

***ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE IMPACTOS CRUZADOS MIC MAC
APLICADO A MANTENIMIENTO***

GUILLERMO DANIEL CAICEDO DELGADO

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2014

***ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE IMPACTOS CRUZADOS MIC MAC
APLICADO A MANTENIMIENTO***

GUILLERMO DANIEL CAICEDO DELGADO

TRABAJO DE TESIS PARA OTORGAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN
INGENIERÍA

PROFUNDIZACIÓN EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

DIRECTOR DE PROYECTO

DR. PhD. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2014

CONTENIDO

Pág.

CONTENIDO	4
ILUSTRACIONES	6
0 PRÓLOGO	8
0.1 INTRODUCCIÓN	8
0.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
0.3 JUSTIFICACIÓN	9
0.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	10
0.5 OBJETIVOS	11
0.5.1 General	11
0.5.2 Específicos	11
0.5.2.1 Uno - BASES	11
0.5.2.2 Dos – VARIABLES CLAVES MANTENIMIENTO	11
0.5.2.3 Tres – DESARROLLO FUTURÍSTICO	11
0.5.2.4 Cuatro – PLAN ESTRATÉGICO	11
0.5.2.5 Cinco - CONCLUSIONES	11
0.6 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 0	12
1 BASES	13
1.1 OBJETIVO 1	13
1.1 INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO 1	13
1.2 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 1	13
1.2.1 Gestión del Mantenimiento	13
1.2.1.1 Enfoque Terotecnológico	14
1.2.1.2 La ingeniería y las tareas de mantenimiento, O.I.T.	17
1.2.1.3 Definiciones y significados	17
1.2.1.4 Gestión y Mantenimiento	18
1.2.1.5 Función y Objetivo de mantenimiento	18
1.2.1.6 Unidad de Producción	19
1.2.1.7 Unidad de Mantenimiento	19
1.2.1.8 1.3.7 Interacción – CMD Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad	20
1.2.1.9 1.3.8 Relaciones Mantenimiento, producción y máquinas	20
1.2.1.10 Disponibilidad	21
1.2.1.11 Mantenibilidad	24
1.2.2 Métodos Futurísticos	26
1.2.2.1 Aproximaciones de clasificación de los métodos futurísticos	26
1.2.2.2 Clasificación de los estudios del futuro	27
1.2.2.3 Criterios básicos de los métodos futurísticos	27
1.2.2.4 Cualitativo	27
1.2.2.4.1 Brainstorming o tormenta de ideas	28
1.2.2.4.1.2 Analogías	28
1.2.2.4.1.3 El modelo de mapa contextual	28
1.2.2.4.1.4 El análisis morfológico	28
1.2.2.4.1.5 El análisis de vacíos	29
1.2.2.4.1.6 Vigilancia del entorno	29
1.2.2.4.1.7 Planeación por Escenarios – Método modificado cuantitativo	29
1.2.2.4.1.8 Técnicas de consenso	29
1.2.2.4.1.9 Técnicas de grupo nominal	29
1.2.2.4.1.10 Mini-Delphi	30
1.2.2.4.1.11 EDSIM (Educational Simulation)	30
1.2.2.4.1.12 COMPASS	30
1.2.2.4.1.13 Ábaco de Régnier®	30
1.2.2.4.1.14 Conferencia de encuentro y búsqueda de futuribles	30
1.2.2.5 Cuantitativo	31
1.2.2.6 Temporalidad	31
1.2.2.7 Probabilidad	31
1.2.2.8 Prospectivos de Probabilidad	31
1.2.2.8.1.1 Curvas de aprendizaje	31
1.2.2.8.1.2 Curvas de sustitución	32
1.2.2.8.1.3 Analogías cuantificadas	32

1.2.2.8.1.4	Modelos dinámicos o Dinámica de sistemas	32
1.2.2.8.1.5	Técnicas compuestas.....	32
1.2.2.8.1.6	Análisis de tendencias de impactos	33
1.2.2.8.1.7	Análisis Bayesiano.....	33
1.2.2.8.1.8	Árboles de decisión - Árbol de relevancia - Método PATTERN	33
1.2.2.8.1.9	Series temporales	33
1.2.2.8.1.10	Análisis del espectro de frecuencias temporales.....	34
1.2.2.8.1.11	Técnica Delfós con cuartiles	34
1.2.2.8.1.12	Método del Vaticano.....	34
1.2.2.8.1.13	Análisis estructural de impactos cruzados	34
1.2.2.8.1.14	Tablero de influencias de J. F. Lefebvre.....	47
1.2.2.8.2	Análisis y comentarios estratégicos a cinco años vista.....	48
1.2.2.8.2.1	Tablero de poderes de Ténrière-Buchot - Diagrama de Djambi.....	50
1.2.2.8.2.2	SMIC y Prob-Expert®	51
1.3	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 1.....	58
2	VARIABLES CLAVES MANTENIMIENTO	59
2.1	OBJETIVO 3.....	59
2.2	INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO 3.....	59
2.3	DESARROLLO DEL CAPÍTULO 2	59
2.3.1	Enfoque actual de la organización	59
2.3.2	Determinación del tamaño muestral de expertos.....	68
2.3.3	Número de Expertos.....	68
2.3.4	Manejo de variables.....	74
2.4	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 2.....	76
3	DESARROLLO FUTURÍSTICO	77
3.1	OBJETIVO 3.....	77
3.2	INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 3.....	77
3.3	DESARROLLO CAPÍTULO 3	77
3.3.1	Desarrollo de Instrumento a partir de variables seleccionadas	78
3.3.1.1	Selección de las 16 variables claves estratégicas por frecuencia	80
3.3.2	Realización Instrumento MIC MAC 2.....	85
3.3.2.1	Matriz Unitaria	86
3.3.2.2	Desarrollo matemático prospectivo.....	86
3.3.2.2.1	Estabilidad en el tiempo.....	87
3.3.3	Mapas Arquitectónicos.....	88
3.3.4	Análisis Prospectivos.....	92
3.3.4.1	Forrester	92
3.3.4.2	Tablero de Poderes PF de Ténrière-Buchot	93
3.3.4.3	Tablero de influencias de J. F. Lefebvre	94
3.3.4.4	Influencias de Diagrama de D'jambi,	96
3.4	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 3.....	97
4	PLAN ESTRATÉGICO MANTENIMIENTO	98
4.1	OBJETIVO 4.....	98
4.2	INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 4.....	98
4.3	DESARROLLO DEL CAPÍTULO 4	98
4.3.1.1	Elaboración de estrategia de mantenimiento.....	98
4.3.1.2	Variables Motrices	98
4.3.1.2.1	Variable Número 3 - Influencia del diseño de equipos en Mantenimiento	98
4.3.1.2.2	Variable Número 6 - Tecnología de equipos y fábrica	98
4.3.1.2.3	Variable Número 4 - Costos y rendimientos.....	99
4.3.1.2.4	Variable Número 2 - Indicadores de desempeño Gerencial y estratégico.....	99
4.3.1.2.5	Variable Número 1 - Capacitación y Entrenamiento	99
4.3.1.3	Variables Espejo o Reflejo.....	99
4.3.1.3.1	Variable Número 9 - Planeación y Programación del Mantenimiento.....	99
4.3.1.4	Variables del Futuro.....	101
4.4	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 4.....	101
5	CONCLUSIONES	103
5.1	OBJETIVO 5.....	103
5.2	CONCLUSIONES GENERALES.....	103
	BIBLIOGRAFÍA	105

ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 - Secuencia Lógica de Objetivos.....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 2 - Terotecnología.....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 3 - Principios básicos de mantenimiento.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 4 - Unidad básica de Producción.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 5 - Unidad elemental de Mantenimiento.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 6 - Expresión matemática de Disponibilidad - CMD.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 7 - Efectividad - LCC - Gestión de Activos - C M D K.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 8 - Actores de Mantenimiento.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 9 - Elementos estructurales de Mantenimiento.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 10 - Relaciones y leyes que gobiernan un sistema de mantenimiento.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 11 - Estructura de mantenimiento según Casa OREDA.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 12 - Niveles de aplicación del proyecto Operación & Mantenimiento.....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 13 - Estructura sistémica, organizacional y funcional mantenimiento.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 14 - Tablero de Influencias de Lefebvre.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 15 - Figuras CIMPRO alusivas a métodos futurísticos.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 16 - Pasos siguientes proyecto.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 17 - Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 18 - Integralidad CMD.....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 19 - Variables base del Autor - Titulado Listado 1.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 20 - Variables relevantes de mantenimiento enfoque sistémico. Listado 2.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 21- Variables que aportan en la muestra inicial de Expertos.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 22 - Muestra convertida para cálculo muestral - Teorema de Levin.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 23 - Programa para determinar tamaño muestral - Programa CD 7 de libro Mora 201171.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 24 - Tamaño muestral requerido de 98 Expertos.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 25 - Listado de Expertos adicionales 64.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 26 - Listado 3 variables nuevas aportadas por Expertos y de otras fuentes.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 27 - Instrumento 1 MIC MAC Mantenimiento Estratégico 2016 2020.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 28 - Estado de desarrollo.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 29 - Histograma frecuencial de las variables claves señaladas por los cien expertos... ..</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 30 - Graficación frecuencial de Variables claves y bases seleccionadas.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 31 - Instrumento MIC MAC Impacto Cruzado 2.....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 32 - Valores promedio del Instrumento 2 aplicado a 35 Expertos.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 33 - Matriz Directa unitaria Booleana.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 34 - Estado de avance.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 35 - Matriz Indirecta a la potencia n de 3.3699E+66.....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 36 - Estabilidad de la variables.....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 37 - Valores de Motricidad y Dependencia.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 38 - Mapa Arquitectónico Directo.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 39 - Mapa Arquitectónico Indirecto - Prospectivamente Válido.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 40 - Bases Variables Claves Plan Estratégico - Secuencia lógica.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 41 - PF de Ténière-Buchot.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 42 - Tablero Influencias de Lefebvre.....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 43 - PHV del MIC MAC Indirecto con Variables Claves.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 44 - Bases Variables Claves Plan Estratégico - Secuencia lógica.....</i>	<i>100</i>

Ilustración 45 - Lista de variables de salida..... 101

0 PRÓLOGO

0.1 INTRODUCCIÓN

Mantenimiento es una labor industrial de gran importancia, que permite mantener los equipos en estado de producción, adecuadamente y que el proceso productivo que depende de estos equipos, cumpla satisfactoriamente con calidad, eficiencia y efectividad.

Cada equipo de un proceso productivo, es una máquina, que tiene la mayoría de veces muchos mecanismos y sistemas diferentes, que requieren un cuidado especial en su desenvolvimiento, para mantenerla en función correctamente, lo cual se convierte, en un reto para el departamento de mantenimiento de una empresa.

La gran responsabilidad de los ingenieros de mantenimiento se centra en que el departamento, que ellos dirigen debe asegurar la funcionalidad de los equipos del proceso, al menor costo posible, dentro de unos parámetros de confiabilidad, mantenibilidad, productividad, competitividad, disponibilidad, etcétera existentes a nivel mundial, mediante unos indicadores que se deben mejorar año tras año (Ford, 1972) (Ishikawa, 1985) (Lewis, 1995).

Mantener los equipos de un proceso, es el segundo o tercer ítem en la escala de mayor a menor dentro de los costos de una empresa, donde la materia prima y la energía son los primeros. Esto nos confirma que un mejoramiento en los indicadores, tiene como resultado un ahorro importante de dinero.

Las empresas buscan que sus departamentos de mantenimiento sean cada día más proactivos y competitivos, que se anticipen a los problemas y que utilicen la tecnología, la capacitación y el trabajo en equipo para estar a la par de las necesidades de producción, que al final nos lleven a satisfacer las necesidades de los clientes, cumplimiento, calidad y precios justos.

La anticipación, solo se alcanza al tener en el estado presente las variables claves de éxito del mañana, en un umbral de tiempo entre el corto y el mediano plazo, lo cual es el principal objetivo del proyecto, lo que le permite a los directivos de ingeniería de fábricas adelantarse al qué hacer diario, mensual y anual, con garantía de éxito, de alcanzar la máxima efectividad del mantenimiento (Duffuaa, y otros, 1995).

¿Cómo mantener este proceso de mejoramiento continuo en los departamentos de mantenimiento? Los métodos futurísticos son una herramienta importante que puede utilizar el ingeniero para realizar mejoras anticipadas que lo lleven por un camino más confiable hacia el mañana.

0.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Aún en esta época, unas empresas manejan a mantenimiento como el departamento que solo aporta gastos, problemas, accidentes de trabajo, baja productividad e incumplimiento con los clientes.

Pero, la gerencia de una empresa de clase mundial, visualiza a mantenimiento como una inversión, como un aporte al producto, a la producción eficiente, a la calidad, a la nueva tecnología y es un aliado importante en el mejoramiento continuo que debe tener una compañía ante los retos actuales de las fronteras abiertas para el comercio, de un sinnúmero de productos.

De esta manera el departamento de mantenimiento de una empresa debe prepararse, no solo para enfrentar el presente, sino para mirar de una manera responsable los nuevos retos, los problemas actuales y trabajar junto con la gerencia de la compañía para encontrar en el presente una solución que permita mirar el futuro con confianza.

El problema que se enfrenta el ingeniero o director de mantenimiento está en encontrar aquellas variables principales que le afectan en el futuro para el cumplimiento de su magno objetivo, el de mantener los equipos trabajando eficientemente, dentro de los indicadores de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, además de los indicadores financieros, de seguridad y medio ambiente.

0.3 JUSTIFICACIÓN

Encontrar las variables claves para el éxito de la gestión de mantenimiento, es un aporte de gran ayuda, porque permite concentrarse en lo vital e importante y disminuir los esfuerzos en lo que no es importante o trivial.

Conocer estas variables facilita la planeación, programación y ejecución de mejoras, la realización de cambios en el departamento de mantenimiento; permite definir con mayor certeza los presupuestos, las capacitaciones, las mejoras tecnológicas, los repuestos críticos, el cambio de equipos y los nuevos proyectos dentro de la empresa.

Este trabajo aborda este tema, con simplicidad, profundidad y suficiencia, siendo el epicentro la opinión de expertos, todos especialistas en mantenimiento industrial y muchos de ellos magister en ingeniería de profundización, énfasis mantenimiento de la Universidad EAFIT, con el fin de encontrar estas variables , con su secuencia lógica de aplicación en el tiempo, para una exitosa gestión de mantenimiento, mediante el uso del Análisis estructural de impacto cruzado.

0.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El primer capítulo trata sobre los fundamentos claves para el éxito de mantenimiento y los conceptos básicos de los métodos futurísticos, más pertinentes para encontrar variables claves de éxito a futuro en ingeniería de fábricas.

El capítulo dos aporta el conjunto base de futuras Variables Claves VC; sobre una lista probable de tópicos sobre los cuales se aplica una posterior jerarquización y selección técnica, para determinar cuáles son claves e importantes; como también la población y la muestra final de expertos participantes en el ejercicio a nivel nacional de Colombia, de diferentes sectores relevantes de la economía nacional, en industrias de diferentes tamaños a lo largo del territorio nacional.

El tercer capítulo permite realizar el Instrumento 2 o principal de Impacto Cruzado, donde se definen las VC, con su secuencia lógica en el tiempo, a partir de los análisis prospectivos pertinentes, encontrando las variables motrices impactantes, las dependientes, las del futuro y lo no relevantes; que conforman la base del Plan Estratégico del 2016 - 2020.

La sección del cuarto capítulo presenta las Variables Claves de mantenimiento, Estratégicas que garantizan el éxito estratégico de mantenimiento en el umbral definido, para de esta manera realizar el esbozo del plan estratégico futurístico.

El quinto capítulo aporta las principales conclusiones futurísticas de mantenimiento del proyecto.

0.5 OBJETIVOS

0.5.1 General

Encontrar las variables claves de éxito en la gestión estratégica de mantenimiento industrial en Colombia, para el año 2016 - 2020 aplicando la metodología *MIC MAC*¹.

0.5.2 Específicos

0.5.2.1 Uno - BASES

Fundamentar los conceptos básicos de mantenimiento gerencial estratégico y del análisis futurístico prospectivo estructural de impacto cruzado *MIC MAC* - Nivel 1 Conocer

0.5.2.2 Dos - VARIABLES CLAVES MANTENIMIENTO

Describir las variables base en la gestión estratégica de mantenimiento para el umbral de los años 2016 - 2020, definiendo la población y el tamaño muestral de los expertos a realizar el instrumento de variables de mantenimiento; con el fin de seleccionar las claves. - Nivel 2 Comprender

0.5.2.3 Tres - DESARROLLO FUTURÍSTICO

Realizar el análisis de impacto cruzado *MIC MAC* de las variables claves estratégicas de gestión mantenimiento; mediante los análisis pertinentes Tablero de Poderes PF de Ténrière-Buchot, Influencias de Diagrama de D'jambi, Tablero de Influencias de Lefebvre, Analítico de J. W. Forrester, Mapas Estratégicos Directo y válido Indirecto, etcétera. - Nivel 3 Aplicar

0.5.2.4 Cuatro - PLAN ESTRATÉGICO

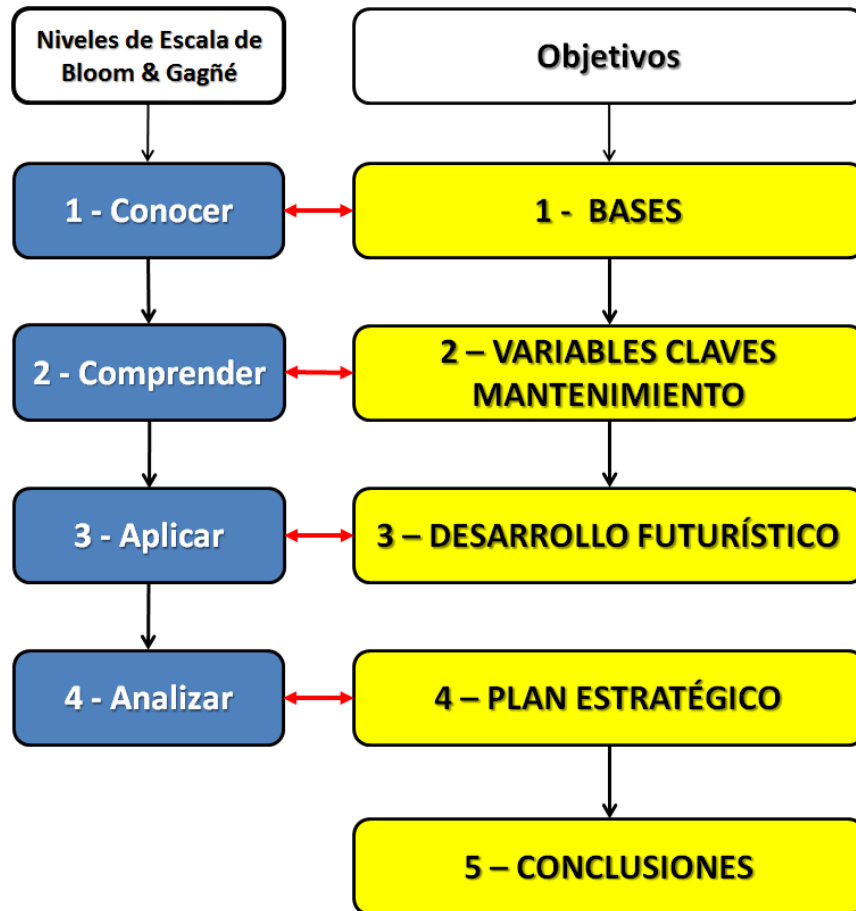
Presentar un bosquejo gerencial del Plan Estratégico de Mantenimiento a partir del análisis futurístico de impacto cruzado, para el umbral 2016 – 20120 - Nivel 4 Analizar.

0.5.2.5 Cinco - CONCLUSIONES

Concluir los principales resultados obtenidos

¹ Es de anotar que el análisis estructural prospectivo de impactos cruzados *MIC MAC*, adquiere su gran divulgación entre 1972 y 1974, su sigla *MIC MAC* se explica como *Matrice d'Impacts Croisés - Multiplication Appliquée a un Classement - Matriz de Impacto Cruzado con Multiplicación Aplicada a una Clasificación de variables en un sistema cerrado.*

Ilustración 1 - Secuencia Lógica de Objetivos



0.6 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 0

El capítulo explica el prólogo del proyecto, resume los pasos que se siguen en el desarrollo del mismo, con el propósito que el lector tenga unas bases claras que permiten entender la estructura, el alcance, la justificación, los objetivos, las bases teóricas, el desarrollo y finalmente las conclusiones, de tal forma que se facilite plenamente su comprensión.

