</b>				
Inspección visual, acústica y al tacto de componentes	Metrología Dimensional	28	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Vigilancia de temperaturas	Uso de Técnicas Predictivas	9	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Control de la corrosión	Ensayos no destructivos	26	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Resistencia eléctrica	Automatización	23	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Lubricación, engrase y aceites	Termografía	2	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Monitores de causas y efectos eléctricos	Tribología - Corrosión	13	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Termografía infrarroja	Neumática	33	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Análisis de vibraciones	Análisis de Vibraciones	22	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Ferografía - Análisis de lubricantes - Análisis espectrométrico - Cromatografía	Lubricación - Sintéticos	12	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Líquidos penetrantes	Diseño Mecánico en Mantenimiento	18	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Ensayo de pulverizado de partículas magnéticas	Diseño Industrial en Mantenimiento	14	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Ultrasonido	Energías Alternativas	15	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Ensayos y controles no destructivos	Nuevos Materiales - Materiales	30	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Control de ruido	Gestión de Proyectos	20	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Filtros magnéticos				
Corrientes inducidas				
<b>Técnicas de control y monitoreo de condición de estado</b>				
<b>NIVELES ESTRATÉGICO, TÁCTICO Y OPERACIONAL</b>				
<b>Nivel Operativo</b>				
Acciones correctivas				
Acciones modificativas				
Acciones preventivas	Preventivo	6	Operacional	Operacional
Acciones predictivas	Predictivo	19	Operacional	Operacional
<b>Nivel Táctico</b>				
<b>Implicaciones de las diferentes clases de tácticas de mantenimiento</b>				
TPM - Mantenimiento Productivo Total	TPM - Integración Mantenimiento Producción	31	Táctico	Táctico
RCM - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	16	Táctico	Táctico
Mantenimiento combinado TPM & RCM				
Mantenimiento Proactivo				
Táctica PMO - Planned Maintenance Optimisation				
Decisiones conjuntas o múltiples sobre tácticas				
Mantenimiento Reactivo				
Mantenimiento orientado a resultados				
Mantenimiento de clase mundial - World Class Maintenance - WCM				
Mantenimiento Centrado en Habilidades y Competencias				
Otras tácticas				
<b>Nivel Estratégico - Costos e Índices</b>				
Índices Internacionales	Índices Medidas Indicadores	27	Estratégico	Estratégico
Costos	Pronósticos en RCM y en otras áreas	25	Estratégico	Estratégico
Costos fijos	Costos de Mantenimiento	29	Estratégico	Estratégico
Costos variables	Costos - Beneficios - Finanzas	32	Estratégico	Estratégico
Costos financieros	Gerencias efectivas de Mantenimiento	34	Estratégico	Estratégico
Costos de la no disponibilidad por fallas				
Indicadores				
Indicadores para la alta dirección Estratégicos				
Indicadores de orden Operativo				
Terrotecnología - LCC	Gestión de Activos ISO 55000	21	Estratégico	Estratégico
Costo de ciclo de vida (LCC) - Gestión de Activos				

Quedan entonces estructuralmente ubicadas todas las variables de tópicos y temáticas acorde a la estructura nominal y científica del mantenimiento.

**Ilustración 44 - Clasificación jerárquica de tópicos y temáticas seleccionadas**

Tópico Relevante	Variable Número	Nivel Jerárquico	Sub-Nivel
Inventarios	1	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Genéricos
Termografía	2	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
RRHH Recursos Humanos	3	Instrumental	Instrumentos Básicos
Six Sigma	4	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Sistemas de Información CMMS	5	Instrumental	Instrumentos Básicos
Preventivo	6	Operacional	Operacional
Planeación de Mantenimiento	8	Instrumental	Instrumentos Básicos
Uso de Técnicas Predictivas	9	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
FMECA Análisis de Fallas	10	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Genéricos
Cinco 5 S	11	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Lubricación - Sintéticos	12	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Tribología - Corrosión	13	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Diseño Industrial en Mantenimiento	14	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Energías Alternativas	15	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	16	Táctico	Táctico
Programación de Mantenimiento	17	Instrumental	Instrumentos Básicos
Diseño Mecánico en Mantenimiento	18	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Predictivo	19	Operacional	Operacional
Gestión de Proyectos	20	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Gestión de Activos ISO 55000	21	Estratégico	Estratégico
Análisis de Vibraciones	22	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Automatización	23	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Técnicas estadísticas	24	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Pronósticos en RCM y en otras áreas	25	Estratégico	Estratégico
Ensayos no destructivos	26	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Indices Medidas Indicadores	27	Estratégico	Estratégico
Metrología Dimensional	28	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Costos de Mantenimiento	29	Estratégico	Estratégico
Nuevos Materiales - Materiales	30	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
TPM - Integración Mantenimiento Producción	31	Táctico	Táctico
Costos - Beneficios - Finanzas	32	Estratégico	Estratégico
Neumática	33	<i>Instrumental</i>	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Gerencias efectivas de Mantenimiento	34	Estratégico	Estratégico
Estadística - Análisis estadístico de información	35	Instrumental	Instrumentos Genéricos

### 4.3.3 Jerarquización estratégica de variables temáticas

La presentación ordenada en términos de sistematización de mantenimiento, es importante y aportante al sistema.