1 BASES

1.1 OBJETIVO 1

Fundamentar los conceptos básicos de mantenimiento gerencial estratégico y del análisis futurístico prospectivo estructural de impacto cruzado *MIC MAC* - Nivel 1
Conocer

1.1 INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO 1

El objetivo de este capítulo es conocer y comprender las bases teóricas que permiten posteriormente desarrollar las variables bases para encontrar las claves estratégicas, del proyecto en cuestión. Estas bases conducen en la práctica la guía para una solución adecuada y confiable.

1.2 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 1

El marco teórico en revisar y definir, primero, el mantenimiento dentro de una empresa, su función, la incidencia dentro de los planes de mejoramiento estratégicos de la compañía, la importancia de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) en la gestión del mantenimiento, junto con la necesidad de utilizar la prospectiva en el análisis del futuro del mantenimiento de las empresas industriales (Kelly, y otros, 1998) (Forcadas, 1983).

Segundo, revisa los métodos futurísticos, especialmente el análisis estructural de impactos cruzados. El análisis estructural de impactos cruzados lo utilizaremos para desarrollar nuestro proyecto de grado. Es importante comentar que el marco teórico es tomado en su gran mayoría de los libros del autor Luis Alberto Mora y de prospectiva de Godet, Duperrin, Fernandez y otros autores famosos (Godet, 1999, 352) (Duperrin y otro, 1973) (De Miguel, 1990).

1.2.1 Gestión del Mantenimiento

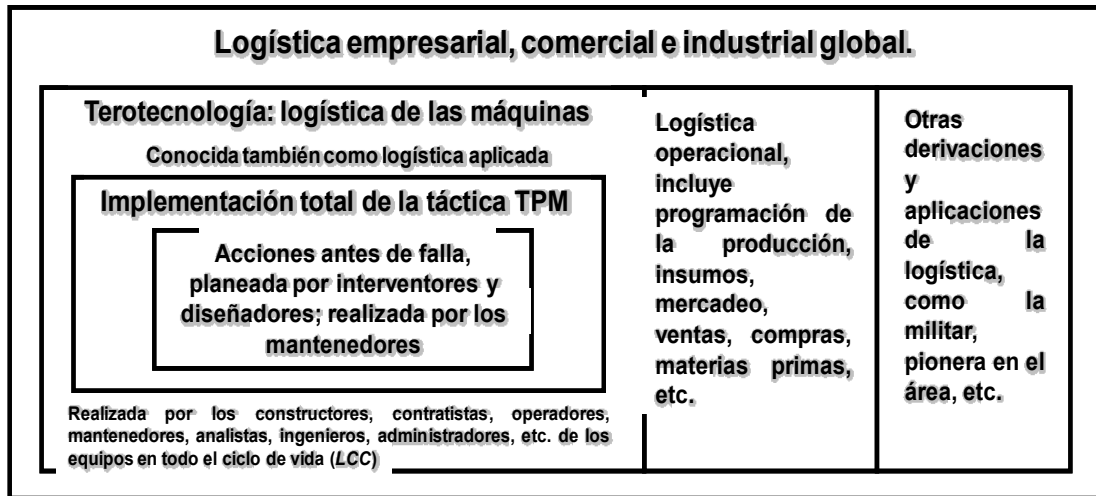
El mantenimiento, al ser una entidad de soporte a producción, juega un rol diferente al que normalmente se le otorga, es decir es de apoyo logístico e intangible, ya que básicamente al ser una entidad de servicio, su estructura es muy diferente al de las unidades operativas que generan bienes o servicios; por lo cual sus características son de apoyo y como tal debe manejarse con un enfoque logístico (Mora, 1999) (Blanchard, 1995) (Blanchard, y otros, 1994).

1.2.1.1 Enfoque Terotecnológico²

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 Terotecnología³, 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. 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)⁴ 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 2 - Terotecnología



(Mora, 2007a)

² Basado del Libro *Mantenimiento Planeación Ejecución y Control* de Editorial AlífaOmega,. Del autor Luis Alberto Mora G., con su autorización.

³ En inglés *terotechnology*.

⁴ Tomado del diccionario informático *Encarta*. Rey Sacristán la traduce como "cuidar la tecnología".

En el artículo “Tomando decisiones en la administración del mantenimiento”, los autores Pintelon y otro (1991) plantean que si bien la Terotecología se concibe en los años setenta como una decisión gubernamental de la Gran Bretaña, estos conceptos no se han difundido en la industria a nivel mundial, debido a la poca disponibilidad de metodologías prácticas para soportarlo.

Aunque en los Estados Unidos se utiliza el concepto de ciclo de vida, éste se tiene en cuenta al inicio (Blanchard, 1995) y en la evolución de la Terotecología, recientemente ha recobrado importancia, debido a las exigentes condiciones de competitividad requeridas a las empresas y a las nuevas herramientas de información disponibles (Nakajima5S@, 2005) (Modarres, 1993) (Nakajima, y otros, 1991) (Navarro, y otros, 1997) (Newbrough, y otros, 1982) (Rey, 2003).

La Terotecología está relacionada con la especificación y el diseño para la confiabilidad y mantenibilidad de equipos, maquinaria, edificios y estructuras; se asocia también: a la puesta en marcha de máquinas, al mantenimiento, a las modificaciones, a las reformas, a las ampliaciones y al reemplazo de los equipos; así como a la retroalimentación de información sobre el diseño, desempeño y costos de maquinaria.

Esto significa que debe tenerse una visión global de la administración de los activos físicos, definiéndose de esta forma la Terotecología, como una de las bases más influyentes en la actual gestión de activos. Si las inversiones en mantenimiento de un equipo, son anualmente un 15% de su valor de compra, en siete años superan su costo inicial(White, 1975). Las tendencias y perspectivas mundiales de la gestión de mantenimiento (Thorsteinsson, y otros, 1997) orientadas por la Terotecología, señalan a la norma británica 3811, como el parámetro base y fundamental de la gestión de activos, a la vez que la definen a esta norma, como epicentro de la Terotecología.

Los ingleses definen en esta norma a 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”⁵, la tendencia es que mantenimiento llegue a adquirir la dimensión de una estrategia corporativa de aplicación 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 disponibilidad (y mantenibilidad) posible y

⁵ Norma 3811 de la Asociación Británica de Normas Técnicas - British Standard de 1984.

que permita precios de servicios de mantenimiento competitivos (Mora, 1998a). Cabe anotar que este párrafo y sus enunciados enmarcan la Terotecnología como la estrategia marco y macro de mantenimiento, caracterizada en la etapa IV del desarrollo que se muestra en las secciones anteriores (OREDA, 1997).

La Terotecnología es una alternativa técnica capaz de combinar los medios financieros, estudios de confiabilidad, evaluaciones técnico-económicas y métodos de gestión para obtener ciclos de vida de los equipos cada vez menos dispendiosos y costosos.

Por ser un órgano que relaciona directamente a proveedores, usuarios, diseñadores, oferentes y demandantes de insumos, parece lógico afirmar que la Terotecnología es centro vital del mantenimiento.

A partir de 1980, con el desarrollo de los ordenadores⁶ personales, de uso masivo a costos reducidos y lenguajes sencillos, los órganos de mantenimiento pasan a desarrollar y usar sus propios programas, lo que elimina los inconvenientes de dependencia de disponibilidad humana y de equipos para atender sus prioridades de procesamiento de información a través de un computador central institucional; además de las dificultades de comunicación en la transmisión de sus necesidades para el analista de sistemas, que no siempre está familiarizado con el área de mantenimiento.

Para complementar esto surge una metodología inglesa⁷ para auditar el área de mantenimiento, la cual permite evaluar de una forma integral y detallada casi todas los parámetros empresariales de mantenimiento; al evaluar diferentes tópicos de mantenimiento mediante 386 preguntas que miden doce componentes básicos de mantenimiento, sus resultados se entregan en forma numérica y de radar; las personas que participan son funcionarios de mediano y alto rango de las áreas de producción, mantenimiento y gerencia (Mora, 2007b).

El análisis y diagnóstico consiste en formar un grupo de trabajo interdisciplinario, que es asesorado o no por consultores externos, para evaluar la situación actual de los distintos aspectos de la gestión y operación del mantenimiento, es coordinado por el director de ingeniería de fábricas⁸ - IF, debe conformarse con representantes de todas las áreas relacionadas con mantenimiento como:

⁶ Ordenador, también se usa el término computador, sobre todo en algunos países de América Latina.

⁷ Flash Audit System (véase en sección más adelante).

⁸ IF – Ingeniería de Fábricas, término que se usa para denotar un área global de la empresa que incluye las divisiones de mantenimiento, proyectos, producción, calidad y otras afines.

materiales, producción, suministros, compras, proyectos, finanzas, contabilidad, sistemas, inventarios, almacenes, desarrollo de personal, nómina, recursos humanos, investigación y desarrollo, sistemas, departamento jurídico de contratos, activos, etc., con reuniones permanentes y periódicas donde se revisan las evaluaciones, metas, logros y reconsideraciones.

El mayor nivel de servicio exigido en la calidad de los bienes y servicios producidos, en la década de los ochenta por parte de los consumidores ayuda al mejor posicionamiento de mantenimiento, tanto así que en 1993 este reconocimiento es aceptado en la norma ISO 9000 cuando se incluye la función mantenimiento en el proceso de certificación, al dar a mantenimiento el mismo nivel en la organización que el de operación (hecho ya identificado por ONU en 1995 (Tavares, y otros, 2005)) en la búsqueda de optimizar la calidad, la confiabilidad operacional, los costos de producción (o servicio), la oportunidad, la garantía de seguridad del trabajo y de la preservación del medio ambiente.

1.2.1.2 La ingeniería y las tareas de mantenimiento, O.I.T.⁹

La ingeniería es clasificada en el subgrupo 2145, 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) (Mora, 1999) (Dounce, 1998) (Kelly, y otros, 1998) (Husband, 1976)(Darnell, y otros, 1975) (Rey, 1996).

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

1.2.1.3 Definiciones y significados.

El papel de mantenimiento es el de incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción al realizar actividades tales como planeación, organización, control y ejecución de métodos de conservación de los equipos. Sus funciones van más allá de las reparaciones; su valor se aprecia en la medida en que éstas disminuyan como resultado de un trabajo planificado y sistemático con apoyo y recursos de una política integral de los directivos (Mora, 1999).

Los doce principios más importantes en la gestión de mantenimiento enunciados por la comisión EUREKA son:

⁹ Oficina Internacional del Trabajo – O.I.T. – Ginebra – Suiza – Clasificación internacional uniforme de ocupaciones: C.I.U.O.- 88 – Dirección O.I.T. CH – 1211 Ginebra, 22 – Suiza(OIT-CIUO88, 1988).

Ilustración 3 - Principios básicos de mantenimiento

Temas Técnicos	Recursos Humanos	Campo Económico
<ul style="list-style-type: none"> •Servicios •Productos •Calidad de los productos •Métodos de trabajos de mantenimiento •Manejo de materiales óptimo •Control de todas las actividades de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> •Función de relaciones internas del personal •Función de relaciones externas •Función de la organización del mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> •Estructura de mantenimiento •Economía en la gerencia de mantenimiento •Economía frente a la producción

1.2.1.4 Gestión y Mantenimiento

La eficiencia con que la gestión de mantenimiento contribuye para alcanzar la producción total mediante la dotación de capacidades y fiabilidad del parque industrial, se plasma al maximizar la disponibilidad de los equipos(Rey, 1996).

En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación, la primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento.

1.2.1.5 Función y Objetivo de mantenimiento

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.

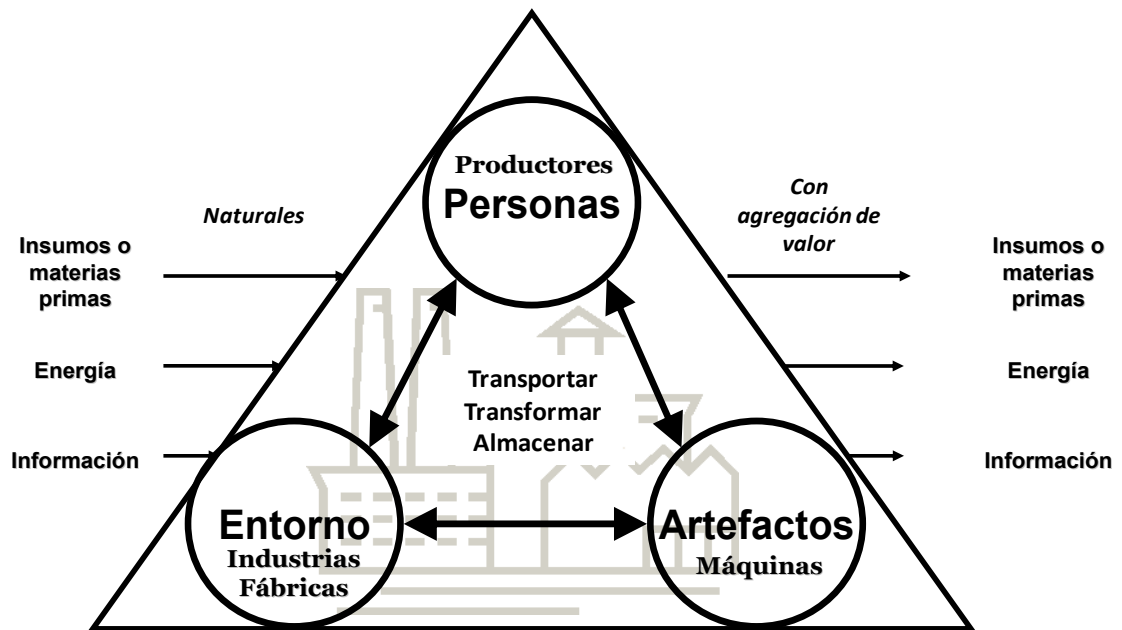
Debe analizarse también la capacitación y culturización de los clientes mediante un enfoque integral logístico que utilice una estrategia coherente con la empresa(Mora, 2007b).

1.2.1.6 Unidad de Producción

Al utilizar el enfoque kantiano en un sistema básico de producción, se pueden reconocer tres elementos: productores (Personas), fábricas (Entorno) y máquinas (Artefactos); los cuales interactúan y permiten la elaboración industrial de bienes y/o servicios.

La función propia de un sistema de producción es lograr la agregación de valor, a partir de tres acciones básicas: transformación, transporte o almacenamiento; las cuales pueden estar presentes en forma combinada, es difícil encontrarlas puras en los procesos industriales.(Mora, 2007b)

Ilustración 4 - Unidad básica de Producción

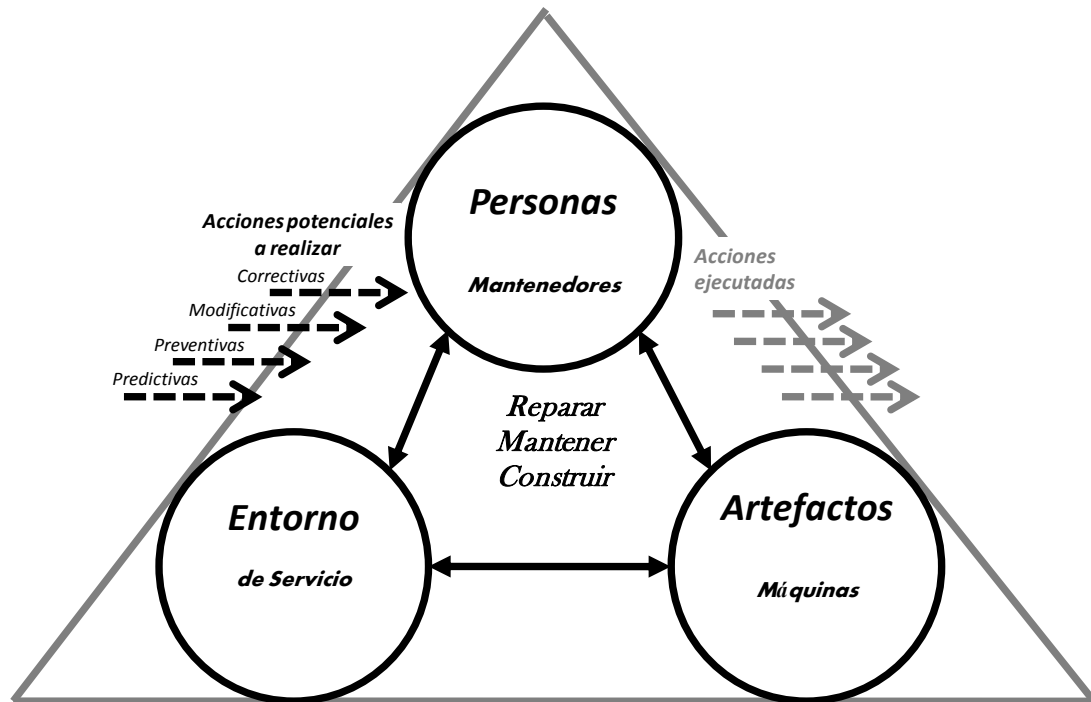


(Mora, 2007a)

1.2.1.7 Unidad de Mantenimiento

El enfoque sistémico puro cuando se utiliza en mantenimiento, parece admitir el reconocimiento de tres elementos fundamentales: mantenedores (Personas), máquinas o equipos industriales o de operación (Artefactos) y sitios físicos donde se prestan los servicios de mantenimiento (Entorno).

Ilustración 5 - Unidad elemental de Mantenimiento



(Mora, 2007b)

1.2.1.8 1.3.7 Interacción – CMD Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad.

En síntesis, lo importante en la metodología CMD, consiste en poder predecir el comportamiento futuro de los equipos, en cuanto a saber sobre: las fallas o las reparaciones (tiempos y fechas de ocurrencia), los tiempos útiles (duración y días en que ocurrirán), los mantenimientos planeados (para su programación en tiempos y frecuencias) y demás actividades alusivas a la planeación de las máquinas, en aras de poder establecer planes concretos de operación y efectividad.

1.2.1.9 1.3.8 Relaciones Mantenimiento, producción y máquinas.

Los elementos mantenimiento, producción y máquinas se relacionan entre sí a partir de premisas y normas de aceptación universal, así: la relación entre productores (producción) y máquinas la establecen los principios de la confiabilidad, la relación entre mantenedores (mantenimiento) y máquinas se define por las reglas de la mantenibilidad, la relación entre mantenedores y productores se da por una relación indirecta a través de los equipos y está gobernada por los cánones de la disponibilidad, esta última relación muestra que cuando las conversaciones entre producción y mantenimiento, son sobre las

máquinas, puede ser mucho más fluida, que cuando se da en forma directa entre los dos departamentos sobre otros temas que no se refieren a CMD, de aquí que en ocasiones existen conflictos directos entre las dos áreas, esto muestra que siempre y cuando las conversaciones se den en términos de equipos y de sus comportamientos, la relación es más sencilla y eficaz.

La confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad, son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis (Mora, 2007b) y su evaluación integral y específica; es a través del CMD que se puede planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión y operación del mantenimiento.

1.3.9 Confiabilidad

La confiabilidad se puede entender como una característica propia del diseño de máquinas, que permite estudiar mediante principios científicos y matemáticos, las fallas de los elementos de los equipos, para el análisis de los procesos de un diseño, la determinación de los costos del ciclo vida y la seguridad de un producto (Nachlas, 1995). Además se utiliza en el análisis de datos operativos para el mantenimiento, permitiendo conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de aislar componentes con problemas, diseñar las políticas de mantenimiento, calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos y establecer frecuencias de ejecución del mantenimiento preventivo (Díaz, 1992).

En resumen, la confiabilidad se asocia a fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos.

1.2.1.10 Disponibilidad

Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un equipo. La mayoría de los usuarios aseguran que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como la seguridad. Hay varios métodos para lograrlo, uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recuperar, y el otro es que sean confiables, y por lo tanto, demasiado costosos (Knezevic, 1996).