**Ilustración 45 - Clasificación estratégica de tópicos y temáticas**

Tópico Relevante	Variable Número	Nivel Jerárquico	Sub-Nivel
RRHH Recursos Humanos	3	Instrumental	Instrumentos Básicos
Sistemas de Información CMMS	5	Instrumental	Instrumentos Básicos
Planeación de Mantenimiento	8	Instrumental	Instrumentos Básicos
Programación de Mantenimiento	17	Instrumental	Instrumentos Básicos
Six Sigma	4	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Cinco 5S	11	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Técnicas estadísticas	24	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Estadística - Análisis estadístico de información	35	Instrumental	Instrumentos Genéricos
<b>Inventarios</b>	1	Instrumental	<b>Instrumentos Avanzados Específicos Genéricos</b>
<b>FMECA Análisis de Fallas</b>	10	Instrumental	<b>Instrumentos Avanzados Específicos Genéricos</b>
Termografía	2	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Uso de Técnicas Predictivas	9	Instrumental	<b>Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos</b>
Lubricación - Sintéticos	12	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Tribología - Corrosión	13	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Diseño Industrial en Mantenimiento	14	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Energías Alternativas	15	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Diseño Mecánico en Mantenimiento	18	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Gestión de Proyectos	20	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
<b>Análisis de Vibraciones</b>	22	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Automatización	23	Instrumental	<b>Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos</b>
Ensayos no destructivos	26	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Metrología Dimensional	28	Instrumental	<b>Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos</b>
Nuevos Materiales - Materiales	30	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Neumática	33	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
<b>Preventivo</b>	6	Operacional	<b>Operacional</b>
Predictivo	19	Operacional	Operacional
<b>RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad</b>	16	Táctico	<b>Táctico</b>
TPM - Integración Mantenimiento Producción	31	Táctico	<b>Táctico</b>
Gestión de Activos ISO 55000	21	Estratégico	Estratégico
Pronósticos en RCM y en otras áreas	25	Estratégico	Estratégico
Índices Medidas Indicadores	27	Estratégico	Estratégico
Costos de Mantenimiento	29	Estratégico	Estratégico
Costos - Beneficios - Finanzas	32	Estratégico	Estratégico
Gerencias efectivas de Mantenimiento	34	Estratégico	Estratégico

#### 4.4 CONCLUSION DE CAPITULO 4

El capítulo cuatro final, aporta con demasía y suficiencia los criterios claves de éxito para organizar la fundamentación, conceptualización y aplicación en el sector de educación superior en mantenimiento.

### 5 CAPITULO 5 - CONCLUSIONES

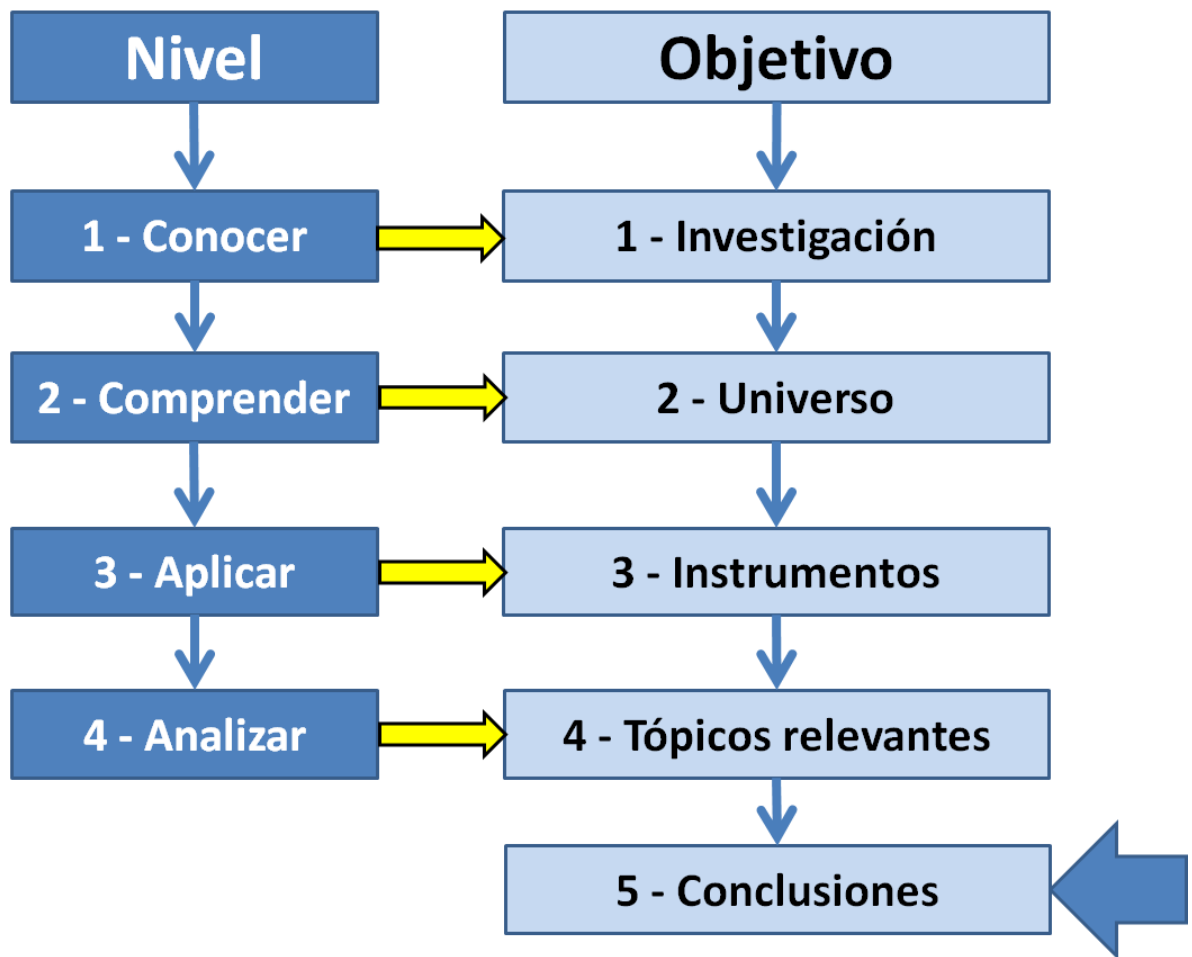
#### 5.1 OBJETIVO 5

Presentar los principales resultados

#### 5.2 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO 5

Plantear los principales argumentos de apoyo que se obtienen de los conceptos técnico-científicos que se aplican al través del proyecto, además de los resultados técnicos propios del tema de mantenimiento en el sector eléctrico regional y nacional de ambos países, es la función natural de este capítulo.