Ilustración 6 - Expresión matemática de Disponibilidad - CMD

$$Disponibilidad = \frac{Confiabilidad}{Confiabilidad + Mantenibilidad}$$

La máxima medición a lograr en CMD Mantenimiento e Ingeniería de Fábricas se define por:

Ilustración 7 - Efectividad - LCC - Gestión de Activos - C M D K

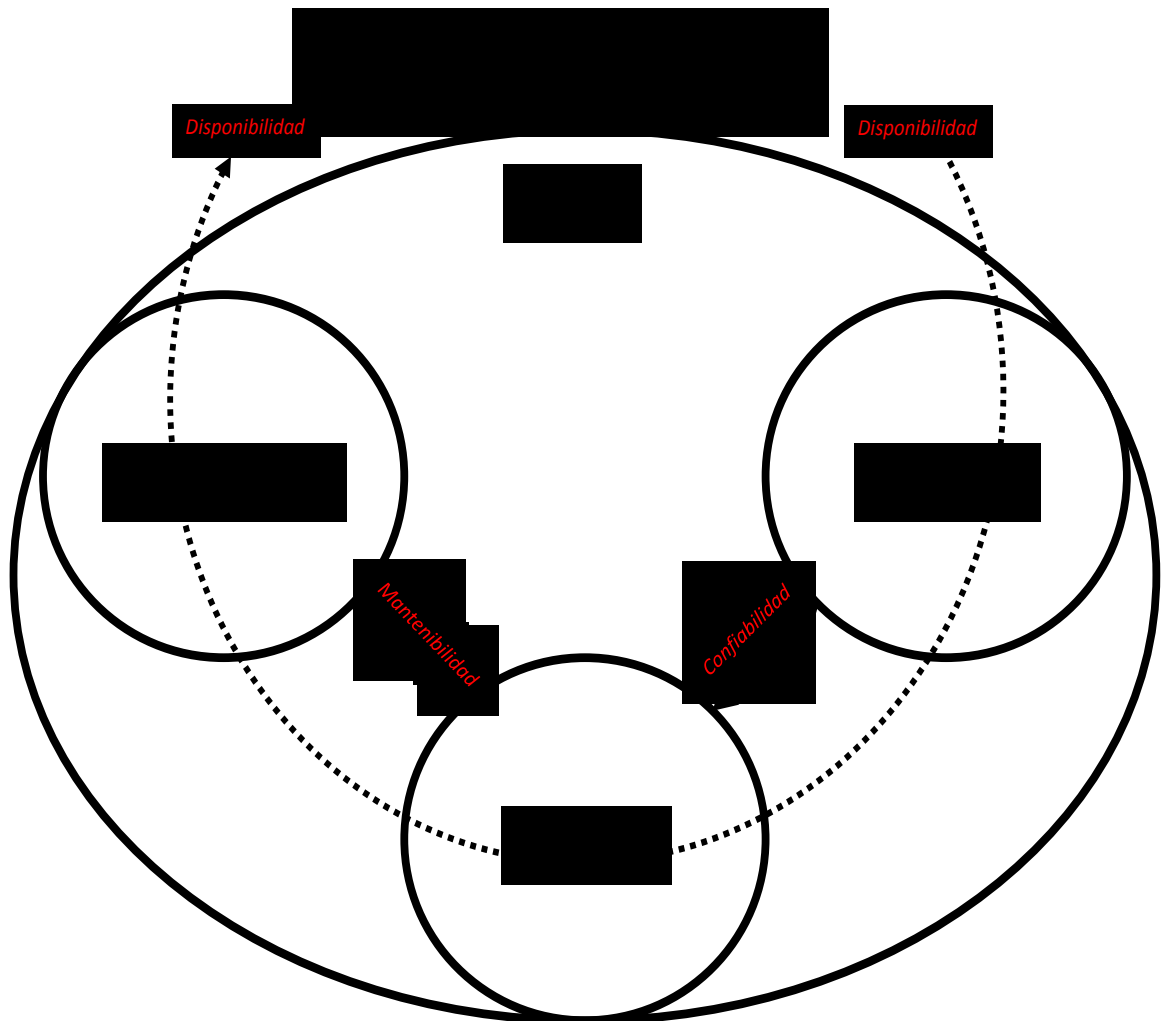
Efectividad de la máquina o elemento = *Confiabilidad * Mantenibilidad * Disponibilidad * Capacidad utilizada*

$$\text{Efectividad del sistema} = \frac{\text{Efectividad de la Máquina o dd elemento}}{LCC} = \frac{C * M * D * K}{LCC}$$

donde *LCC=Life Cycle Cost* y *K = Capacidad utilizada*

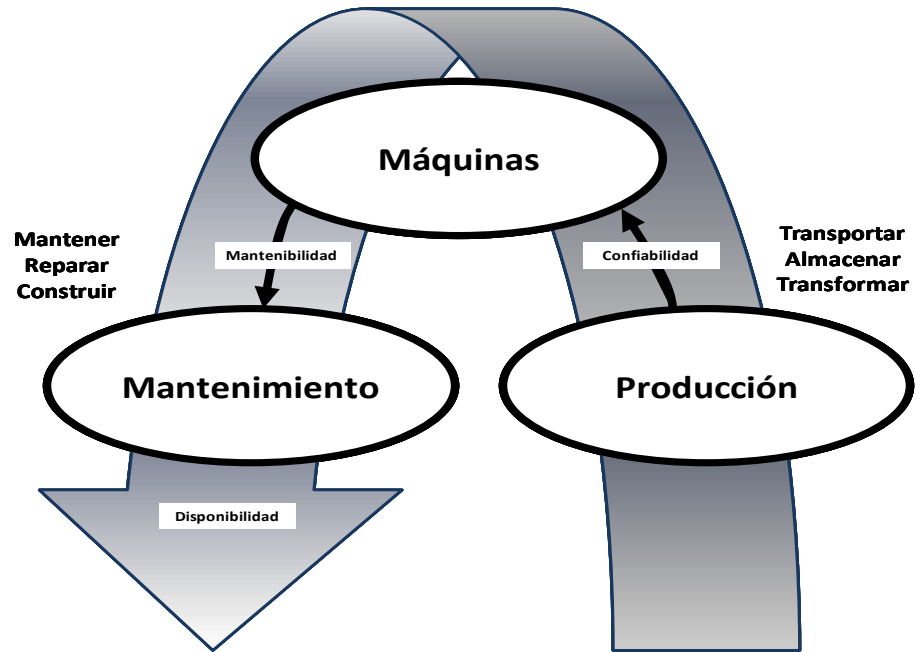
(Mora, 1990c)

Ilustración 8 - Actores de Mantenimiento



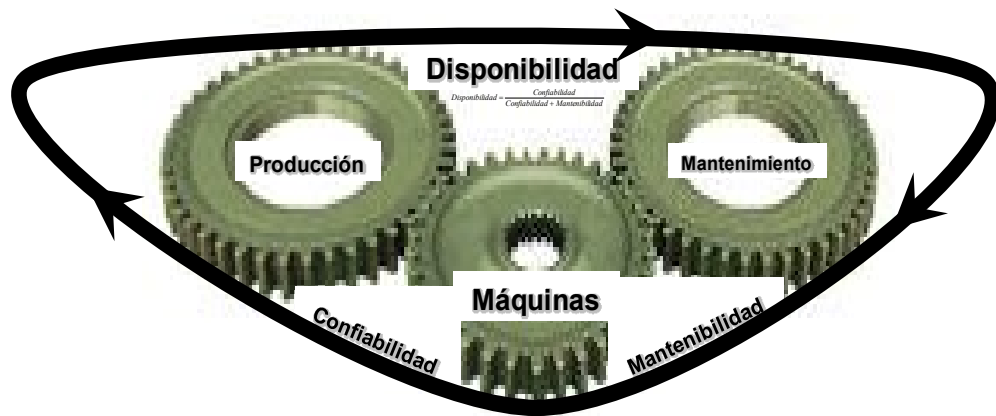
(Mora, 2013)

Ilustración 9 - Elementos estructurales de Mantenimiento



(Vallejo, y otros, 2004)

Ilustración 10 - Relaciones y leyes que gobiernan un sistema de mantenimiento



(Mora, 2007b)

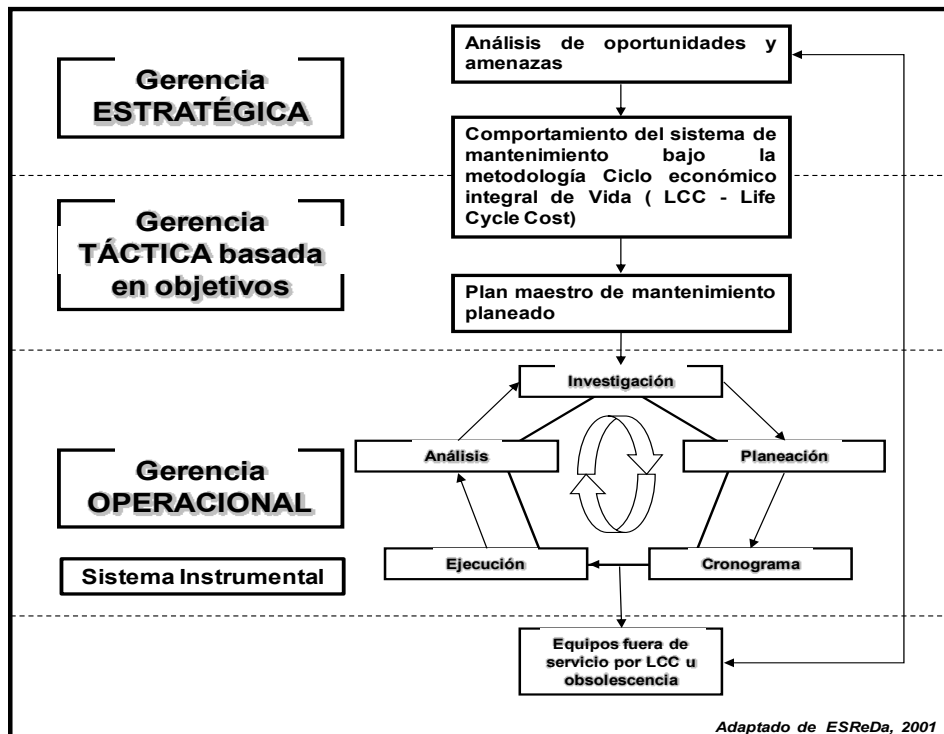
1.2.1.11 Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción; se le denomina mantenibilidad (Mora, 2007b)

Se puede usar la información de los equipos de una empresa industrial para determinar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad y usar estos datos para planear y ejecutar diferentes alternativas de mejoramiento que nos permitan una gestión efectiva en el futuro.

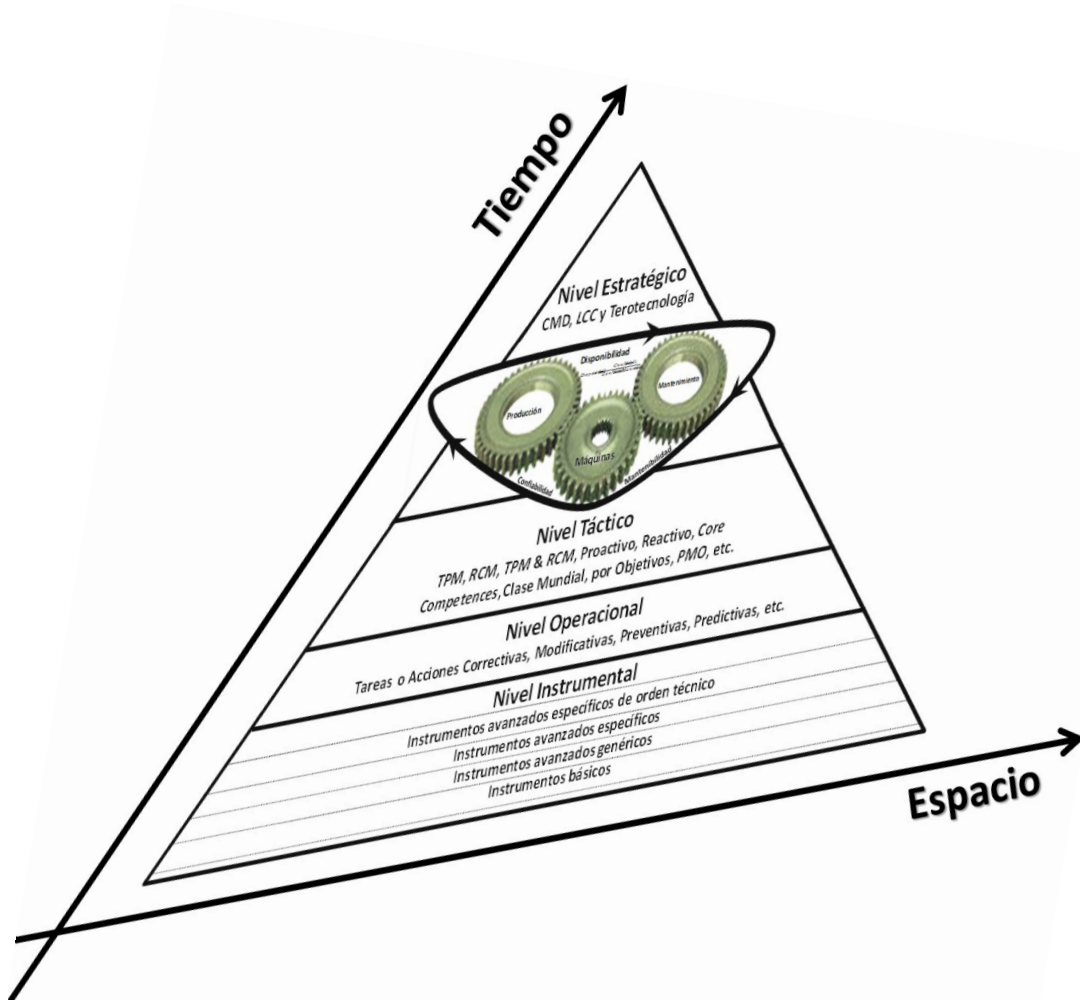
Antes de proseguir, se puede plantear que en Mantenimiento, existen cuatro grandes niveles significativos de acción, operación y estrategias.

Ilustración 11 - Estructura de mantenimiento según Casa OREDA



(ESReDa, 2001)

Ilustración 12 - Niveles de aplicación del proyecto Operación & Mantenimiento

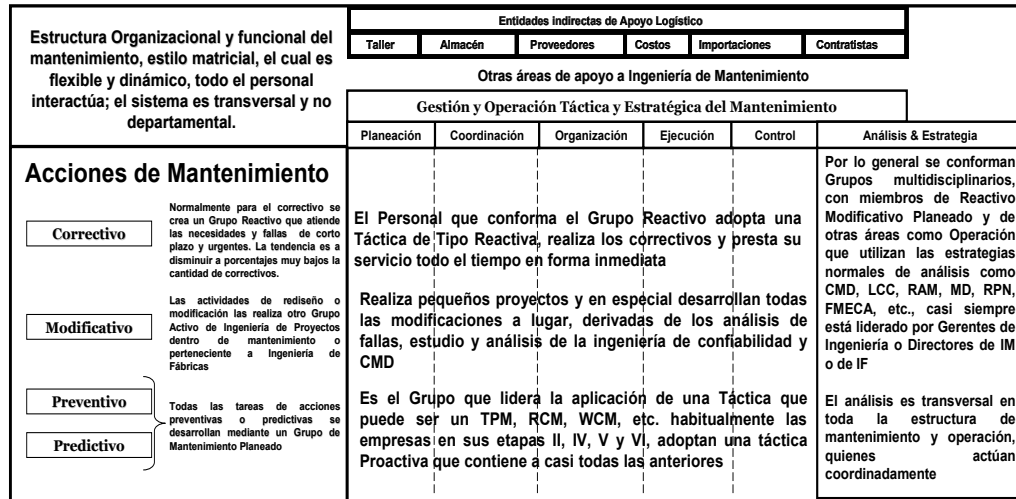


(Mora, 2007a)

Ahora a revisar aquellos métodos futurísticos que permiten escoger el más adecuado para aplicarlo al proyecto de encontrar las variables futuras de éxito en la gestión de mantenimiento, o sea las variables que nos permitan mejorar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, por ende la efectividad que es el indicador máximo de los equipos.

En general se puede afirmar que las variables bases de mantenimiento, que sirven de base a los expertos a desarrollar el Instrumento 1 MIC MAC, se basan en:

Ilustración 13 - Estructura sistémica, organizacional y funcional mantenimiento



1.2.2 Métodos Futurísticos

En general es posible presentar las diversas formas de evaluar el futuro de varias maneras, los diferentes estudios toman connotaciones disímiles según: el producto que generen, los actores que participen, el entorno donde se desenvuelven, la metodología en sí, la materia prima con que trabajen, las características cualitativas o cuantitativas del desarrollo que use para obtener los resultados y según otros parámetros (Mora, 2007b)

Otro punto vital al momento de diseñar un estudio del porvenir en un sistema empresarial, es seleccionar un conjunto coherente de métodos particulares, mediante el establecimiento lógico y afín, de una secuencia posible de metodologías que puedan ser factibles, acorde a las características de cada método, indudablemente, no todos los procedimientos son compatibles y no siempre los resultados de un procedimiento puede ser el insumo del siguiente (Mora, 2007b)

1.2.2.1 Aproximaciones de clasificación de los métodos futurísticos

Los grupos que resaltan en la futurología son: de proyectiva, de turbulencia (o transición) y los de prospectiva; sus diferencias son muy significativas y persiguen objetivos muy disímiles, en lo único que coinciden es que visualizan el futuro, en el estado presente.

La proyectiva se usa para métodos univariados, donde el fenómeno en cuestión maneja un sólo criterio que se extrapola en tiempo real a partir del presente, este método parte de la base de que el entorno actual se mantiene constante con ligeras variaciones, no muy significativas.

Los métodos de turbulencia o de transición son utilizados en la frontera de los anteriores, más que todo trabajan con apoyo de métodos de orden estadístico, con herramientas como: correlaciones, varianza, covarianza, coeficiente alfa de Cronbach, redes neuronales, componentes principales (Hair y otros,2005) (Pearson,1921), métodos *eigen vector* y *eigen-value*(Santesmases,2001).

1.2.2.2 Clasificación de los estudios del futuro

Los diferentes métodos y técnicas, son susceptibles de clasificar mediante distintas formas y criterios, cada uno tiene un aporte significativo dependiendo del entorno, de los artefactos y de las personas que usan; se presentan algunas maneras de organizarlos, sin ser ninguna de ellas más valedera que otra, simplemente son diferentes enfoques que se dan a las herramientas futuristas.

Decouflé hace una clasificación sobre el futuro, de acuerdo con tres acepciones distintas: el destino, el porvenir y el devenir. Como destino, el futuro es objeto del descubrimiento, como porvenir es objeto de la descripción imaginaria y como devenir es objeto de la acción (1980).

1.2.2.3 Criterios básicos de los métodos futurísticos

Las metodologías se pueden agrupar desde la óptica de algunos parámetros que los caracterizan por su aplicabilidad y por la fundamentación de los procesos internos que utilizan, para crear los futuribles. Un modelo futurístico de planeación estratégica tecnológica debe contener cuatro elementos básicos: lo cualitativo, lo cuantitativo, lo temporal y lo probabilístico (Jones y otro,1978 (citado por el autor Enrique De Miguel (1990,227-228))).

1.2.2.4 Cualitativo

El punto de partida de cualquier estudio de previsión es el elemento cualitativo o escenario no cuantificado, en donde se consideran las ideas y las opiniones de personas expertas en el tema a tratar. Se utilizan metodologías de análisis que buscan estimular el pensamiento creativo de los participantes y sacarlos de sus esquemas mentales (De Miguel,1990,229).

Entre algunos de estos métodos están:

1.2.2.4.1.1 Brainstorming o tormenta de ideas

Esta técnica se le atribuye inicialmente a Osborn¹⁰, quien en 1938 la utiliza para reflexiones en grupo. La tormenta de ideas es una deliberación en grupo, de la que se suprime cualquier tipo de crítica a los participantes. La cantidad de ideas, es la clave del éxito de este método, entre más pensamientos se generen, es más probable llegar a mejores resultados. La principal ventaja es que las reuniones de grupo estimulan la generación de ideas, su mejoramiento y la transformación de las de los demás, lo que hace que el producto final esté enriquecido. Este método no debe utilizarse para soluciones claras o que se puedan encontrar en la experiencia. En él, es de vital importancia la calidad y la experiencia de las personas que participan, su enriquecimiento depende de esto (De Miguel,1990,229-230).

1.2.2.4.1.2 Analogías

El interés de este método de previsión está en investigar si dos cosas presentan características similares. O'Connor distingue dos etapas para obtener una analogía: la casual (o superficial) que se da cuando parece haber cierta semejanza entre dos o más artefactos, recursos o situaciones y la formal, que surge después de un análisis completo de las características básicas. Entre las más citadas por Jones y Twiss están: las biológicas, históricas y geográficas (234).En la actualidad se les utiliza para construir entornos de productos o servicios nuevos, similares a otros.

1.2.2.4.1.3 El modelo de mapa contextual

El mapa contextual se usa para hacer la previsión de la evolución de una tecnología. Se fundamenta en la representación gráfica de dicha evolución a lo largo del tiempo y de las tecnologías que influyen en su avance. La principal aplicación es la de servir de punto de partida, para llevar a cabo estudios de series de tiempo, donde las primeras etapas del desarrollo tecnológico se registran, se cuantifican y se colocan sobre una escala temporal para ser luego, extrapoladas.