**Ilustración 46 - Avance en el capítulo 5**



**Ilustración 47 - Impactos de variables en los cuatro niveles de mantenimiento**

Tópico Relevante	Variable Número	Nivel Jerárquico	Sub-Nivel
RRHH Recursos Humanos	3	Instrumental	Instrumentos Básicos
Sistemas de Información CMM5	5	Instrumental	Instrumentos Básicos
Planeación de Mantenimiento	8	Instrumental	Instrumentos Básicos
Programación de Mantenimiento	17	Instrumental	Instrumentos Básicos
Six Sigma	4	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Cinco 5 S	11	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Técnicas estadísticas	24	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Estadística - Análisis estadístico de información	35	Instrumental	Instrumentos Genéricos
Inventarios	1	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Genéricos
FMECA Análisis de Fallas	10	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Genéricos
Termografía	2	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Uso de Técnicas Predictivas	9	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Lubricación - Sintéticos	12	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Tribología - Corrosión	13	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Diseño Industrial en Mantenimiento	14	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Energías Alternativas	15	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Diseño Mecánico en Mantenimiento	18	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Gestión de Proyectos	20	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Análisis de Vibraciones	22	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Automatización	23	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Ensayos no destructivos	26	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Metrología Dimensional	28	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Nuevos Materiales - Materiales	30	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Neumática	33	Instrumental	Instrumentos Avanzados Específicos Técnicos
Preventivo	6	Operacional	Operacional
Predictivo	19	Operacional	Operacional
RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	16	Táctico	Táctico
TPM - Integración Mantenimiento Producción	31	Táctico	Táctico
Gestión de Activos ISO 55000	21	Estratégico	Estratégico
Pronósticos en RCM y en otras áreas	25	Estratégico	Estratégico
Indíces Medidas Indicadores	27	Estratégico	Estratégico
Costos de Mantenimiento	29	Estratégico	Estratégico
Costos - Beneficios - Finanzas	32	Estratégico	Estratégico
Gerencias efectivas de Mantenimiento	34	Estratégico	Estratégico

### 5.3 CONCLUSIONES

Los resultados de tópicos y temáticas se enmarcan en diferentes conceptualizaciones de aplicaciones de la educación superior en temas de mantenimiento.

Las decisiones alrededor de las temáticas a seleccionar y escoger para los distintos planes serán diferentes en cada caso por regiones, por expectativas y por áreas de interés por la demanda.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

- ¿Strategic Sourcing: to make or no to make?* Venkatesan, Ravi. 1992. [ed.] Harvard Business Review. 92610, Boston - Massachusetts - Estados Unidos : Harvard Business Review, 1 de Noviembre de 1992, Harvard Business Review, Vol. 59, pág. 14 a 28. ISSN: 1698-5117 .
- AMA, American Marketing Association. 2014.** AMA. *American Marketing Association*. [En línea] Libre, 15 de 01 de 2014. [Citado el: 16 de 01 de 2014.] <https://www.ama.org/Pages/default.aspx>.
- AMEF@. 2005.** Análisis de Fallas. *GestiPolis*. [En línea] Libre, 2005. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/amef.htm>.
- Árbonas, Eduardo A. - Malinasi. 1999.** *Logística Empresarial*. Barcelona : Alfaomecga Marcombo - Boxierau Editores, 1999. pág. 5 a 24. 970-682127-7.
- Ávila, Rubén - Espinosa. 1992.** *Fundamentos del mantenimiento - Guías Económicas, Técnicas y Administrativas* . Primera reimpresión. Cd. de México : Limusa Grupo Noriega Editores PRIMERA REIMPRESIÓN, 1992. ISBN 968-18-2528-4.
- Babylon@. 2008.** Dictionary of Information at your fingertips. *Baylon - Diccionario, se debe instalar en el ordenador que se use*. [En línea] 2008. [Citado el: 16 de Noviembre de 2008.] <http://www.babylon.com/affiliates/landing/download.php?id=CD5253&camp=275&lang=spa>. <http://www.babylon.com>.
- Ballou, Ronald H. 2004.** *Administración de la cadena de suministro - Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz*. México DF : Editorial Pearson Educación, 2004. págs. 1-32. ISBN: 970-26-0540-7.
- Barringer@, H. Paul. 2005.** Availability, Reliability, Maintainability, and Capability. *Availability, Reliability, Maintainability, and Capability*. [En línea] 2005. [Citado el: 11 de Noviembre de 2008.] <http://www.barringer1.com/lcc.htm>.
- Benítez, Luis Eduardo - Hernández. 2007.** Opiniones y conceptos especiales sobre mantenimiento avanzado. [entrev.] Autor Luis Alberto Mora Gutiérrez. *IPEMAN - Perú - Director del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad nacional de Colombia, en Bogotá*. Entrevista en Congreso de Mantenimiento en Lima Perú - IPEMAN, Lima : Personal - IPEMAN, 20 de Julio de 2007. Email lbenitez@unal.edu.co.
- Boyd, Harper W., Westfall, Ralph y Stasch, Stanley F. 1981.** *Marketing Research - Text and cases*. Quinta. Homewood : s.n., 1981. pág. 832. ISBN-13: 978-0256068139.
- Cabrejos, Belisario - Doig. 1989.** *Investigación de Mercado*. [ed.] EAFIT. Segunda. Medellín : Centro de Publicaciones de EAFIT, 1989. pág. 480.
- CPFR@. 2008.** Wikipedia. *CPFR - Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment*. [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 21 de Octubre de 2008.] <http://en.wikipedia.org/wiki/CPFR>.
- Cravens, David W., Hills, Gerald E. y Woodruff, Robert B. 1993.** *Administración de la Mercadotecnia*. Primera. México : CECSA, 1993. pág. 867. ISBN 968-2611431.
- CUIO-88-OIT, Darnell, H y Smith, M. 1991.** *Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones - Descrita por la OIT Oficina Internacional del Trabajo - Management aspects of Terotechnology - Conference of British Steel*. Suiza, London : s.n., 1991. ISBN: 92-2-306438-4.
- D.G.S. Maintenance Internacional - Presidente de la Asociación Belga de Mantenimiento – Trends in Maintenance Management in Europe - Artículo Ponencia - Simposio Internacional de Ingeniería de Fábricas. De Groote, Patrick. 1994.* Medellín - Colombia : Universidad EAFIT - Medellín Colombia, 1994. Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Mantenimiento. Email [patrick.degroote@be.vitalo.net](mailto:patrick.degroote@be.vitalo.net) Cell: +32(0)495 77.77.76 Phone: +32(0)51 48.00.11.
- DANE. 2013 - Octubre.** *Informe de PIB - Cód.: DIE-020-PD-01-r5\_V.2 Fecha: 16-10-2013 Pág. 1*. Cundinamarca. Bogotá : DANE Colombia, 2013 - Octubre. Cuentas Departamentales 2012 2013 . Página web Link [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B\\_2005/Bol\\_Resultados\\_2012prel.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B_2005/Bol_Resultados_2012prel.pdf) Cód.: DIE-020-PD-01-r5\_V.2 Fecha: 16-10-2013 .
- DANECOL@. 2012.** Departamento Administrativo Nacional de Estadística Colombia. *Producto Interno Bruto Colombia DANE*. [En línea] Simple, 2012. [Citado el: 6 de 6 de 2013.] <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/propertyvalue-40075.html>.