1.2.2.4.1.4 El análisis morfológico

El método consiste en obtener un modelo de dos dimensiones llamado matriz morfológica, en la primera columna aparecen las etapas, variables o atributos fundamentales de la tecnología analizada, las columnas siguientes numeradas contienen los diferentes métodos alternativos para completar las diversas etapas. Es la más sistémica de las metodologías (235-236).

¹⁰ Citado por el autor Enrique De Miguel en su libro (1990,229).

1.2.2.4.1.5 El análisis de vacíos

El método consiste en analizar los huecos o vacíos (diferencia entre el nivel de actividad que busca la empresa y el que obtendría sin cambios en las estrategias o políticas de la misma) que tiene el mercado o la planificación de la empresa, a fin de cubrirlos y lograr la buena marcha de la organización.

1.2.2.4.1.6 Vigilancia del entorno

Consiste en tomar datos permanentes de variables claves, por ejemplo dentro de un proceso integral futurístico, permite la recolección de datos de los fenómenos que se pronostican para luego construir el año base¹¹ (que normalmente es dos años más tarde que el actual inicial), con estos datos y con hechos asociados a los fenómenos evaluados, se construyen los entornos que dan la base para la elaboración de los entornos de mediano y largo plazo del año base, entre ellos resaltan los entornos de orden: económico, político, financiero, tecnológico, de mercadeo, social, político, ecológico, recursos humanos, etc.

1.2.2.4.1.7 Planeación por Escenarios – Método modificado cuantitativo

Son entornos que se valoran a futuro y que se dan dentro de unas condiciones referenciadas por hechos y opiniones de expertos, para que esta metodología califique verdaderamente como de método científico, debe desarrollarse con una metodología científica y no basada en simples conjeturas humanas conjugadas de tal manera, que sea a capricho de los realizadores o de los participantes.

1.2.2.4.1.8 Técnicas de consenso

La metodología es bastante usada cuando se desea unificar (bajo sistemas proactivos) las ideas obtenidas de otro método, por ejemplo es bastante usual consensuar resultados de pronósticos bajo series temporales mediante este método, donde adquieren mucha importancia las opiniones, las experiencias y las posiciones subjetivas de los expertos en el tema, a la hora de unificar resultados obtenidos por pronósticos.

1.2.2.4.1.9 Técnicas de grupo nominal

Es un método similar al Delphi, pero se estructura para que se capten y se agreguen opiniones de los participantes, pero reunidos físicamente (a diferencia del Delphi). Se diseñó por Delbecq y Van de Ven en 1968 y los usan a partir de diversos estudios de psicología en grupos de decisión, aplicados a

¹¹ El año base, es donde se quiebra la frontera entre el futuro con base en el pasado y el futuro construido a partir de lo nuevo.

problemas de ingeniería industrial en la Nasa en la Florida (Estados Unidos) (Delbecq y otro,1971,106) (Delbecq y otros,1986) (Landeta,1999,186).

1.2.2.4.1.10 Mini-Delphi

Es una versión simplificada del método original, en la cual los distintos participantes escriben sus ideas en presencia de los demás, luego se discuten públicamente sin asociarlas a los participantes que las desarrollan (esta es la diferencia con Delphi y con Grupo nominal), posteriormente se analizan y se mejoran, en seguida se toma la mediana de las ideas como el resultado global.

1.2.2.4.1.11 EDSIM (Educational Simulation)

Consiste en un método Delphi avanzado que utiliza técnicas cuantitativas, probabilísticas y temporales de impactos cruzados (que se enuncian más adelante) para obtener una mejor explicación de la interrelación de las ideas suscritas, se desarrolla por Timothy W. Weaver en 1971 en Nueva York en la Universidad de Syracuse (196).

Existen otros métodos, de orden cualitativo que son muy útiles cada uno de ellos, a partir de las características que presentan y su necesidad de aplicación.

1.2.2.4.1.12 COMPASS

Es una herramienta de orden cualitativo que es de mucho uso, a la hora de establecer planes, políticas o programas empresariales, que requiere del concurso de expertos, se lleva a cabo en dos etapas, en la primera de ellas se realiza un taller reflexivo que permite encontrar las principales ideas sobre el futuro que se desea y en la segunda se evalúan las conclusiones obtenidas para poder implementarlas. Es un método heurístico, de investigación exploratoria, de orden empírico desarrollado inicialmente por Barclay Hudson en 1979 (Miklos y otra,1998,165).

1.2.2.4.1.13 Ábaco de Régnier®

De por sí es un método cualitativo y en cierta forma temporal, muy animado y agradable de realizar, su técnica es principalmente de debate con grandes ayudas visuales que se basa en diferentes técnicas de colores, permite que los expertos se involucren de una manera más profunda en la realidad del debate sobre el tema, del cual se trata de averiguar el futuro (Godet,1999,147-149) (358)

1.2.2.4.1.14 Conferencia de encuentro y búsqueda de futuribles

Es una técnica de orden cualitativo y temporal, mediante el análisis grupal de expertos homogéneos, bastante conocedores del tema que se desea prospectar

entre diez y quince años vista, en el se revisan y se auscultan las tendencias del pasado, que se cree que tengan alguna influencia en el tiempo futuro, al igual tratan de elucubrar sobre las situaciones nuevas que pueden aparecer en ese lapso de tiempo futuro.

1.2.2.5 Cuantitativo

Una vez se logran determinar los artefactos o las variables del entorno mediante los procesos cualitativos, se seleccionan y se definen los parámetros de calificación cuantitativa que evalúan los rendimientos de dichas variables. Las variables se cuantifican para poder empezar a ensamblar un modelo exhaustivo de planeación estratégica tecnológica basada en el estado futuro, con el fin de tener una futurología integral basada en metodologías de carácter científico.

1.2.2.6 Temporalidad

El enfoque kantiano presupone que la esencia en sí de los métodos futurísticos, consiste en poder trasladar mentalmente todos los sucesos factibles de ocurrir en el porvenir en los elementos de un sistema (personas, artefactos y entorno) en términos de espacio y/o tiempo a otras coordenadas distintas a las actuales. Como tal, son sucesos mentales tanto los de tiempo como los de espacio, por lo cual todas las técnicas que se usan son de carácter mental e intelectual, las cuales adquieren la calidad de valederas, en la medida en que los traslados en el tiempo sean lo suficientemente consistentes y secuenciales, que generen coherencia intelectual en cada una de sus etapas.

1.2.2.7 Probabilidad

Esta cuarta característica de la clasificación del autor Enrique De Miguel, se refiere a varios aspectos: contempla tanto los métodos que asumen la asignación humana de probabilidades a eventos de una forma técnica o subjetiva con base en la experiencia y el conocimiento de los hechos por parte de los expertos que participan en el estudio, como aquellos métodos que realizan cálculos estadísticos (matemáticos o estocásticos), para asignar probabilidades de ocurrencia directas o conjugadas a los posibles eventos de un análisis futurístico.

Entre los más sobresalientes:

1.2.2.8 Prospectivos de Probabilidad

1.2.2.8.1.1 Curvas de aprendizaje

Este método es de base cualitativa, con fuertes componentes cuantitativos y temporales, refleja el nivel de aprendizaje de las personas u objetos ante

determinada función o situación. Se basa en la recolección de datos históricos, que permite su extrapolación en un estado presente para conocer su comportamiento futuro (De Miguel,1990,261).

1.2.2.8.1.2 Curvas de sustitución

La metodología es netamente cuantitativa y temporal, se aplica en situaciones donde una tecnología, servicio, producto, proceso u organización es sustituido paulatinamente por otro, pretende encontrar la relación matemática que modele dicha sustitución en el tiempo (Fisher y otro,1971). El método es útil cuando se trata de productos o materiales nuevos (268).

1.2.2.8.1.3 Analogías cuantificadas

El método se fundamenta en la herramienta futurística analogías de orden cualitativo, solo que se añaden componentes cuantitativos y temporales; el proceso identifica un fenómeno en el tiempo que se denomina el precursor y uno rezagado más actual, se encuentran los parámetros y las relaciones matemáticas que gobiernan la relación causal, se toman los datos históricos de valores del elemento precursor y se pronostica con series temporales el elemento rezagado (se recomiendan períodos de ocho años) (Koshi,1974). El método tiene mayores beneficios en los asuntos tecnológicos y empresariales, presenta algunas restricciones en lo social (265-267) (Jones y otro,1978).

1.2.2.8.1.4 Modelos dinámicos o Dinámica de sistemas

La metodología básicamente es de orden cuantitativo, temporal y cualitativo. Encuentra las correlaciones matemáticas y estadísticas entre variables en términos del tiempo, establece los modelos matemáticos requeridos para ajustar el comportamiento histórico de los diferentes fenómenos evaluados, una vez los emula, los extrapola al futuro.

1.2.2.8.1.5 Técnicas compuestas

Los métodos futurísticos en general son complementarios, se requieren unos de otros para alcanzar los diez criterios mínimos de éxito y consolidar el proceso integral de futurología, como de carácter científico. Dadas unas circunstancias de personas, recursos (artefactos) y entornos (escenarios) existen unos más adecuados que otros, con base en las características propias del fenómeno o situación que se desee prospectar en sí y de lo que se pretenda obtener, a partir de la información que se tiene (276-277). En algunas ocasiones la combinación de varios modelos es el mejor camino para obtener excelentes resultados.

1.2.2.8.1.6 Análisis de tendencias de impactos

Califica como un método cualitativo, temporal y cuantitativo; su producto futuro consiste en detectar los estados posibles que se pueden lograr, al proyectar con la extrapolación de sucesos pasados, la tendencia natural de un fenómeno, sin fenómenos exógenos, es decir libre de sorpresas. Este método es útil para construir ciertos imaginarios en determinadas ocasiones, en áreas empresariales como ventas y mercadeo (277¹²). De alguna manera se usan en estas técnicas los métodos de regresión y ciertos modelos dinámicos.

1.2.2.8.1.7 Análisis Bayesiano

Es una técnica probabilística y cualitativa, asume una serie de eventos futuros y les calcula sus probabilidades de ocurrencia bajo unos paradigmas de sucesión de hechos condicionados a ocurrir, es de orden cuantitativo cuando evalúa financieramente los beneficios esperados (277-278) (Ibrahim y otros,2005) (AB@,2006).

1.2.2.8.1.8 Árboles de decisión - Árbol de relevancia - Método PATTERN

Es una herramienta futurística de carácter científico que posee características cuantitativas, cualitativas, temporales y probabilísticas, trabaja sobre la base de la incertidumbre de que no se dispone de datos del pasado sobre los cuales predecir el porvenir. Los expertos que participan en ellas pueden analizar, estructurar y resolver problemas mediante análisis gráficos, probabilísticos y económicos.

Se establecen eventos y decisiones que se construyen sobre la figura de un árbol, en el se dibujan nodos de dos tipos, cuando son orden decisional sobre los cuales el ser humano puede optar por cada una de las posibles opciones y estados aleatorios naturales cuando la opción a suceder no depende de las personas, se construyen así las distintas ramas del árbol con su correspondientes nodos, hasta llegar a la derecha a eventos terminales, cada opción natural o humana se valora en términos económicos y probabilísticos; el proceso consiste en decidir sobre la ruta que mayor beneficio esperado ofrezca, de acuerdo a sus opciones probabilísticas (Vinader,1978)(Bas,1999,131-134).

1.2.2.8.1.9 Series temporales

La metodología de series temporales califica como un método cuantitativo y temporal¹³ (casi siempre proveniente de un estudio cualitativo previo) de procedencia cualitativo, básicamente se trata de emular el comportamiento futuro

¹² Cita el autor Enrique De Miguel a T.J. Gordon y a J. Stover como fundadores de esta técnica en su publicación *Using perceptions and data about the future to improve the simulation of complex systems*.

¹³En ocasiones se les atribuye características probabilísticas.

a partir del análisis de los datos del pasado y del presente; se le considera como uno de los métodos más completos, acertados y útiles para conocer el futuro de corto plazo; el por sí solo cumple con el método científico cuando sigue una metodología integral estandarizada mundialmente (Carrión, 1999, 2-18).

1.2.2.8.1.10 Análisis del espectro de frecuencias temporales

Es una derivación de las series temporales, por medio de esta técnica se demuestra que cualquier proceso periódico se puede modelar, con la precisión deseada, mediante series de términos de funciones sinusoidales (seno y coseno), lo que se conoce como series de Fourier, y se denomina espectro a la representación de las amplitudes, en el eje de las Y, que constituyen los diferentes términos de la serie para toda la gama de frecuencias (eje de las X).

Los métodos de acá en adelante son los que se usan en el proceso estratégico de mantenimiento, en su orden: instrumento abierto a expertos, buscando un Delfos, el MIC MAC que aporta los cuartiles y luego el análisis profundo de impacto cruzado con todos sus análisis ya enunciados.

1.2.2.8.1.11 Técnica Delfos con cuartiles

Es de grado cualitativo, temporal, cuantitativo y probabilístico; se basa en expertos del tema a evaluar en estado futuro. El proceso que sigue es similar al método Delphi solo que asigna probabilidades de ocurrencia a los diferentes eventos y a sus derivados por cruce entre ellos, en diferentes estados del tiempo (en el caso de cuartiles o trimestres de año) (De Miguel, 1990, 280-288).

1.2.2.8.1.12 Método del Vaticano

Es una herramienta netamente cualitativa, que emula el método Delphi y le agrega unas etapas adicionales, que garantizan que se llegue a un consenso total de los participantes sobre el tema que se desea evaluar en su estado futuro

1.2.2.8.1.13 Análisis estructural de impactos cruzados

El método de impactos cruzados es quizás uno de los métodos más completos para el análisis futurístico de diferentes entornos posible en el mediano y largo plazo, se considera de orden cualitativo, cuantitativo, temporal y probabilístico. Su insumo son las ideas de los expertos, quienes deben ser seleccionados de una forma muy cuidadosa, pues en ello y en ellos radica el éxito.

Se desarrolla en varias etapas, se inicia en un ejercicio profundo de orden cualitativo que pretende detectar las variables que influyen de alguna manera en el presente o en el futuro sobre un tema, variable o entorno futuro (normalmente es

una técnica Delphi para comenzar), una vez se consiguen las variables por algún método cualitativo serio, se relanzan las hipótesis y se procede a su decantación con algunas técnicas estadísticas y/o cuantitativas, posteriormente se procede a evaluar mediante otra etapa y/o instrumento las influencias de unas variables sobre otras a partir de la opinión de los expertos (estos se recomiendan en cifra superior a diez e inferior a cincuenta (similar al Delfos con cuartiles) (De Miguel,1990,302), la cifra ideal es trece personas (cuando se trata de sector privado, 35 para mixto y 50 para entidades públicas).

La siguiente fase es la construcción de una matriz donde se recogen las ideas cuantificadas y con asignaciones probabilísticas dadas por cada uno de los expertos de cada variable sobre las demás, esta matriz se unifica con ceros y unos a partir de las medias obtenidas (matriz que se conoce como base cero) de las incidencias de unas variables sobre otras, una vez establecida la matriz se procede a elevarla a la máxima potencia posible con el fin de obtener unos valores suavizados constantes en las evaluaciones de motricidad (movilidad o capacidad de una variable de incidir a futuro sobre otra) y dependencia (incidencia que puede recibir una variable de otra con alto grado de motricidad, puede decirse también del grado de sensibilidad de una variable al ser impactada por otra), valores que se obtienen de la matriz que potencia; entre más elevado sea el valor de la potencia, mayor es la probabilidad de la estabilidad de sus valores de dependencia y motricidad.

Con estos valores horizontales de motricidad y verticales de dependencia, se procede a construir los mapas arquitectónicos contextuales de impacto directo (matriz de orden uno, que refleja la realidad actual) y el de impacto indirecto (matriz elevada a la máxima potencia) que es el que representa los valores de motricidad y dependencia que adquieren las variables a futuro.

El mapa de orden indirecto que se obtiene mediante procesos cuantitativos, estadísticos, probabilísticos y temporales, constituye cuatro cuadrantes que representan los tipos de variables que se tienen: motrices (alta motricidad y baja dependencia), reflejo o tipo espejo o de refuerzo (alta motricidad con alta dependencia), dependientes (alta dependencia con baja motricidad, conocidas también como variables del futuro, de largo plazo) y por último las variables autónomas o independientes (baja motricidad y baja dependencia) que son las que no inciden, ni en el presente ni en el futuro sobre el sistema (Mora,2000b)(2000c).

Estos cuadrantes también esquematizan las acciones en términos del tiempo, definen las estrategias que se deben llevar a cabo en cada fecha encontrada, establecen la secuencia lógica de metas y actividades a desarrollar de una forma coherente, permiten evaluar los resultados que se obtienen en cada tiempo definido para ello, etc.; son innumerables los beneficios de la planeación estratégica tecnológica a partir del estado futuro que se obtienen por este método MIC MAC, por eso se les considera a los métodos de impacto cruzado como uno de los métodos de mayor nivel científico, cuando se aplican debidamente se da por descontado que cumplen todos los criterios de éxito ya descritos (De Miguel,291-303) (Landeta,1999,198-219) (Bas,1999,126-131) (Godet,1999,149-186) (Miklos y otra,1998,125-127).

La metodología de análisis estructural prospectivo de impactos cruzados MIC MAC, adquiere su gran divulgación entre 1972 y 1974, su sigla MIC MAC se explica como - *Matrice d'Impacts Croisés - Multiplication Appliquée a un Classement* - Matriz de Impacto Cruzado con Multiplicación Aplicada a una Clasificación de variables en un sistema cerrado (Godet, 1999,352) (Duperrin y otro,1973).

El análisis estructural de impactos cruzados se desarrolla en el proyecto, con el objetivo de encontrar las variables claves de éxito en la gestión de mantenimiento que impacten la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de la empresa y que permita un trabajo conjunto y en equipo de las áreas de producción y mantenimiento.

Estas variables claves de éxito son de gran ayuda para definir los proyectos, mejoras e inversiones que las empresas deben realizar en el presente y en el futuro en sus equipos, en su personal y en la forma de liderar la gestión del mantenimiento.

Se describe a continuación un ejemplo simple de aproximación al análisis estructural de impactos cruzados.

Se seleccionan treinta y un expertos (o más), para este caso 40, en el tema comercial con suficiente experiencia y conocimiento, tanto en el comportamiento del consumidor como en técnicas cualitativas, con la base de un ejercicio Delphi se les solicita a los participantes que planteen las posibles variables influyentes en los criterios de compra del consumidor nacional en el territorio del país a los próximos cinco años vista.

No.

Planeación Estratégica
ANÁLISIS ESTRUCTURAL PROSPECTIVO – M. Godet

-MIC MAC

Matrice d'Impacts Croisés - Multiplication Appliquée à un Classement
Matriz de Impacto Cruzado, de Análisis Estructural y de Relaciones e
Influencias (M. Godet y J.C. Duperriou - Francia - 1974 CEA R 4541)

Instrumento 1

Le agradecemos a Usted nos diligencie el siguiente instrumento teniendo en cuenta su gran experiencia y su alto conocimiento en mercadeo, comercialización y logística.

Favor entonces enuncie al menos diez criterios relevantes en Criterios relevantes para el consumidor del país en cinco años vista en el territorio nacional.

Escriba cada renglón con máximo cuatro palabras.

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____

Otros

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____
- 5) _____

Agradeciéndole su atención y participación.

Una vez se obtienen las diferentes variables de todos los 40 expertos, se filtran con el grupo mediante la identificación de las similares y de las que denoten lo mismo para simplificarlas; luego se tamizan mediante un histograma frecuencial, para constituir las primeras 16 variables como hipótesis de factores claves influyentes.

		Criterios relevantes para el consumidor del país en cinco años vista en el territorio nacional.	Frecuencia
1	IN	Innovación	34
2	IN	Tecnología	32
3	EX	Rapidez comunicacional	30
4	EX	Precio	24
5	IN	E-business	24
6	IN	Internet	22
7	CN	Diversidad	19
8	IN	Medio Ambiente -Conservar naturaleza	18
9	EX	M-business	18
10	EX	Calidad	12
11	EX	Funcionalidad	12
12	CN	Nutrición y productos orgánicos	11
13	CP	Globalización y competencia internacional	10
14	CP	Practicidad	9
15	IN	Rapidez -Distribución	9
16	IN	Información Técnica	9
22		Novedad	7
23		Alternativas mismos productos	7
24		Uso de tecnología	7
25		Grandes mercados	7
26		Knowledge	6
27		Creatividad	6
28		Demanda	6
29		Salud	6
30		Bienestar	6
31		Transporte	6
32		Inversión	5
33		Publicidad	5
34		Prevención	5
35		Servicio	5
36		Domicilio	4
37		Oportunidad	4
38		No perdurables	4
39		Portafolio	3
40		Satisfacción	3
41		Masivos	3
42		Facilidad de pago	3
43		Aplicaciones distribuidas	2
44		Movilidad tecnológica	2
45		Competencia internacional.	2
Media			9

Las variables seleccionadas como hipótesis, que influyen en las características del consumidor a siete años vista, se toman por valores iguales o superiores a la media. A su vez se clasifican en variables internas y exógenas, y en cada subgrupo como técnicas y de gestión. Las variables se discuten con el grupo de expertos para validarlas y comprobar que todo el mundo entienda de ellas el mismo significado. Se procede a entrenar al grupo específico seleccionado para la etapa de impactos cruzados, en la forma de diligenciar el instrumento, las escalas de probabilidades y los valores que para ello se definen.