- De Miguel, Fernández Enrique** -- **Servicio de Publicaciones d. 1990.** *ntroducción a la Gestión "Management" - Volumen I y II Departamento de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad – E.T.S.I. Industriales.* [ed.] Universidad Politécnica de Valencia. Valencia : Servicio de Publicaciones de la UPV, 1990. pág. 897. Vol. I y II, Volumen I y II Departamento de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad – E.T.S.I. Industriales. ISBN: 84-7721-127-2.
- Diagnetics@. 1998..** What is Proactive Maintenance? [En línea] 1998. <http://www.maintenancesources.com/ReferenceLibrary/OilAnalysis/oa-what.htm>.
- Díaz, Matalobos - Ángel. 1992.** *Confiabilidad en mantenimiento.* Caracas : Ediciones IESA, C.A., 1992. pág. 110. ISBN: 980-271-068-2.
- Dounce, Enrique - Villanueva. 1998.** *La Productividad en el Mantenimiento Industrial.* Segunda. Cd. de México : Compañía Editorial Continental, SA de CV., 1998. pág. 350. ISBN 968-26-1089-3.
- Duffuaa, S.O y Ben-Daya, S. 1995.** *Maintenance and quality: the mission link – Journal of Quality in Maintenance Engineering.* West Yorkshire : s.n., 1995. págs. 17 -18. Vol. Volumen I. ISSN: 1355-2511.
- Ebeling, Charles E. 2005.** *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.* [ed.] Inc. Waveland Press. New York City : McGraw-Hill Science - Engineering - Math, 2005. pág. 576. ISBN: 1577663861.
- EgresadosIng@. 2013.** Perfil Nacional de Graduados de Ingeniería. *Observatorio Laboral Colombia.* [En línea] Simple, 06 de 12 de 2013. [Citado el: 24 de 01 de 2014.] <http://www.graduadoscolombia.edu.co:8380/eportal/web/observatorio-laboral/>.
- Ellis@, Herman. 1999.** Principles of the Transformation of the Maintenance Function to World-Class Standards of Performance. [En línea] 1999. <http://www.maintenancesources.com/ReferenceLibrary/ezine/principles.htm>.
- ESReDa. 2001.** *ESReDa Handook on Maintenance management.* [ed.] Reliability & Data ESReDa - European Safety. Primera de 2001. Hevik - Norway : DET NORSKE VERITAS - ESReDa, 2001. pág. 255. Vol. Uno, Idioma Español. ISBN: 82-515-02705.
- Estadística aplicada a los Sistemas & Confiabilidad en los Sistemas.* **Forcadas, Jorge - Feliu. 1983.** 4, Medellín : Revista SAI - Revista SAI Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos – En: Revista SAI. No.4 Vol.1 – Medellín – Colombia - 1983, 1983, Vol. 1, pág. 41.
- González, Francisco Javier - Fernández. 2004.** *Auditoría del manetenimiento e indicadores de gestión.* [ed.] S.A. ARTEGRAF. Primera. Madrid : Fundación CONFEMETAL, 2004. pág. 260. ISBN: 84-96169-36-7.
- Herramientas para la estimación de la demanda futura de repuestos de mantenimiento tipo Pull.* **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2012a.** [ed.] UPADI - Unión Panamericana de Ingeniería. La Habana - Cuba : UPADI, 2012a. XXIII Convención Panamericana de Ingeniería. pág. 7. Ponencia escrita y sustentada en Congreso.
- Hiatt, Bruce. 2000.** A 13 Step Program in Establishing a World Class Maintenance Organization -. *Best Practices Maintenance USA.* [En línea] 2000. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] Email: [bhiatt@anesta.com](mailto:bhiatt@anesta.com), [bhiatt4419@aol.com](mailto:bhiatt4419@aol.com). <http://www.tpmonline.com/articles/management/13steps.htm>.
- Hronec, Steven M. 1995.** *Signos Vitales - El empleo de las medidas del rendimiento, de la calidad, el tiempo y el coste para proyectar el futuro de la empresa – Arthur Andersen -.* [ed.] S.A. Edigrafos. Madrid : McGraw Hill & Interamericana de España, S.A., 1995. pág. 300. ISBN: 0-8144-5073-3.
- Husband, M. 1976.** - *Maintenance Management and Terotechnology.* s.l.: Ashgate Publishing, Limited -, 1976. ISBN: 0566001462.
- Husband, Tom M. 1976.** *Maintenance Management and Terotechnology.* [ed.] Saxon House. New York : Ashgate Publishing, Limited -, 1976. ISBN 0566-00146-2.
- Idhammar, Christer. 1997a.** *Maintenance management: moving from reactive to results-oriented – Journal Review Pima's Papermaker.* Julio. 1997a. C. Idhammar es el Presidente de IDCON, Raleigh, NC. ISBN: 02018-00038 –.
- . **1997b.** *Results Oriented MaintenanceTM Management Book.* 1997b.
- Idhammar@, Torbjorn. 1999.** - A New Preventive Maintenance Implementation and Training Concept -. [En línea] Libre, 1999. [Citado el: 20 de Octubre de 2000.] [http://maintenanceworld.com/Articles/reliability\\_jump\\_start.htm](http://maintenanceworld.com/Articles/reliability_jump_start.htm).
- INVENTARIOS CERO - MTS MTO MTF.* **Mora, Alberto - Gutiérrez, Amaya Cataño, Jorge Alberto y Giraldo Gil, Jorge. 2013.** Lima : IPEMAN, 2013. Congreso Internacional IPEMAN XII.

- Kaplan, Robert S. y Norton, David P. 1997.** *El cuadro de mando integral – Edición Especial KPGM Latinoamérica –*. Primera Edición. Barcelona : Ediciones Gestión 2000, S.A, 1997. pág. 322. ISBN 84-8088-175-5.
- Kelly, Anthony y Harris, M. J. 1998.** *Gestión del Mantenimiento Industrial*. [ed.] S.A. Gráficas Mar-Car. Madrid : Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar – Traducido por Gerardo Álvarez Cuervo y equipo de trabajo, 1998. pág. 218. ISBN: 84-923506-0-1 – T.
- Khoudour-Castéras, David. 2013.** Ideas Económicas y empleo. *IDEAS*. [En línea] Simple, 6 de 6 de 2013. [Citado el: 6 de 6 de 2013.] RePEc Short-ID: pkh104 - Dirección Postal: 2 rue Andre Pascal, 75775 Paris Cedex 16. <http://ideas.repec.org/e/pkh104.html>.
- Kiyosaki, Robert T y Lechter, Sharon L. 2000.** *Padre rico, padre pobre*. [ed.] Inc. Gold Press. Buenos Aires : Time & Monkey Network Editions, 2000. pág. 220. ISBN 987-97024-5-X ó 0-943856-1-9.
- Kollat, Blackwell - Engell -. 2015.** Teoría sicologica del comprador. s.l. : PREZI, 28 de 7 de 2015. Link <https://prezi.com/zpki74heihj1/teoria-sociologica-y-el-modelo-de-engels-blackwell-kollat/>.
- Kotler, Philip y Keller, Kevin Lane. 2006.** *Dirección de Marketing*. [ed.] Pearson. Doce. México : Pearson Educación, 2006. pág. 816. ISBN 9702607639.
- Laboral, OL@ - Observatorio. 2013.** Obesrvatorio laboral Colombia. [En línea] Simple, 06 de 12 de 2013. [Citado el: 24 de 01 de 2014.] <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/w3-article-195065.html>.
- Latino, Robert. 1999b.** Applied Industrial Training Pays-off. *Maintenance Technology*. [En línea] Libre, Junio de 1999b. [Citado el: 15 de Octubre de 2008.] <http://www.reliability.com/article25.htm>.
- Latino@, Robert. 1999a.** The failure dilemma. *Reliability Center, Inc.* [En línea] Libre, Agosto de 1999a. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] <http://www.reliability.com/article18.htm> or <http://www.maintenancesources.com/referencelibrary/failureanalysis/dilemma.htm>.
- Lineamientos académicos para la definición de perfiles profesionales.* **Guédez, Víctor. 1980.** [ed.] OEA Orgabnización de los Estados Americanos. 10, Caracas : Ministerio de Educación de Venezuela, 1980, Curriculum, Vol. 5.
- Management aspects of Terotechnology – Conference de la British Steel Corporation.* **Darnell, H y Smith, M. 1975.** [ed.] British Steel Corporation. London - England : s.n., 1975. Vol. Número 185.
- Mantenimiento Proactivo de sistemas mecánicos lubricados - Oiltech Analysis S.L.* **Oiltech. 1995.** 208 y 209, Madrid : s.n., 1995, Fluidos, olehidráulica, neumática y automación, Vol. 24, págs. 361-362. ISSN 0211-1136.
- Mather, Daryl. 2005.** *The Maintenance Scorecard - Creating Strategic Advantage*. [ed.] John Carleo. New York : Industrial Press, Inc., 2005. pág. 257.
- McDaniel, Carl Jr. y Gates, Roger. 2011.** *Marketing Research*. [trad.] ISBN-10: 1118074610. Novena. Arlington : Willey, 2011. Department of Marketing at University of Texas, Arlington. . ISBN-13: 978-1118074619 ISBN-10: 1118074610.
- MENCAT@. 2011.** Ministerio de Educación Nacional Colombia. *Areas técnicas de empleo por conocimiento 2001 a 2010*. [En línea] Simple, 2011. [Citado el: 6 de 6 de 2013.] <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/article-195063.html>.
- MENOL@. 2011.** Observatorio Laboratorio del Misniterio de Educación Nacional Colombia. *Graduados unversitarios*. [En línea] 2011. [Citado el: 06 de 06 de 2013.] <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/article-195062.html>.
- Moore@, Clive. 2001.** Maintability, Another Maintenance Improvement Opportunity [ revisado Agosto de 2001 por toro y otro]. *TPM ON LINE*. [En línea] 2001. [http://www.tpmonline.com/articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/reliability/maintainability.htm](http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/reliability/maintainability.htm).
- Mora, Alberto - G. 2012.** Mercadeo de base tecnológica. Medellín, Colombia : s.n., 2012. Propiedad de Notas Clase de Alberto Mora G. - Email cimro@usa.com Celular 312 2874586 Colombia.
- Mora, Alberto - Gutiérrez. 1990c.** ¿...Será factible medir la gestión gerencial del mantenimiento...? – *Universidad EAFIT – Revista Universidad EAFIT Escuela de Administración y Finanzas y Tecnologías*. [ed.] EAFIT. Medellín : Universidad EAFIT, 1990c. págs. 45 - 65. ISSN: 0120-341X.
- . 1998. *¿Cómo dimensionar el futuro de una empresa de servicios de mantenimiento? – ACIEM – Revista ACIEM Asociación Colombiana de Ingenieros Electricistas, Mecánicos, Electrónicos y Afines*. Bogotá : s.n., 1998. págs. 40 - 43. Vol. Número 09.