ESTUDIO PROSPECTIVO M.I.C. M.A.C. - Encuesta # 2		Encuesta # _____ Fecha _____ Nombre o Seudónimo _____ Empresa _____ Cargo _____														
Criterios relevantes para el consumidor del país en cinco años vista en el territorio nacional.																
Con base a su gran experiencia y conocimiento sobre el Tema se le solicita el favor de llenar este instrumento																
Calificación cinco - 5 - máxima influencia y calificación cero - 0 - mínima o ninguna influencia, use por favor solo números enteros: 0,1,2,3,4,5.																
Gracias - Coordinador -																
VARIABLES -																
1	Innovación	1														
2	Tecnología	2														
3	Rapidez comunicacional	3														
4	Precio	4														
5	E-business	5														
6	Internet	6														
7	Diversidad	7														
8	Medio Ambiente -Consevar naturaleza	8														
9	M-business	9														
10	Calidad	10														
11	Funcionalidad	11														
12	Nutrición y productos orgánicos	12														
13	Globalización y competencia internacional	13														
14	Practicidad	14														
15	Rapidez -Distribución	15														
16	Información Técnica	16														
<p>La forma de llenar es de izquierda a derecha y hacia arriba, es decir pregúntese por favor qué tanto incide la variable 01 en la 02 de este cuestionario ? Qué tanta influencia ejerce (01) en (02) ...? Respuesta : personalmente se cree que es de mediana influencia, por lo se califica con 3 en el recuadro gris.</p> <p>Posteriormente revise la influencia de 1 (Vertical) en 3 (Horizontal) (03) luego de 1 con 4 y así sucesivamente 1 con 5, 1 con 6, 1 con 7, etc..., 1 con 16. Luego tome 2 Vertical y revise con 1,2,3,4,5,...,16 Horizontales, y así sucesivamente con 3,4,5,6,...,16 Verticales</p>																

Al promediar todas las respuestas de impactos de las trece personas seleccionadas, se tiene la siguiente matriz inicial de resultados de impactos.

		Promedios																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	0.00	3.75	3.50	3.75	2.50	2.88	4.25	3.88	2.63	4.25	4.38	2.38	4.50	3.38	3.63	4.8			
2	4.75	0.00	4.63	4.38	4.63	4.25	3.50	3.50	4.50	4.25	4.50	3.13	4.38	4.50	3.63	4.75			
3	2.38	3.63	0.00	3.13	4.13	2.75	2.88	1.50	3.63	2.00	3.00	1.63	4.00	2.63	4.13	3.25			
4	4.50	4.13	3.63	0.00	3.50	2.88	2.88	1.88	3.38	4.38	4.25	2.38	4.50	3.63	4.13	2.88			
5	2.25	2.88	3.25	3.50	0.00	4.75	3.63	1.88	3.88	2.38	3.38	1.25	4.75	4.25	4.50	3.00			
6	4.00	4.63	4.00	2.38	5.00	0.00	3.75	1.75	4.25	2.50	4.00	1.13	4.63	3.63	3.75	3.88			
7	3.38	3.63	2.13	3.25	2.88	2.88	0.00	2.13	2.13	3.50	4.25	2.13	4.63	3.25	1.75	1.88			
8	3.25	3.25	1.50	2.13	1.13	1.63	3.50	0.00	1.13	3.50	3.00	4.88	3.63	1.75	0.88	1.88			
9	2.75	3.88	4.25	3.25	3.75	3.75	2.38	2.38	0.00	3.00	2.75	1.13	3.63	3.63	4.13	0.13			
10	3.63	4.75	1.88	4.75	2.00	2.75	3.25	3.63	1.88	0.00	4.13	2.25	4.63	3.13	2.88	3.13			
11	4.00	3.75	2.88	4.13	2.88	2.00	3.13	2.38	2.63	3.50	0.00	1.25	3.75	4.38	2.38	2.13			
12	2.00	2.75	1.25	2.50	2.00	2.00	1.25	5.00	1.38	3.25	1.50	0.00	2.75	1.25	1.25	1.25			
13	4.25	4.38	3.38	4.00	3.38	3.63	3.88	2.88	3.25	4.63	4.63	1.75	0.00	3.88	4.75	3.25			
14	4.25	4.25	3.50	4.75	3.38	3.50	3.25	2.63	3.00	3.25	4.63	2.25	4.13	0.00	3.75	2.25			
15	2.25	3.63	3.13	4.00	4.38	3.50	2.63	1.88	3.63	2.88	3.25	1.75	4.13	3.25	0.00	2.25			
16	3.88	4.38	2.25	3.00	3.13	3.13	2.88	2.13	2.88	3.50	3.50	2.38	4.13	3.00	2.38	0.00			
														Media		2.99			

Motricidad →

Dependencia ↓

Con el fin de valorar los impactos probabilísticos asignados, se valora como 1 (fuerte) las casillas con valores iguales o superiores a la media de 2.99 y con 0 las inferiores a la media, con lo cual se obtiene la matriz de relación directa M^1 .

Matriz Directa																	
Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Σ
1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	11
2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	8
4	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	10
5	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	10
6	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	11
7	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	7
8	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	7
9	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	9
10	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	9
11	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	7
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
13	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	13
14	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	12
15	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	9
16	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	9
Σ	10	13	9	12	9	7	9	4	8	11	13	2	14	12	9	7	149

Dependencia

Motricidad

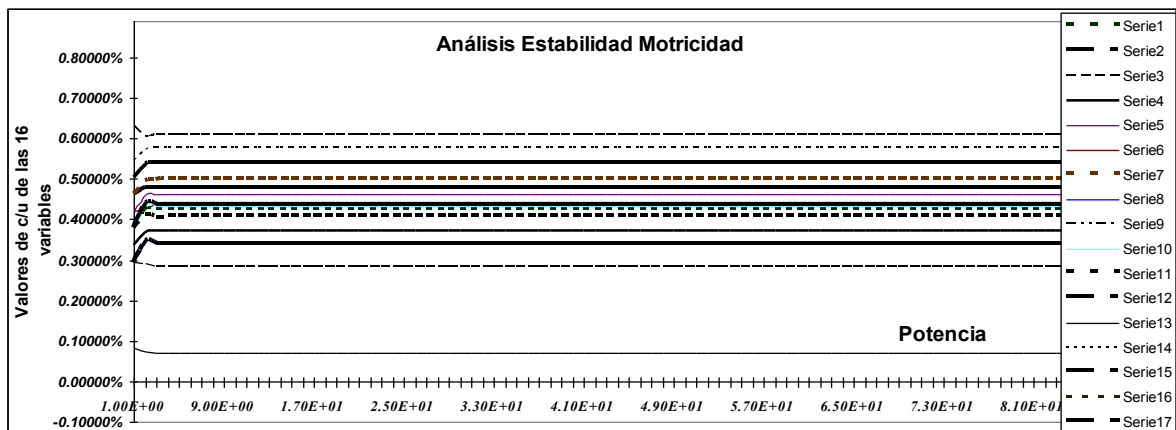
Para estimar los valores de motricidad y dependencia de cada variable se obtiene la suma horizontal de los impactos de motricidad y se divide en el global de 149 y entre 16 variables, al igual para dependencia se suma verticalmente los valores de

dependencia y se dividen en cada caso sobre el total de 149 y entre 16 (número particular de variables), lo que da en términos de porcentaje que facilita su graficación.

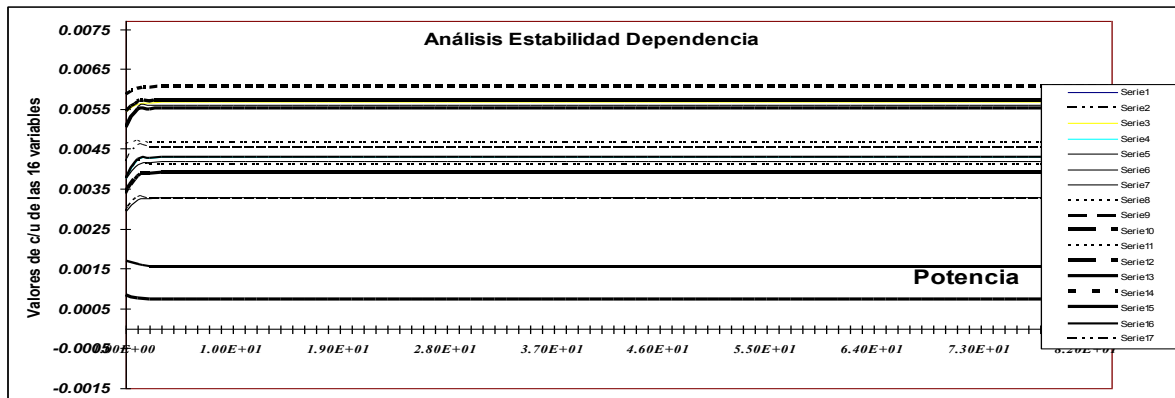
Variable	Valores en % de	
	DIRECTOS DE ORDEN 1	
	Motricidad	Dependencia
1	0.4614%	0.4195%
2	0.6292%	0.5453%
3	0.3356%	0.3775%
4	0.4195%	0.5034%
5	0.4195%	0.3775%
6	0.4614%	0.2936%
7	0.2936%	0.3775%
8	0.2936%	0.1678%
9	0.3775%	0.3356%
10	0.3775%	0.4614%
11	0.2936%	0.5453%
12	0.0839%	0.0839%
13	0.5453%	0.5872%
14	0.5034%	0.5034%
15	0.3775%	0.3775%
16	0.3775%	0.2936%

Para obtener los valores de motricidad de orden indirecto de impacto cruzado se eleva la matriz a la potencia $3.3699E+66$ que se representa numéricamente de la siguiente forma $M^{3.36E+66}$, que se puede leer como M a la potencia 3.37 undeca¹⁴- millones.

La ventaja de multiplicar a potencias altas, es que se garantiza la estabilidad en el tiempo de los valores de motricidad y dependencia de cada una de las variables.



¹⁴ Término usado por el autor, en desconocimiento de otro.

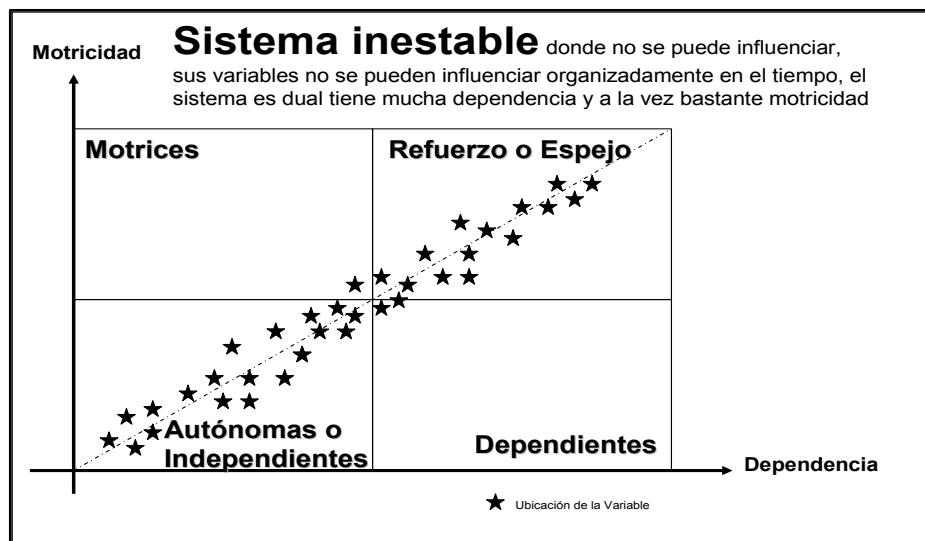
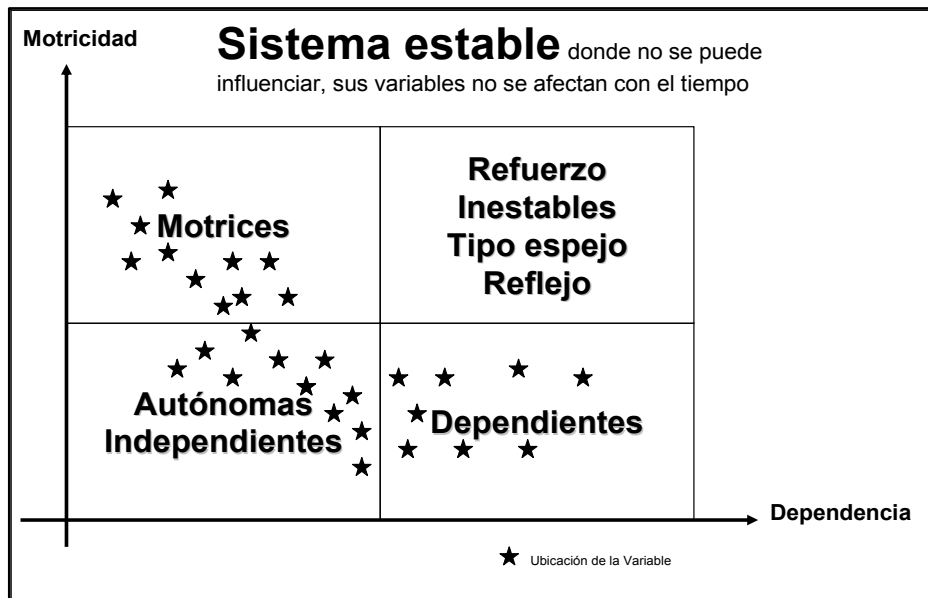


Cabe resaltar que la estabilidad de que se habla anteriormente, es alcanzada en forma posterior a que el sistema se impacta; existen otros comentarios sobre estabilidad, pero esta se refiere a que el sistema no es susceptible de ser prospectado o que sencillamente no se deja influenciar en términos futuros, por lo cual sus variables no sufren ninguna transformación ni en el tiempo, ni en el espacio evaluados, en términos de se mantienen constantes sus dos dimensiones de dependencia y motricidad, lo que garantiza la vigencia en el largo plazo.

Un sistema es sensible a la prospección cuando en los mapas estratégicos directo e indirecto, cada uno de los cuatro grupos de variables¹⁵ contiene al menos a varias de ellas, pero lo más importante es que haya traslado entre los cuatro grupos de al menos varias variables (entre los mapas directo e indirecto); en caso de que las variables no se desplacen entre los cuatro cuadrantes del mapa directo al indirecto, se puede afirmar que el sistema es inerte, o que no se deja influenciar y va a ser constante en el tiempo; por lo tanto no es posible de prospectar.

Existen casos específicos notorios en los diferentes cuadrantes, en determinadas situaciones, como las que diagraman a continuación.

¹⁵ *Motrices, inestables de refuerzo, dependientes e independientes.*



Los valores indirectos de motricidad y dependencia de las variables se leen de forma similar que los directos de su matriz correspondiente, al tener en cuenta que la suma horizontal es motricidad y la adición vertical es el valor correspondiente a dependencia de cada variable.

Con lo cual se obtienen los siguientes valores en la matriz indirecta.

Matriz Indirecta de orden 3.3699E+66																	
Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Motricidad
1	0.03233%	0.04041%	0.03064%	0.03999%	0.02982%	0.02340%	0.02930%	0.01110%	0.02770%	0.03319%	0.04061%	0.00514%	0.04312%	0.03933%	0.03064%	0.02326%	0.4800%
2	0.04118%	0.05148%	0.03903%	0.05093%	0.03798%	0.02981%	0.03732%	0.01413%	0.03529%	0.04228%	0.05172%	0.00655%	0.05493%	0.05010%	0.03903%	0.02963%	0.6114%
3	0.02815%	0.03144%	0.02383%	0.03111%	0.02319%	0.01820%	0.02279%	0.00863%	0.02155%	0.02582%	0.03159%	0.00400%	0.03354%	0.03059%	0.02383%	0.01810%	0.3734%
4	0.03121%	0.03901%	0.02958%	0.03860%	0.02878%	0.02259%	0.02828%	0.01071%	0.02674%	0.03204%	0.03920%	0.00497%	0.04163%	0.03797%	0.02958%	0.02246%	0.4633%
5	0.02987%	0.03733%	0.02830%	0.03694%	0.02754%	0.02162%	0.02706%	0.01025%	0.02559%	0.03066%	0.03751%	0.00475%	0.03983%	0.03633%	0.02830%	0.02149%	0.4433%
6	0.03371%	0.04213%	0.03194%	0.04169%	0.03108%	0.02440%	0.03054%	0.01157%	0.02888%	0.03460%	0.04233%	0.00536%	0.04495%	0.04100%	0.03194%	0.02425%	0.5004%
7	0.02303%	0.02879%	0.02182%	0.02849%	0.02124%	0.01667%	0.02087%	0.00790%	0.01973%	0.02364%	0.02892%	0.00366%	0.03072%	0.02802%	0.02182%	0.01657%	0.3419%
8	0.01905%	0.02381%	0.01805%	0.02356%	0.01756%	0.01378%	0.01726%	0.00654%	0.01632%	0.01955%	0.02392%	0.00303%	0.02540%	0.02317%	0.01805%	0.01370%	0.2827%
9	0.02924%	0.03655%	0.02771%	0.03617%	0.02697%	0.02117%	0.02650%	0.01004%	0.02506%	0.03002%	0.03673%	0.00465%	0.03900%	0.03557%	0.02771%	0.02104%	0.4341%
10	0.02743%	0.03428%	0.02599%	0.03392%	0.02529%	0.01985%	0.02485%	0.00941%	0.02350%	0.02816%	0.03445%	0.00436%	0.03658%	0.03337%	0.02599%	0.01974%	0.4072%
11	0.02303%	0.02879%	0.02182%	0.02849%	0.02124%	0.01667%	0.02087%	0.00790%	0.01973%	0.02364%	0.02892%	0.00366%	0.03072%	0.02802%	0.02182%	0.01657%	0.3419%
12	0.00464%	0.00580%	0.00440%	0.00574%	0.00428%	0.00336%	0.00421%	0.00159%	0.00398%	0.00477%	0.00583%	0.00074%	0.00619%	0.00565%	0.00440%	0.00334%	0.0689%
13	0.03903%	0.04879%	0.03699%	0.04827%	0.03599%	0.02825%	0.03537%	0.01339%	0.03344%	0.04007%	0.04902%	0.00621%	0.05206%	0.04748%	0.03699%	0.02808%	0.5794%
14	0.03636%	0.04545%	0.03446%	0.04497%	0.03353%	0.02632%	0.03295%	0.01248%	0.03116%	0.03733%	0.04567%	0.00579%	0.04850%	0.04424%	0.03446%	0.02616%	0.5398%
15	0.02885%	0.03605%	0.02733%	0.03568%	0.02660%	0.02088%	0.02614%	0.00990%	0.02471%	0.02961%	0.03623%	0.00459%	0.03847%	0.03509%	0.02733%	0.02075%	0.4282%
16	0.02938%	0.03672%	0.02784%	0.03634%	0.02709%	0.02127%	0.02662%	0.01008%	0.02517%	0.03016%	0.03690%	0.00468%	0.03919%	0.03574%	0.02784%	0.02114%	0.4362%
Dependencia	0.4535%	0.5668%	0.4297%	0.5609%	0.4182%	0.3282%	0.4109%	0.1556%	0.3886%	0.4655%	0.5695%	0.0722%	0.6048%	0.5517%	0.4297%	0.3263%	6.732%

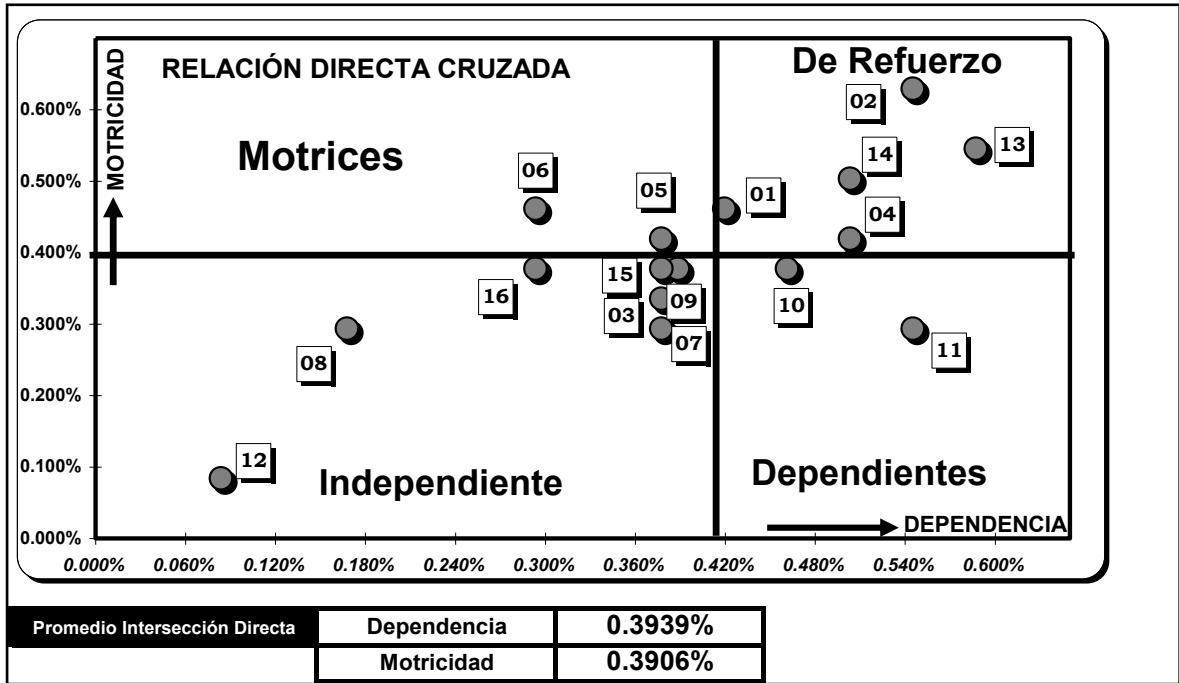
Con los siguientes valores de motricidad y dependencia.