- . **2014.** Experiencias Empresas: ECOPETROL, MASA, HACEB, Eduardoño, CNEL Ecuador, Laumayer, Colombia, Restrepo y Cía Colombia, Equipos y Controles Industriales Colombia, Industria Colchones SPRING Colombia, CICE Ecuador, Solla Colombia, Transelca Colombia, OXY,. *Inventarios reales*. Medellín - Empresa, Varios Países, América latina : s.n., 5 de 10 de 2014. Otras empresas experiencia de Inventarios: Nestlé, Parmalat, PepsiCola, Empresa Energía de Bogotá, Cooperativa de Hospitales de Antioquia, Equipos y Controles Industriales ECI; Seminarios y Simulaciones ECOPETROL, Transelca, Pacific Rubiales, EPM, etc..
- . **2011.** *Mantenimiento - Planeación, Ejecución y Control*. Bogotá: AlfaOmega editores Internacional, 2011. pág. 678. Sexta Edición. ISBN 978-958-682-769-0.
- . **2007b.** *Mantenimiento Estratégico Empresarial*. Primera. Medellín : Fondo Editorial FONEFIT, 2007b. pág. 345. ISBN 978-958-8281-46-9.
- . **2007a.** *Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios*. Segunda. Envigado : AMG, 2007a. pág. 306. ISBN 978-958-3382185.
- . **2007.** *Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios*. Segunda. Envigado : AMG, 2007. pág. 306. ISBN 978-958-3382185.
- . **2014.** *Mantenimiento Industrial Efectivo*. Tercera. Medellín : COLDI Limitada, 2014. pág. 348. ISBN 978-958-98902-0-2.
- . **1990.** *Modelo sistematizado de gerencia y administración del mantenimiento industrial - Tesis Investigación para optar al título de Magister en Administración*. Medellín : s.n., 1990. pág. 254. Tesis de Magister de Administración de Empresas . Universidad EAFIT Colombia.
- . **2012.** *Pronósticos de Demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos*. [ed.] Alberto Mora Gutiérrez. Tercera. Medellín : AMG, 2012. pág. 306. Vol. Uno. ISBN 978-958-44-0233-2.
- . **2012.** *Pronósticos de Demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos*. [ed.] Alberto Mora Gutiérrez. Tercera. Medellín : AMG, 2012. pág. 306. Vol. Uno. ISBN 978-958-44-0233-2.
- . **1999.** *Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas*. Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia : s.n., 1999. Tesis de doctorado - Ph.D. en Ingeniería Industrial Cum Laude.
- . **1999.** *Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas*. Valencia : Escuela de Ingenieros Industriales U.P.V., 1999. pág. 370.
- . **2014.** *Stock Cero*. [ed.] CIMPRO SAS. Primera. Medellín : CIMPRO SAS, 2014. pág. 255. ISBN 978-958-583-61-0-5.
- . **2013.** Tópicos de Ingeniería de Fábricas. *Especialización en Mantenimiento Industrial*. Medellín - Universidad EAFIT, 14 de 09 de 2013. Email Luis Alberto Mora cimpro@usa.com lmora@afit.edu.co .
- Mora, Alberto - Gutiérrez, Pérez, Anastasi - Peral y Ortiz, Germán - Plata. 2003.** *Indicadores de Gestión y Operación del Mantenimiento?\_ ¡No!... ¡Gestar y Operar el Mantenimiento a partir de Indicadores Futuros!– Revista de la Comisión de Integración Energética Regional Americana*. Montevideo – Uruguay : CIER – Sin fronteras para la energía, 2003. ISSN: 0379-850X.
- Mora, Gutiérrez, Luis Alberto. 2009.** Capitulo 3.3 Niveles de mantenimiento. *Mantenimiento Planeación, ejecución y control*. Primera. México D.F. : Alfaomega, 2009, Capitulo 3.3, pág. Pag 56.
- Mora, Luis-Gutiérrez. 2009.** *Mantenimiento Planeación, ejecución y control*. Ciudad de México : Alfaomega, 2009. pág. 528. ISBN: 978-958-682-769-0.
- Moubray, John Mitchell. 2004.** *RCM Reliability Centered Maintenance - Industrial Press Inc*. [ed.] Guilford and Rob Lockhart Biddles Limited. [trad.] Sueiro y Asociados - Argentina Ellman. Primera en castellano. Leicestershire : Aladon Limited, 2004. pág. 433. ISBN 09539603-2-3.
- Moubray@. 2001.** John. About RCM. *Aladon inglaterra*. [En línea] Libre, 2001. [Citado el: 19 de Diciembre de 2008.] <http://www.aladon.co.uk/02rcm.htm>.
- Muñoz, Jorge Patricio - Vizñay. 2014.** La reestructuración del modelo eléctrico ecuatoriano. *Monografias.com*. [En línea] 03 de 10 de 2014. [Citado el: 01 de 10 de 2014.] Más en Link <http://www.monografias.com/trabajos82/reestructuracion-del-modelo->

electrico-ecuadoriano/reestructuracion-del-modelo-electrico-ecuadoriano2.shtml#ixzz3HFYEDJyT.

<http://www.monografias.com/trabajos82/reestructuracion-del-modelo-electrico-ecuadoriano/reestructuracion-del-modelo-electrico-ecuadoriano2.shtml>.

**Nachlas, Joel. 1995.** *Fiabilidad*. Madrid : ISDEFE, 1995. ISBN: 84-89338-07-8.

**Navarro, Luis - Elola, Pastor, Ana Clara - Tejedor y Mugaburu, Jaime Miguel - Lacabrera. 1997.** *Gestión integral de mantenimiento*. [ed.] Marcombo Boixareu Editores. Barcelona : Marcombo Boixareu Editores, 1997. pág. 112. ISBN 84-267-1121-9.

**OECD@. 2013.** OECD Mundial. *International Organisation Helping governments tackle the economic, social and governance challenges of a globalised economy*. [En línea] 6 de 6 de 2013. [Citado el: 6 de 6 de 2013.] <http://www.oecd.org/>.

**OIT, CIUO - 88 -. 1991.** *Clasificación Internacional de Ocupaciones*. Ginebra : OIT, 1991.

**OIT-CIUO88. 1988.** *CIUO - Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones*. Ginebra : s.n., 1988.

**Patton, Joseph D. Jr. 1995.** *Preventive Maintenance –The International Society for Measurement and Control - Instrument Society of America*. 1995. Vol. Second Edition. ISBN 1-55617-533-7.

**Pirret@, Richard. 1999.** Proactive calibration helps drive productivity higher - I&CS. Tel: 425-356-5277 -. *Chemical Online - What's new in Process Calibration?* [En línea] 2 de Agosto de 1999. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] Fluke Corp., POB 9090, Everett, WA 98206. <http://www.chemicalonline.com/article.mvc/Whats-new-in-Process-Calibration-0001?VNETCOOKIE=NO>.

*Programa de diseño curricular. Ingeniería, ACOFI - Asociación Colombiana de facultades de. 1984.* 1984. Taller de Programas de Ingeniería Mecánica.

*Pronósticos de demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos. Mora, Alberto - Gutiérrez. 2007c.* [ed.] Ultragráficas Ediciones. Medellín : AMG, Diciembre de 2007c. ISBN: 978-958-44-0233-2 .

*RCM and TPM complementary rather than conflicting techniques. Geraghty, Tony. 1996.* USA : s.n., Junio de 1996, Journal, Vol. 63. ISSN 0141-8602.

**RCMScorecard@. 2005.** Reliability Centered Maintenance (RCM) Scorecard. *RCM Scorecard*. [En línea] Libre, 9 de Marzo de 2005. <http://www.maintenance-news.com/cgi-script/CSUplod/CSUplod.cgi?database=Reliability%20Centered%20Maintenance%20Managers%20Forum%20Downloads.db&command=viewupload&id=1>.

**Rey de Astaiza, Nelsa Beatriz. 1986.** *Diseño de currículos universitarios*. Bogotá : A.C.O.F.I., 1986. págs. 73-76.

**Rey, Sacristán Francisco. 1996.** *Hacia la excelencia en Mantenimiento*. [ed.] S.L. Tgp Hoshin. Madrid : Tgp Hoshin, S.L., 1996. pág. 411. ISBN 84-87022-21-9.

**Roberts@, Jack. 2008.** TPM Total Productive History and Basic Implementation. *TPM ON LINE*. [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] [www.tpmonline.com/article/tpm/tpmroberts.htm](http://www.tpmonline.com/article/tpm/tpmroberts.htm).

**Rodolfi@, Gianni. 2000.** Il guasto e l'esigenza della manutenzione. *Il guasto e l'esigenza della manutenzione*. [En línea] 19 de Enero de 2000. [http://www.smnweb.com/pragma/adapt98/tpm/g\\_tpm1.htm](http://www.smnweb.com/pragma/adapt98/tpm/g_tpm1.htm) - [http://www.smnweb.com/pragma/adapt98/tpm/g\\_tpm1.htm](http://www.smnweb.com/pragma/adapt98/tpm/g_tpm1.htm).

**Santesmases, Miguel - Mestre. 2009.** *DYANE V- Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados*. [ed.] Level S.A. Universidad Autónoma de Manizales. Madrid : Ediciones Pirámide, 2009. pág. 554. El programa trae CD con programa, libro original comprado, por Autor Alberto Mora G.. ISBN 978-84-368-2296-0.

**Schneider, Kenneth C. 1985.** *Marketing Research Industry Isn't moving toward professionalism*. 1985.

**Smith, Anthony M. 1992.** *Reliability Centered Maintenance*. Primera. New York : McGraw Hill, Inc. School Education Group, 1992. ISBN 007059046X.

**Smith, Anthony M. y Hinchcliffe, Glenn R. 2003.** *RCM - Gateway to World Class Maintenance*. Primera. Burlington : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 0-7506-7461-X.

**Stamatis, D. H. 1995.** *Failure Mode asnd Effect Analysis - FMEA from Theory to Execution*. [ed.] Inc. BookCrafters. Wisconsin : ASQC Quality Press, 1995. pág. 496. ISBN 0-87389-300-X.