Variable	Valores en % de			
	Motricidad Directa	Motricidad Indirecta	Dependencia Directa	Dependencia Indirecta
1	0.4614%	0.4800%	0.4195%	0.4535%
2	0.6292%	0.6114%	0.5453%	0.5668%
3	0.3356%	0.3734%	0.3775%	0.4297%
4	0.4195%	0.4633%	0.5034%	0.5609%
5	0.4195%	0.4433%	0.3775%	0.4182%
6	0.4614%	0.5004%	0.2936%	0.3282%
7	0.2936%	0.3419%	0.3775%	0.4109%
8	0.2936%	0.2827%	0.1678%	0.1556%
9	0.3775%	0.4341%	0.3356%	0.3886%
10	0.3775%	0.4072%	0.4614%	0.4655%
11	0.2936%	0.3419%	0.5453%	0.5695%
12	0.0839%	0.0689%	0.0839%	0.0722%
13	0.5453%	0.5794%	0.5872%	0.6048%
14	0.5034%	0.5398%	0.5034%	0.5517%
15	0.3775%	0.4282%	0.3775%	0.4297%
16	0.3775%	0.4362%	0.2936%	0.3263%

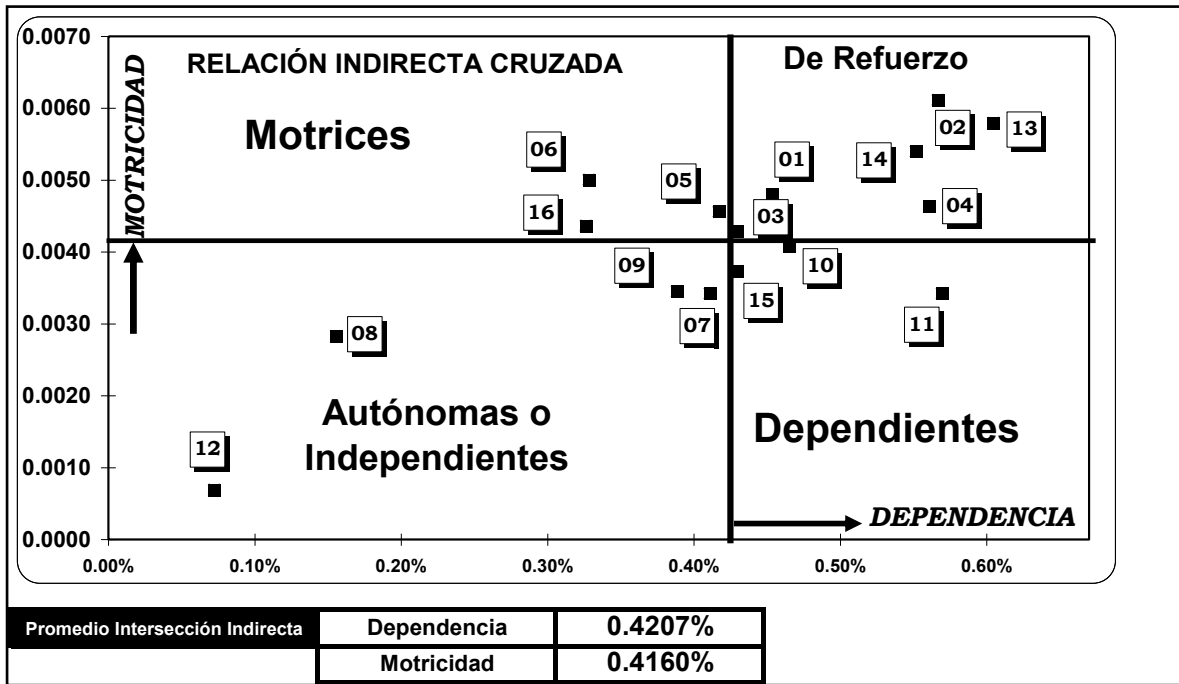
Con estas cifras ya se puede proceder a construir los mapas arquitectónicos de relaciones directas e indirectas, cada uno con sus cuatro cuadrantes de variables: motrices, refuerzo, dependientes y autónomas.

Se debe tener en cuenta que el ser humano es incapaz de imaginar y mucho menos visualizar lo que sucede en el mapa arquitectónico indirecto, dada la complejidad de la multiplicación matricial, esta es una de las grandes virtudes del método de impactos cruzados, lo otro que hay que manifestar, es que es muy común que los expertos se sorprendan con los resultados obtenidos en el mapa indirecto, sobre todo con las variables autónomas donde les cuesta trabajo aceptar que no inciden, esto se debe entender en el contexto, de que el futuro no siempre es lógico y justamente los entornos no tienen que ser una tendencia natural de lo actual.

Mapa arquitectónico estratégico directo



Mapa arquitectónico estratégico indirecto

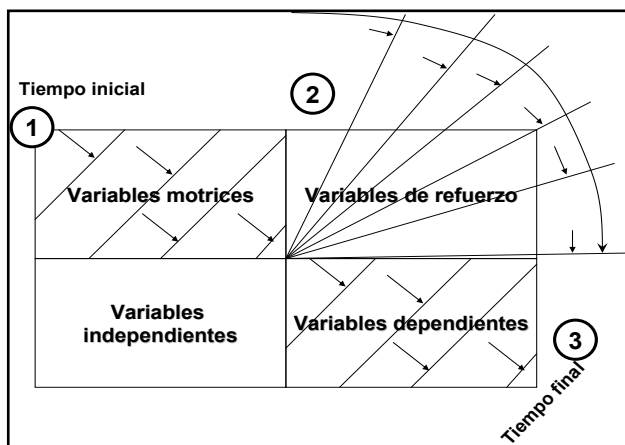


Los cambios más relevantes que se dan en la ubicación de variables son: la 3 Rapidez comunicacional pasa de refuerzo a independiente y la 15 Rapidez Distribución que se traslada de independiente a dependiente; lo que se interpreta como un sistema de mediana movilidad.

La acción temporal del análisis estructural¹⁶ de impacto cruzado, se interpreta al leer los cuadrantes de variables motrices (lectura inicial), luego las de refuerzo y por último las dependientes en el intervalo de tiempo estipulado, en este caso cinco años.

Variable	Tipo	Descripción	Actuar en el año	en el	Acción a tomar
6	Motriz	Internet	Uno	cuatrimestre uno	Influenciar fuertemente
16	Motriz	Información Técnica	Uno	cuatrimestre dos	
5	Motriz	E-business	Uno	cuatrimestre tres	
1	Reflejo	Innovación	Dos	cuatrimestre uno	Evaluar su dependencia y su impacto sobre las demás
3	Reflejo	Rapidez comunicacional	Dos	cuatrimestre dos	
2	Reflejo	Tecnología	Dos	cuatrimestre tres	
14	Reflejo	Practicidad	Tres	semestre uno	
13	Reflejo	Globalización y competencia internacional	Tres	semestre dos	
4	Reflejo	Precio	Cuatro	semestre uno	Medir el efecto logrado de las motrices
15	Dependiente	Rapidez - Distribución	Cuatro	semestre dos	
10	Dependiente	Calidad	Cinco	semestre uno	
11	Dependiente	Funcionalidad	Cinco	semestre dos	
7	Independiente	Diversidad	NUNCA	en los próximos cinco años	
9	Independiente	M-business	NUNCA	en los próximos cinco años	
8	Independiente	Medio Ambiente - Conservar naturaleza	NUNCA	en los próximos cinco años	
12	Independiente	Nutrición y productos orgánicos	NUNCA	en los próximos cinco años	

La lectura del tiempo en los mapas se realiza de la siguiente manera



Se toman las variables en el sentido de las etapas y de la flechas en cada cuadrante, luego se distribuyen en el intervalo de tiempo prospectado, de tal forma

¹⁶ No debe confundirse la denominación análisis estructural de métodos futurísticos con la de competitividad, no son similares.

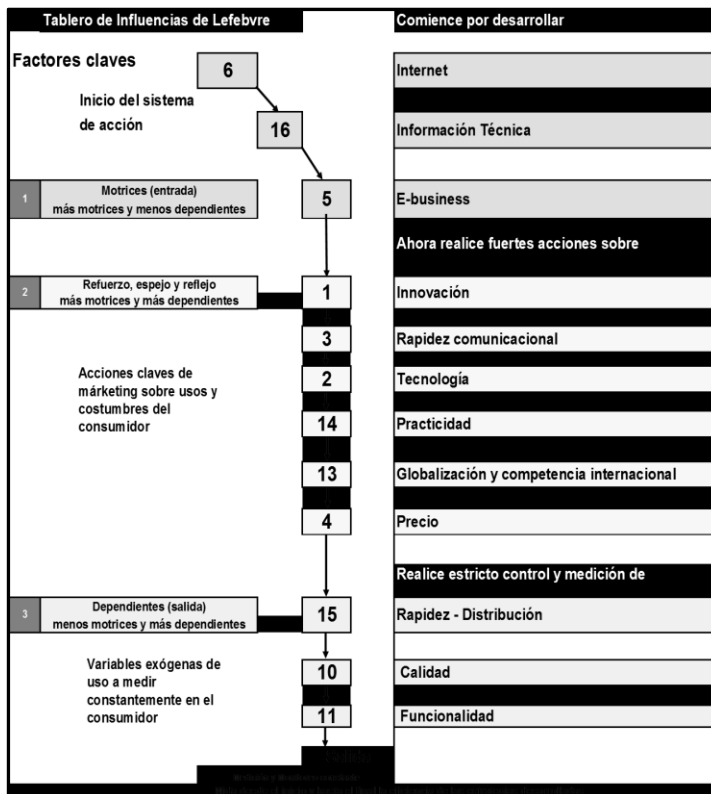
que a cada variable le corresponde un período de tiempo específico y unas acciones que debe cumplir.

La interpretación y lectura del mapa arquitectónico estratégico tecnológico indirecto de estado futuro, se realiza con diferentes métodos futurísticos que se enuncian a continuación. El análisis de impacto cruzado de este capítulo, es el que trabaja el proyecto en los siguientes capítulos para variables estratégicas de mantenimiento, como tal se deja en este capítulo dos, todas las explicaciones técnicas requeridas, a tal efecto en el método prospectivo de impacto cruzado; a continuación se muestran los análisis estratégicos pertinentes que lo acompañan para generar el plan Estratégico de variables relevantes de compras, del ejemplo que se trae.

Sobresalen entre ellos:

1.2.2.8.1.14 Tablero de influencias de J. F. Lefebvre

La metodología consiste en buscar variables que tengan elementos comunes y que posean características similares en cuanto a motricidad, dependencia u otro



criterio que el diseñador de la futurología logre detectar en el mapa de relaciones indirectas. Este análisis avanzado del MIC MAC permite definir la jerarquía y secuencia lógica de las acciones que se deben tomar (Godet, 1999,102-105), el autor le agrega parámetros de tiempo y las analiza por grupos para demostrar su coherencia intelectual y pertinencia¹⁷ (Mora,2000d). Se sitúa en las categorías de cualitativo, cuantitativo, probabilístico, temporal y en especial es de orden estratégico.

¹⁷El autor Enrique De Miguel hace énfasis en el análisis de cuadrantes con variables similares en motricidad y dependencia (1999,295-304).

1.2.2.8.2 Análisis y comentarios estratégicos a cinco años vista

Motrices: son las variables, por medio de las cuales se influye y se activa el sistema en general, se caracterizan por ser las variables por donde se inician las acciones en todo sistema.

- **Variable 6** Internet: indudablemente que el mercado de los próximos años se centra en internet, como tal se debe culturizar a los clientes hacia este medio y las empresas deben concentrar su esfuerzo en publicitar y comercializar por este canal de comunicación¹⁸. Actuar en el año 1 en el cuatrimestre 1.
- **Variable 16** Información técnica: la información en la *web* debe ser lo suficientemente técnica, clara y convincente para que el cliente pueda decidir pronto. Actuar en el año 1 en el cuatrimestre 2.
- **Variable 5** *E-business*: las páginas deben tener todas las facilidades de compra y de rápidas y seguras transacciones para los clientes. Actuar en el año 1 en el cuatrimestre 3.

De Refuerzo (Espejo o Reflejo o Inestables), en general son las variables por donde se transmiten las acciones de motricidad al sistema, se deben manejar con cautela y precaución pues al ser muy dependientes y a la vez muy motrices pueden generar impactos no planeados sobre otras variables que no se desean tocar.

- **Variable 1** Innovación: los mercados actuales se mueven principalmente en este sentido, por lo cual se debe administrar con la suficiente atención para que los productos cumplan un adecuado ciclo de vida comercial y tecnológica, sin caer en la obsolescencia. Actuar en el año 1 en el cuatrimestre 4.
- **Variable 3** Rapidez comunicacional: todos los negocios *e-business* e internet requieren mucha celeridad en la información a la hora de ofertar y cerrar la venta. Actuar en el año 2 en el cuatrimestre 1.
- **Variable 2** Tecnología: los productos y servicios que se ofrecen deben involucrar tecnologías avanzadas para ofrecer valor agregado competitivo a sus clientes. Actuar en el año 2 en el cuatrimestre 2.

¹⁸ Caso de computadores DELL, que invierte grandes esfuerzos en este y esto le sirve para posicionarse como una de las mejores y más grandes empresas en este ramo.

- **Variable 14** Practicidad: dado que las ventas no son personalizadas, los bienes y servicios deben ser fáciles de usar. Actuar en el año 2 en el cuatrimestre 3.
- **Variable 13** Globalización y competencia internacional: el mundo en la actualidad y en los próximos años vistas se mueve en esta dirección. Actuar en el año 2 en el cuatrimestre 4.
- **Variable 4** Precio: este por ser *e-business* no deja de ser relevante para el cliente al momento, aunque existan otros criterios prioritarios. Actuar en el año 4 en el semestre 1.

Dependientes o del Futuro: son aquellas denominadas de salida, básicamente sirven para medir o calibrar si las estrategias y acciones tomadas con las motrices y con las dependientes, son efectivas. Se deben medir constantemente.

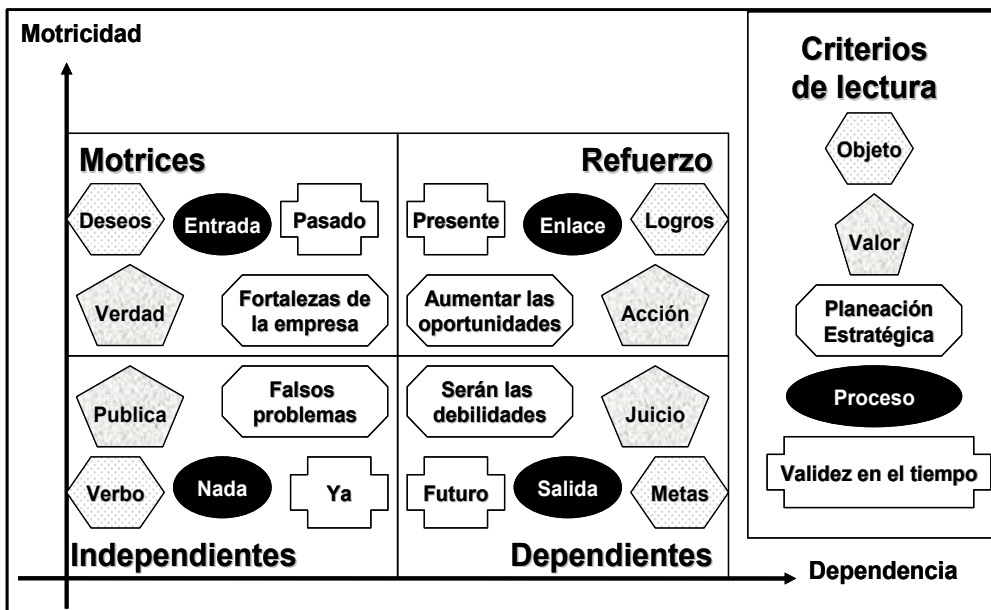
- **Variable 15** Rapidez en Distribución: esta característica indica si el sistema opera con prontitud y oportunidad. Actuar en el año 4 en el semestre 2.
- **Variable 10** Calidad: las buenas acciones de las motrices y dependientes se deben ver reflejadas en ellas, como indicadores de buenos productos y excelentes servicios al cliente. Actuar en el año 5 en el semestre 1.
- **Variable 11** Funcionalidad: sirve para verificar si las promesas dadas a los clientes sobre el servicio esperado de sus productos satisface plenamente sus expectativas. Actuar en el año 5 en el semestre 2.

Autónomas o independientes: se les denomina a aquellas que en esta situación dada de personas, artefactos, entorno y expertos, no afectan en los próximos años los aspectos de consumo y compra de los clientes, no se les debe prestar atención, pues cualquier esfuerzo que se haga con ellas es en vano. En general no afectan al sistema, no son influenciadas por otras, al no tener ni motricidad, ni dependencia. En este caso del ejemplo 1 son: **7-Diversidad, 9-M-business, 8-Medio Ambiente & Conservar naturaleza y 12-Nutrición & Productos orgánicos.**

1.2.2.8.2.1 *Tablero de poderes de Ténière-Buchot - Diagrama de Djambi*

Ambos métodos realmente son de apoyo logístico para el análisis estructural prospectivo de impactos cruzados, sirven para interpretar estratégicamente los mapas arquitectónicos indirectos del futuro, derivados del MIC MAC, pueden calificarse como de orden cuantitativo, temporal, probabilístico y cualitativo al trabajar con el análisis estructural (o con aquellos métodos similares susceptibles de utilizar las técnicas de Ténière-Buchot y Djambi).

Definen criterios de lectura de las diferentes variables, que clasifican en los cuatro cuadrantes de los mapas estratégicos arquitectónicos indirectos del MIC MAC: motrices, refuerzo, dependientes y autónomas. Entre los parámetros más relevantes de lectura, están: el tiempo en que se ejecutan y su significado (representado dentro de una cruz en la siguiente figura), el valor o la validez de sus enunciados (dentro de pentágonos), el objeto u objetivo que deben cumplir dentro de la planeación estratégica tecnológica (situados al interior de los octógonos), su función dentro de la cadena de impactos (ubicados en las elipses de fondo negro), para lo que sirven (dentro de hexágonos) y lo que representan en su escala de valores (dentro del pentágono).



La cantidad de estrategias y acciones que se pueden elaborar a partir de estos cinco criterios de Ténière-Buchot y/o Djambi son abundantes y exquisitas, realmente esto induce a pensar que el análisis estructural de impacto cruzado al ser interpretado y leído con estas técnicas, permite construir una verdadera planeación estratégica clásica y tecnológica, que contenga prácticamente todos los parámetros de éxito de los métodos futurísticos: coherencia intelectual, continuidad, contenido científico, verosimilitud, importancia, transparencia, repetibilidad, pertinencia, representatividad y consenso (Company, 1990) (Mora, 2012).

De esta forma se dejan sentadas todas las metodologías de análisis factibles del ejercicio 1 de impactos cruzados.

1.2.2.8.2.2 SMIC¹⁹ y Prob-Expert®

El método SMIC se fundamenta básicamente en principios y procedimientos similares a los del análisis estructural descrito hasta ahora, lo desarrollan los autores J. C. Duperrin y Michel Godet en su obra de 1973²⁰ y especialmente detallado en la obra de M. Godet de 1985 (130-150) (178) (290-296) (De Miguel, 1990, 290) (Bas, 1999, 126-130) (Landeta, 1999, 198-204) (211-219). Se ubica en la categoría de cualitativo, cuantitativo, probabilístico y temporal.

El énfasis del SMIC consiste en valorar las diferentes hipótesis planteadas por los expertos, mediante el planteamiento de una posibilidad en el horizonte del porvenir, al realizarse se define como evento y el conjunto de eventos define un marco referencial en el que existen diferentes y múltiples combinaciones, asigna probabilidades a los eventos. La metodología permite corregir y afinar las distintas ideas y opiniones emitidas, con el fin de convertirlas en resultados coherentes. Su fundamentación es netamente probabilística.

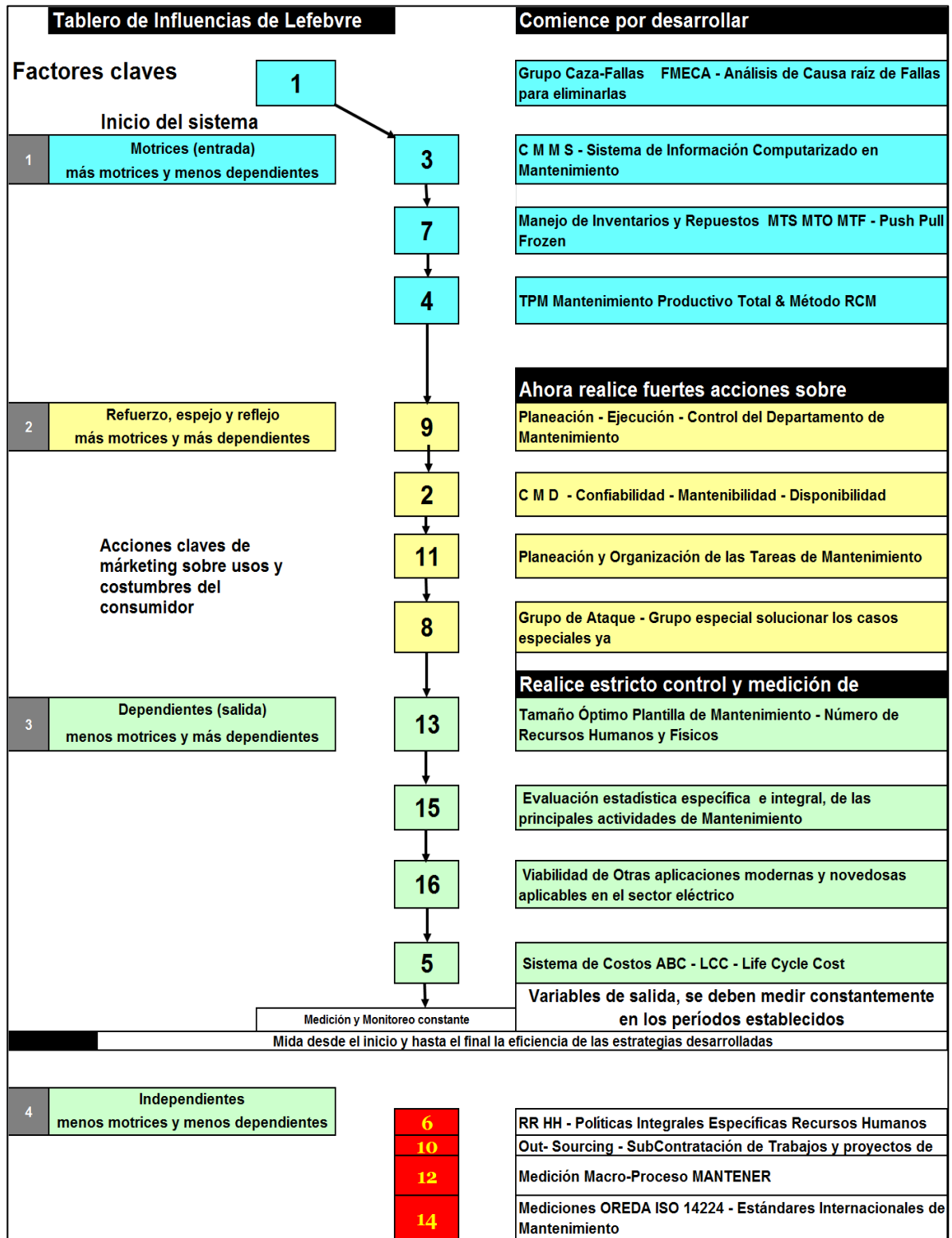
Todos los resultados conducen a entornos (escenarios) valorados en forma cuantitativa con asignaciones probabilísticas. La valoración de las probabilidades de que ciertos entornos ocurran, se logra con el procedimiento Prob-Expert® de tal manera que se sabe en el presente los escenarios más factibles a futuro (Godet, 1999, 153-186). Ambos son métodos de gran utilidad y practicidad en el mundo actual.

Un caso de análisis de fallas de mantenimiento, con Análisis Prospectivo de Lefebvre, otorga, los siguientes resultados secuenciales.

¹⁹ SMIC – *Sistemas y Matrices de Impactos Cruzados de Michael Godet.*

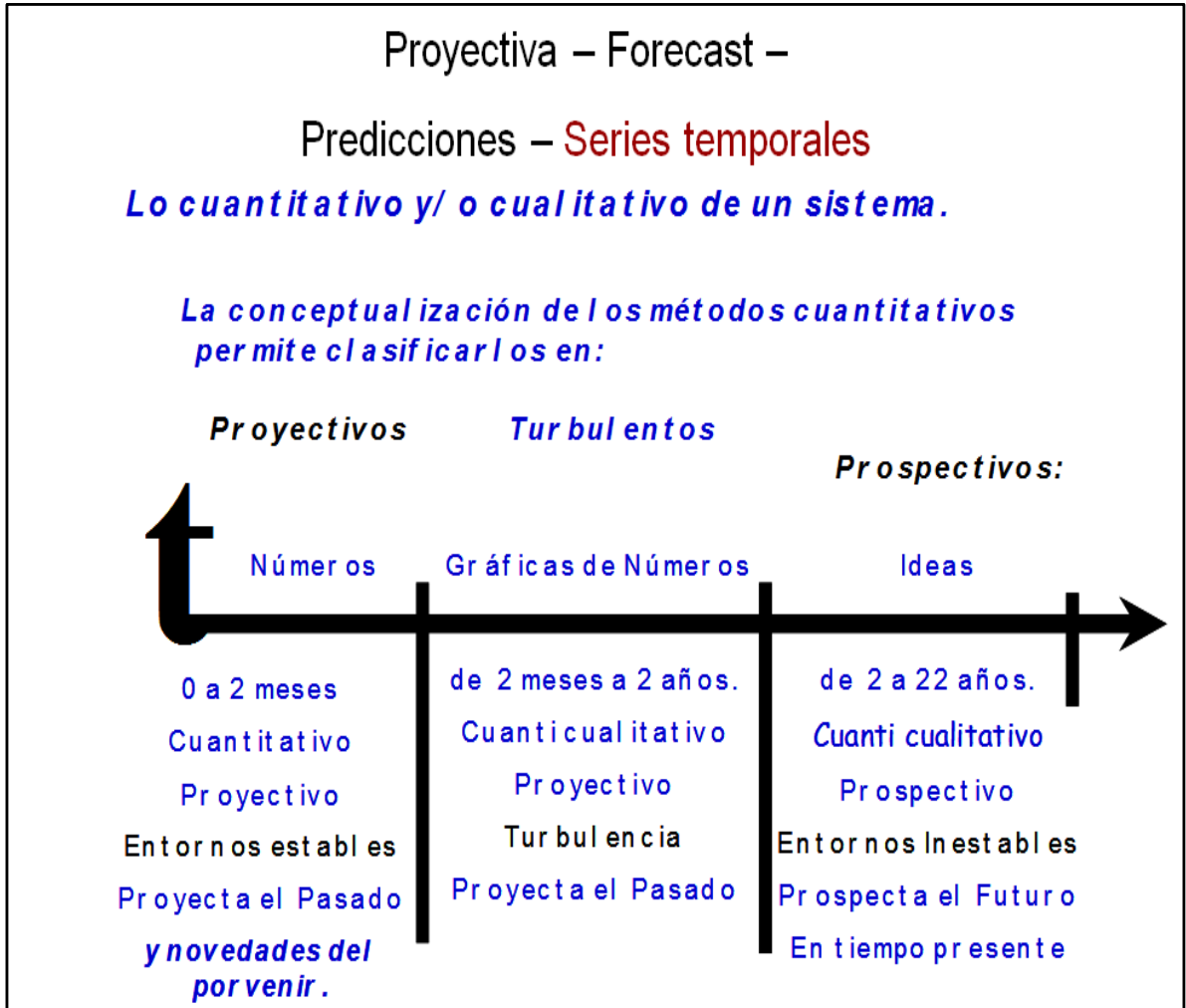
²⁰ *Referenciada en la bibliografía.*

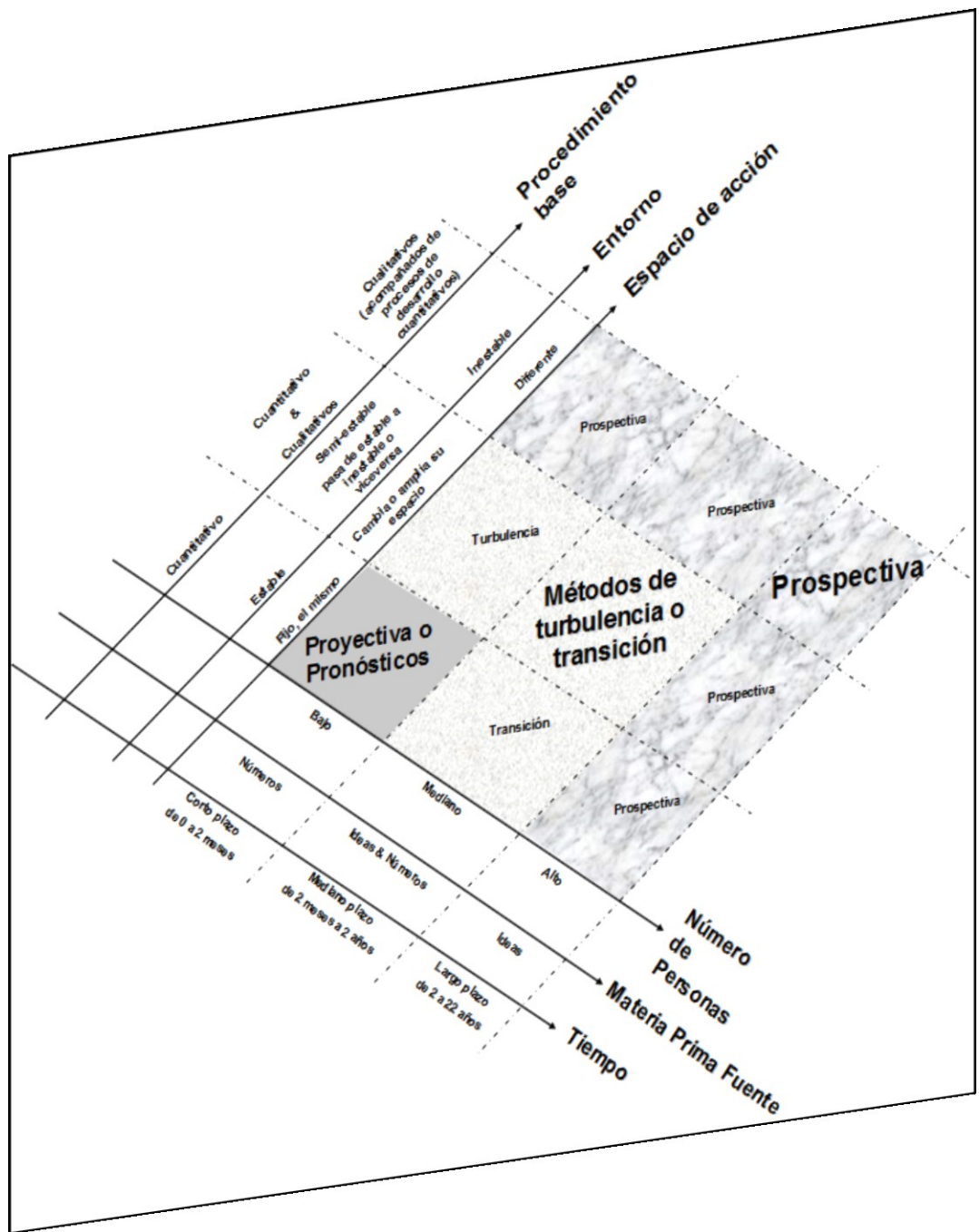
Ilustración 14 - Tablero de Influencias de Lefebvre



Se puede resaltar entonces que los métodos futurísticos se sintetizan en:

Ilustración 15 - Figuras CIMPRO alusivas a métodos futurísticos





Principios, fundamentos, limitaciones y ventajas de cada uno de los métodos futurísticos.

Estructura Prospectiva Sistémica Kantiana
Futurista



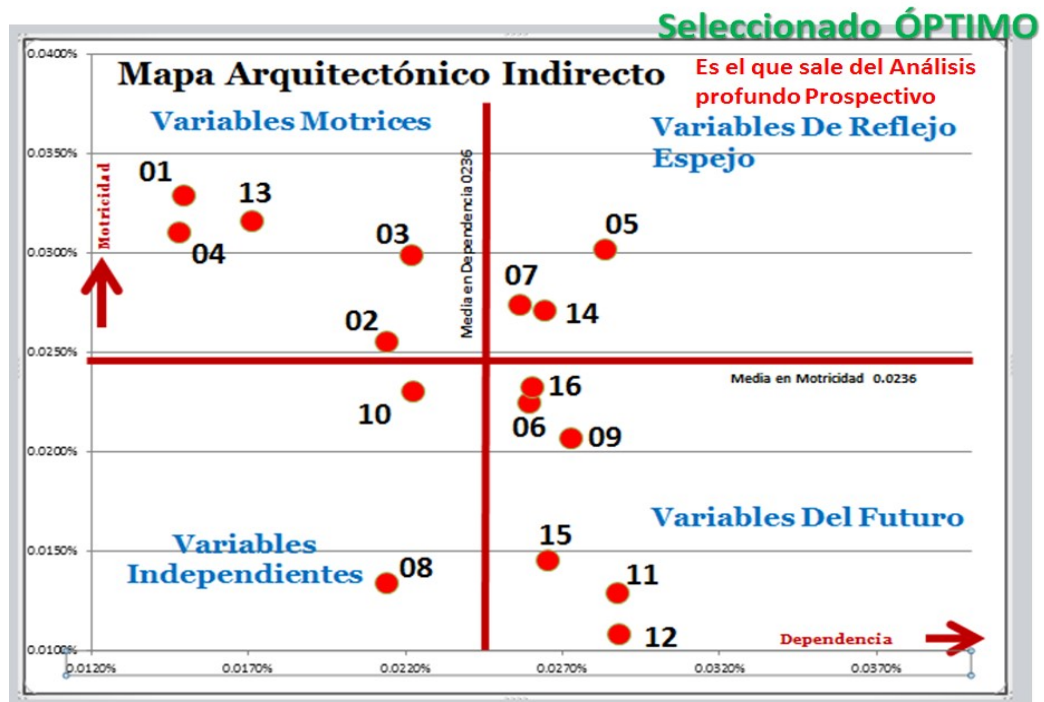
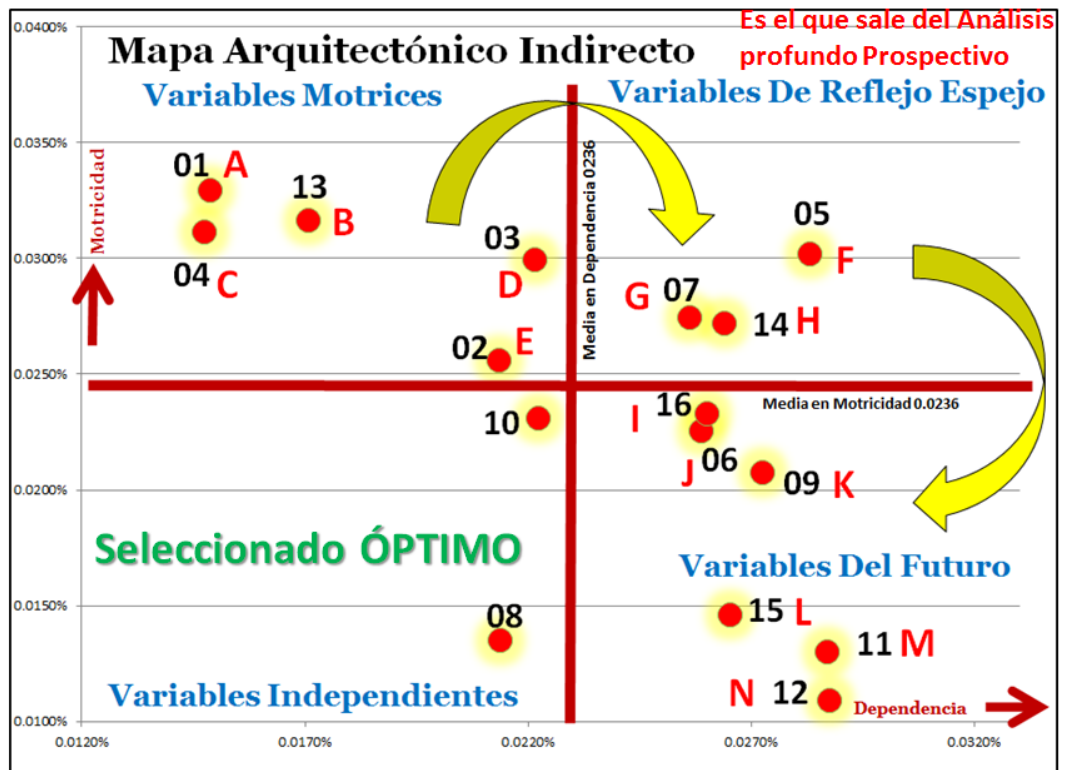
Esta últimas tres figuras son propiedad de CIMPRO SAS NIT Colombia 900366198-5 y so facilitadas al Ingeniero Guillermo Caicedo para el desarrollo de su proyecto en EAFIT.