**Steiner, George A. 1985.** *Planeación estratégica*. Tercera impresión de febrero de 1985. México, DF : Compañía Editorial

- Continental, SA de CV, México, 1985. pág. 366. ISBN 0-02-931110-1.
- Táctica@.** 2008. Wikipedia. *Táctica*. [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] <http://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%A1ctica>.
- Tavares, Lourival Augusto - Calixto, Marco A. - Gonzaga, dos Santos, Paulo R. - P. y da Silva, João Esmeraldo.** 2007. *Gestión Estratégica en Activos de Mantenimiento*. [ed.] Marco Antonio Alcántara. Primera. Mérida : Ediciones Técnicas, 2007. pág. 180.
- Tavares, Lourival Augusto, Calixto, Marco A. - Gonzaga y Poydo, Paulo Roberto.** 2005. *Manutenção Centrada no Negócio*. Rio de Janeiro : Novo Polo Publicações, 2005. pág. 160. Ley número 5988 de diciembre de 1973 Decreto 1825 de diciembre de 1987.
- Thompson, G.** 1980. *Engineering design and Terotechnology*. Manchester : Department of Mechanical Engineering – UMIST, 1980. March 8 - 1980. M601QD - U.M.I.S.T. .
- TPM@.** 2008. TPM - Manejo y Mantenimiento Productivo Total. Wikipedia. [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento\\_Productivo\\_Total](http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_Productivo_Total).
- TQM, maintenance and plant availability – Journal of Quality in Maintenance Engineering*. **Sherwin, David J y Jonson, Patrick.** 1995. 1, West Yorkshire : s.n., 1995, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1. ISSN: 1355-2511.
- Trends and perspectives in industrial Maintenance management*. **Thorsteinsson, Uffe, Luxhojt, James T. y Riis, Jens O.** 1997. 6, 1997, Jopurnal of Manufacturing Systems, Vol. 16.
- Trujillo@, Gerardo.** 1999b. El Mantenimiento Proactivo como una herramienta para entender la vida de los equipos - Noria Latin America -. *Noria Latinoamérica*. [En línea] 1999b. E-mail: [lubecons@gto1.telmex.com.m](mailto:lubecons@gto1.telmex.com.m). <http://www.noria.com/sp/recursos/aprendizaje/man6.asp>.
- . 1999a. Implementación de un programa de Mantenimineto Proactivo - Noria Latin America. *Noria Latin América*. [En línea] Libre, 1999a. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] [lubecons@gto1.telmex.com.mx](mailto:lubecons@gto1.telmex.com.mx). [lubecons@gto1.telmex.com.mx](mailto:lubecons@gto1.telmex.com.mx).
- Turner@, Steve.** 2007. OCMS Latin America. *Planned Maintenance Optimisation*. [En línea] 01 de Agosto de 2007. [Citado el: 19 de Octubre de 2008.] <http://www.confabilidad.net/invitados/Diferencias%20entre%20PMO%20y%20RCM.pdf>.
- Vibraciones@.** 2008. DLI Engineering. *www.DLIEngineering.com*. [En línea] 2008. [Citado el: 16 de Diciembre de 2008.] <http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/historiadelanlisisdevibracinysuusoenelmantenimientodemaquinaria.htm>.
- VLMENC@.** 2011. Ministerio Educación Nacional Colombia. *Vinculación Laboral recién egresados*. [En línea] Simple, Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2011. [Citado el: 06 de 06 de 2013.] <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/article-195414.html>.
- Wakefield, Colin.** 1985. *Quality assurance in maintenance - En: The South African Mechanical Engineer*. USA : s.n., 1985. pág. 68. Vol. Vol 35.
- Wikipedia@.** 2013. Wikipedia. *Wikipedia - PIB por departamentos Colombia*. [En línea] Wikipedia, 06 de 12 de 2013. [Citado el: 24 de 01 de 2014.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Econom%C3%ADa\\_de\\_Colombia](http://es.wikipedia.org/wiki/Econom%C3%ADa_de_Colombia).
- Williamson, Robert M.** 2008. Focus On Results and Change the Culture Along the Way. *Maintenance World*. [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] President of Strategic Work Systems - Email [robertmw2@cs.com](mailto:robertmw2@cs.com). <http://www.maintenanceworld.com/Articles/williamsonr/focuson.html>.
- Wireman, Terry.** 1986. *Computerized Maintenance Management System*. USA : Industrial Press, 1986.
- . 1990. *Word class maintenance management*. 1990.
- Wrennall, William y Quaterman, Lee.** 1994. - *Handbook of commercial and industrial facilities management*. New York : Editorial Mac Graw-Hill, 1994. ISBN: 0070719357.
- Sánchez, Guillermo – Plaza Jeannette – *Los programas de ingeniería mecánica en Colombia: una experiencia en caracterización de programas universitarios* - Consejo Profesional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines Seccional Cundinamarca – Biblioteca de Cundinamarca – A.C.I.E.M. – Bogotá – Colombia - 1986

Pinilla, Alvaro \_ *El ingeniero mecánico del futuro* – Director de Ingeniería Mecánica en la Universidad de los Andes – Artículo en la Revista A.C.I.E.M.<sup>44</sup> nacional número 081 – Bogotá – Colombia – Primer trimestre

Barreto Uribe, Rafael Esteban - Bolaños Rojas, Nelson - *Criterios e influencias de la experiencia laboral, el perfil profesional, la capacitación recibida y deseada, e industria donde labora el profesional; en el diseño de programas académicos (formal o continuada) de postgrado en ingeniería.* – Dirigida por Luis Alberto Mora Gutiérrez – Tesis de Ingeniería Mecánica – Universidad EAFIT – Medellín – Colombia – 1997