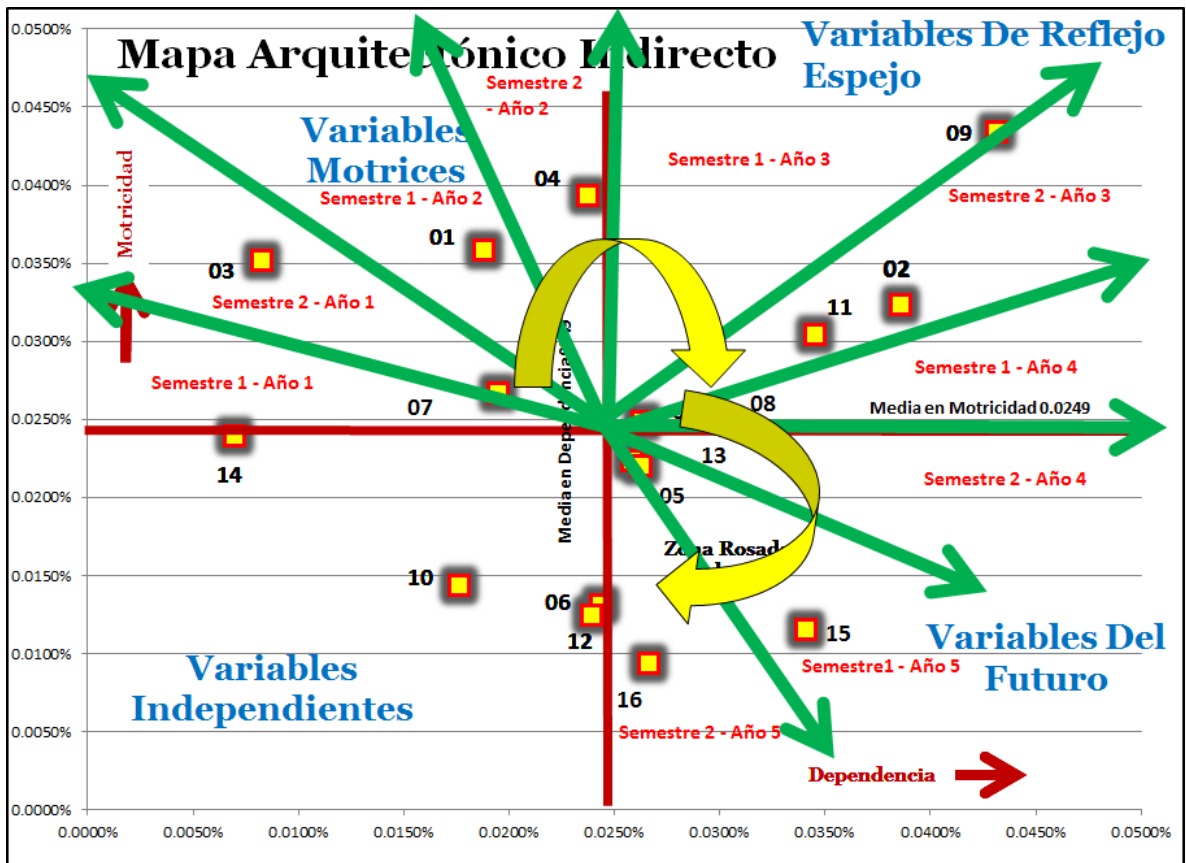
Se puede sintetizar, que los pasos que se llevan a cabo, para el resto del Proyecto, son:

Ilustración 16 - Pasos siguientes proyecto

1	Realización Instrumento 1 abierto de variables a 31 expertos Especialistas en Mantenimiento Alumnos vigentes EAFIT, con el fin de determinar las primeras variables y encontrar la base del cálculo del tamaño muestral, final concluyente estadísticamente hablando.
2	Determinación del tamaño muestral final, con distribución normal.
3	Construcción del histograma frecuencial, para determinar las variables relevantes.
4	Arquitectura del Instrumento MIC MAC 2 de mantenimiento con 16 variables.
5	Realización del Instrumento 2 a expertos.
6	Desarrollo prospectivo matemático, estadístico y logístico del MIC MAC Mapa Indirecto y sus análisis respectivos.
7	Construcción del Plan Estratégico 2016 - 2020

Logística Estratégica Temporizada en Secuencialidad A B C N





1.3 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 1

El capítulo 1 revisa la parte teórica sobre la misión de mantenimiento en la industria, la necesidad de tener unos indicadores que permitan conocer su gestión, en especial los más significativos y relevantes, tales como: efectividad, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, como base de esos parámetros que miden el estado de los equipos e informan claramente si se va o no por un buen camino.

También trata sobre los diferentes métodos futurísticos que ayudan a prospectar las variables estratégicas de mantenimiento del mañana y a realizar y programar en el presente las acciones necesarias para enfrentarlo y mejorarlo. Se hace énfasis en el método de Análisis estructural de impactos cruzados, con el cual se realiza parte esencial del proyecto. De este método se da un ejemplo concreto paso a paso.

2 VARIABLES CLAVES MANTENIMIENTO

2.1 OBJETIVO 3

Describir las variables base en la gestión estratégica de mantenimiento para el umbral de los años 2016 - 2020, definiendo la población y el tamaño muestral de los expertos a realizar el instrumento de variables de mantenimiento; con el fin de seleccionar las claves. - Nivel 2 Comprender

2.2 INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO 3

El objetivo de la sección es construir la base de variables claves de éxito en mantenimiento por investigación directa del autor, por aportes de estudios afines o similares y por aporte directo de los expertos mediante investigación consultiva estructurada directa, aplicada a la población y a la muestra de ellos; este proyecto es encontrar las variables de éxito para la gestión del mantenimiento de una empresa.

2.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 2

Las variables de mantenimiento definidas en este capítulo y que influyen de manera importante en el funcionamiento y la gestión del departamento de mantenimiento y por lo tanto de la empresa, afectando su productividad, calidad, satisfacción del cliente y rentabilidad , podemos enumerarlas por los siguientes conceptos:

Enfoque actual de la organización: nivel Instrumental, Operativo, Táctico y Estratégico.

A continuación de define de manera resumida cada uno de estos conceptos:

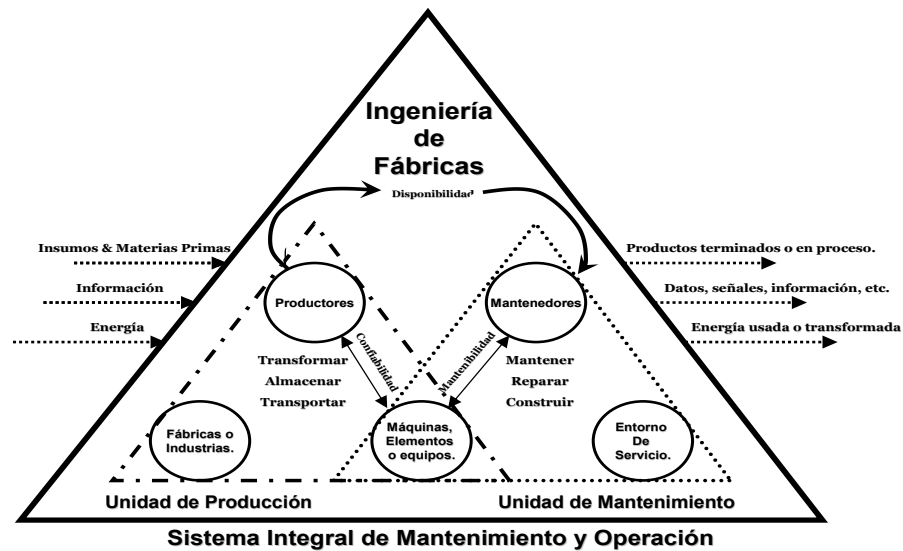
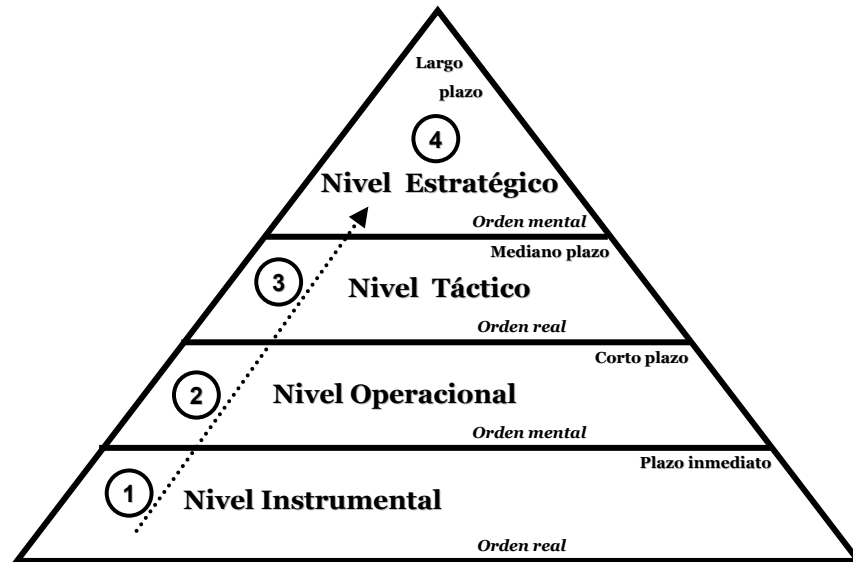
2.3.1 Enfoque actual de la organización

Las empresas definen en su misión y visión, el enfoque que dan a su organización, ese rumbo definen en gran porcentaje las políticas y objetivos de sus áreas internas, entre ellas la de mantenimiento, por ejemplo, enfoque a la gestión de activos, al medio ambiente, a la productividad, etc.

2.3.2 Niveles del mantenimiento

En el libro *Mantenimiento Industrial Efectivo* (Mora, 2011) se plantean cuatro niveles o categorías al jerarquizar los diferentes tópicos que maneja el mantenimiento.

Ilustración 17 - Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico



(Mora, 1999)

2.3.2.1 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 AOD²¹ 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, etcétera (Mora, 2011).

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 acciones²² concretas de mantenimiento sobre los elementos o máquinas.

2.3.2.2 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.

2.3.2.3 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*,

²¹ AOD - *Aprovisionamiento Operación Distribución.*

²² *Acciones, operaciones, o tareas que se dan en el nivel 2 operacional de mantenimiento.*

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

2.3.3.4 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, etc.

2.3.3 Variables de mantenimiento

El proceso prospectivo, parte de la premisa que el epicentro son las Personas Expertas, a tal efecto, se asume que cada Participante maneja con profundidad el tema de mantenimiento, trabaja en la industria en el tema y es Persona que en la actualidad estudia la Especialización en Mantenimiento Industrial y/o la Maestría en Ingeniería con énfasis en Mantenimiento de la Universidad EAFIT, puede entonces asumirse que no se requieren variables de entrada, a pesar de ello, el proyecto presenta algunas variables de apoyo, sacadas de la experticia del Autor, de las lecturas o de ejercicios afines, recientes.

Ilustración 18 - Integralidad CMD

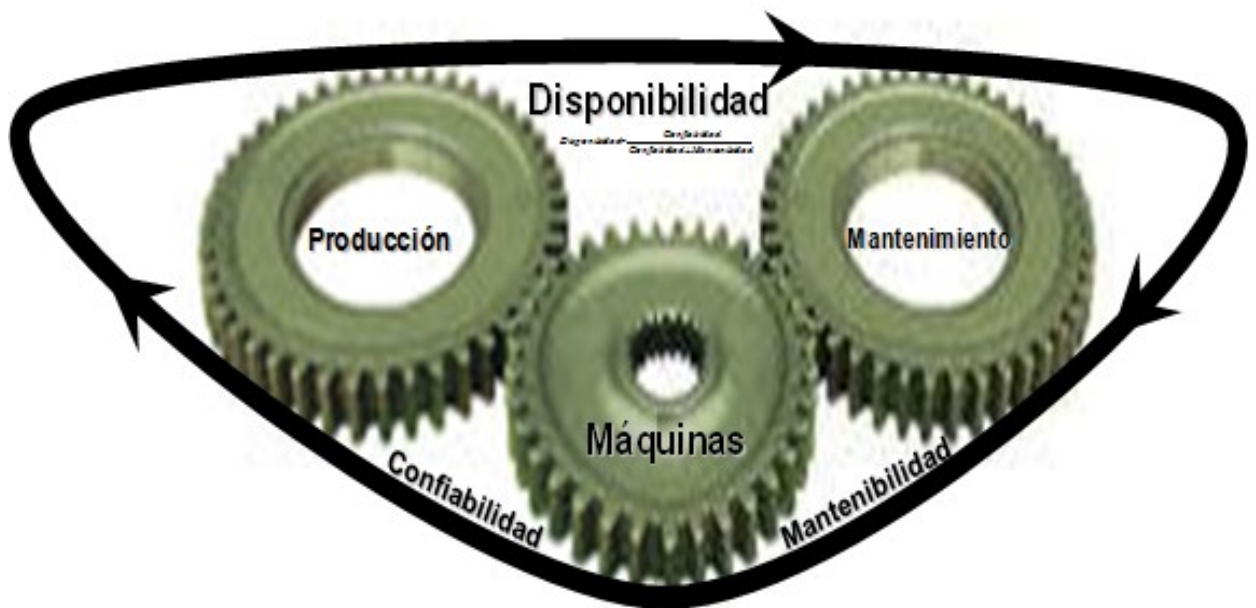


Ilustración 19 - Variables base del Autor - Titulado Listado 1

VARIABLES DE MANTENIMIENTO		
CONCEPTO	INSTRUMENTO	TIPO DE VARIABLE
1. Enfoque actual de organización		1. A las acciones de mantenimiento
		2. A la organización táctica de mantenimiento
		3. A la creación de una estrategia de mantenimiento
		4. A la habilidades y competencias de mantenimiento
		5. A la gestión de activos y pasivos
		6. A la productividad
		7. Al cuidado del medio ambiente
		8. A los objetivos de mantenimiento
2. Nivel Instrumental	1. Instrumentos básico	9. Sistemas de información
		10. Planeación y programación del mantenimiento
		11. Organización del departamento de mantenimiento
		12. Herramientas
		13. Repuestos e insumos
		14. Capital de trabajo
		15. Espacio físico
		16. Tecnología
		17. Maquinaria
		18. Recursos naturales
		19. Poder de negociación
		20. Recursos humanos
		21. Carga laboral
		22. Seguridad laboral
		23. Capacitación y entrenamiento
		24. Roles y responsabilidades
		25. Políticas y objetivos

VARIABLES DE MANTENIMIENTO		
CONCEPTO	INSTRUMENTO	TIPO DE VARIABLE
	2. Mantenimiento-organización	26. Mantenimiento función de producción
		27. Función macroeconómica de la producción
		28. Cantidad de servicios a producción
		29. factor productivo
		30. Independencia del mantenimiento
		31. Mantenimiento centralizado o descentralizado
		32. Equipos de trabajo
		33. Restricciones en mantenimiento
		34. Organigrama de la empresa
		35. Comunicación con la organización
		36. Sindicatos
		37. Clima laboral
		38. Clientes y proveedores
	3. Instrumento genéricos de mto.	40. TQC (Control Total de la Calidad)
		41. TQM (Gestión Total de la Calidad)
		42. Mejoramiento continuo
		43. Circulo de Calidad
		44. Uso de herramientas estadísticas
		45. Uso de diagramas de causa y efecto
		46. Programa de innovación y desarrollo
		47. Programa de investigación
		48. Misión y visión
		49. Gestión de mantenimiento
		50. Análisis FODA en mantenimiento
		51. Normas y estándares
	4. Instrumentos Avanzados específicos	51. Análisis de falla (Fmeca, Rcfá, Rpn, Acr)
		52. Gestión y manejo de Inventarios, repuestos e insumos
		53. Subcontratación
		54. Metodos de diagnóstico rápido y confiable
		55. Eliminación y sustitución de equipos
		56. Mejores practicas de mantenimiento
	5. Instrumentos avanzados técnicos	57. Inspección visual
		58. Vigilancia de temperatura
		59. Control de corrosión
		60. Resistencia eléctrica
		61. Análisis de lubricantes
		62. Termografía
		63. Análisis de vibraciones
		64. Ultrasonido
		65. Control de ruido
		66. Líquidos penetrantes
		67. Rayos X
		68. Partículas magnéticas
		69. Tribología

VARIABLES DE MANTENIMIENTO			
CONCEPTO	INSTRUMENTO	TIPO DE VARIABLE	
3. Nivel Operacional		70. Acciones correctivas	
		71. Acciones modificativas	
		72. Acciones preventivas	
		73. Acciones predictivas	
		74. Acciones proactivas	
4. Nivel Tactico		75. TPM Mantenimiento Productivo Total	
		76. RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	
		77. Mantenimiento Proactivo	
		78. Tactica PMO	
		79. Mantenimiento de clase mundial	
		80. Six sigma	
		81. Cinco Eses	
		82. Pronosticos	
		83. Apoyo logístico integrado	
		84. Auditoría de Mantenimiento	
5. Nivel Estratégico Indices internacionales	1. Costos	85. Costos fijos	
		86. Costos variables	
		87. Costos financieros	
		88. Costos de la no disponibilidad por fallas	
		89. Ahorros energéticos	
	2. Indicadores de orden operativo	90. Disponibilidad	
		91. Confiabilidad	
		92. Mantenibilidad	
		93. Preventivo vs Correctivo	
		94. Cumplimiento de la programación	
		95. Eficiencia general de los equipos OEE	
	3. Indicadores para la alta dirección	96. Accidentes de trabajo	
		97. Presupuesto de mantenimiento	
		98. Capacitación y entrenamiento	
	4. Terotecología- LCC		100. Costos de ciclo de vida
			101. Gestión de activos
			102. CMD y LCC

(Mora, 2014)

De acuerdo a los conceptos indicados anteriormente, se enumeran ciento DOS (102) variables de importancia, en la gestión de mantenimiento por cada concepto.

Otras variables que se aportan del libro del Asesor Alberto Mora Planeación Ejecución Control del Mantenimiento (Mora, 2014) (Mora, 2011), se pueden presentar, así:

Ilustración 20 - Variables relevantes de mantenimiento enfoque sistémico. Listado 2

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 η y β 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
 Coeficiente de Determinación Muestral r y Ajustado
 Coeficiente 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 A₀
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).

Estos dos conjuntos, aportan infinidad de variables que sirven de base para cualquier estudio, más sin embargo, como es un ejercicio prospectivo, su base central es el conocimiento de los expertos.

2.3.2 Determinación del tamaño muestral de expertos

Esta sección presenta dos grandes ejes de desarrollo, uno de ellos es determinar el número de expertos que participan, en las dos etapas y el otro son las variables en sí.

2.3.3 Número de Expertos

Inicialmente se toma una base muestral de Estudiantes de Especialización de Mantenimiento Industrial y de Magister en Ingeniería énfasis mantenimiento, de la Universidad EAFIT, sede Campus Principal Medellín, en la asignatura IRI Costos terotecnología, del año 2014, donde el asesor del proyecto, es el Profesor Titular,

allí se cuenta con una cantidad de cuarenta y cinco (45) Expertos para la muestra inicial. La cantidad de variables que aportan cada uno de los expertos, se declara en la siguiente figura.

Ilustración 21- Variables que aportan en la muestra inicial de Expertos.

Experto	Código EAFIT Estudiante Postgrado	Número de variables que reporta como relevantes	Variables aportadas propias	Variables aportadas de sugerencia del Autor del proyecto Listado 1	Variables aportadas de sugerencia del Libro Listado 2
1	201417000106	11	5	3	3
2	201410005106	8	4	2	2
3	201418004106	8	4	2	2
4	201410003106	10	4	2	4
5	201418002106	9	4	2	3
6	201410010106	11	5	3	3
7	201410009106	9	4	2	3
8	201418300106	10	4	2	4
9	201418003106	11	5	3	3
10	201410007106	8	4	2	2
11	201410004106	8	4	2	2
12	201410008106	8	4	2	2
13	201418000106	10	4	2	4
14	201320012106	11	5	3	3
15	201320013106	11	5	3	3
16	201320008106	9	4	2	3
17	201320009106	10	4	2	4
18	201320006106	9	4	2	3
19	201320001106	9	4	2	3
20	201320007106	11	5	3	3
21	201320011106	10	4	2	4
22	201320003106	11	5	3	3
23	201320004106	11	5	3	3
24	201320010106	10	4	2	4
25	201318000106	11	5	3	3
26	201310005106	8	4	2	2
27	201310003106	9	4	2	3
28	201310004106	9	4	2	3
29	201310006106	8	4	2	2
30	201310001106	11	5	3	3
31	201426751106	8	4	2	2
32	201420001106	8	4	2	2
33	201420002106	9	4	2	3
34	201426752106	9	4	2	3
35	201428002106	10	4	2	4
36	201427500106	8	4	2	2
37	201428003106	9	4	2	3
38	201428001106	8	4	2	2
39	201428000106	8	4	2	2
40	201420005106	10	4	2	4
41	201420003106	8	4	2	2
42	201420011106	9	4	2	3
43	201420010106	10	4	2	4
44	201420006106	9	4	2	3
45	201420007106	10	4	2	4
		Media de respuesta 9	190 Subtotal	100 Subtotal	132 Subtotal
		Esta por encima de la media			

El siguiente paso es calcular mediante el teorema del límite central, el tamaño muestral requerido, a tal efecto, para que la muestra sea estadísticamente válida, se toma de cada uno de los resultados, uno de ellos es variable proporcional, es decir se consulta si el experto señaló más variables que la media de diez (10), la

respuesta factible es si ó no, y por otro lado se toman las variables numéricas de cuántas aporta como relevantes de los Listado 1 y 2, de esta forma se procede a establecer el tamaño muestral mínimo, aplicando la distribución normal, para poblaciones finitas e infinitas, con sus criterios de validez y tamaño muestral (Forcadas, 1983).

A tal efecto se toman aleatoriamente 31 muestras del muestreo anterior de 45, se organiza la información de la siguiente manera, para poder aplicar el programa de tamaño muestral, tomado del Libro Mantenimiento del autor Mora (Mora, 2011)

Ilustración 22 - Muestra convertida para cálculo muestral - Teorema de Levin

Muestra Aleatoria	Experto	Código EAFIT Estudiante Postgrado	Número de variables que reporta como relevantes	Variable proporcional si está por encima (Si) o por debajo de la media de 10 (No)	Variabes aportadas propias	Variabes aportadas de sugerencia del Autor del poryecto Listado 1	Variabes aportadas de sugerencia del Libro Listado 2
1	1	201417000106	11	Sí	5	3	3
2	2	201410005106	8	No	4	2	2
3	5	201418002106	9	No	4	2	3
4	6	201410010106	11	Sí	5	3	3
5	7	201410009106	9	No	4	2	3
6	8	201418300106	10	Sí	4	2	4
7	9	201418003106	11	Sí	5	3	3
8	10	201410007106	8	No	4	2	2
9	11	201410004106	8	No	4	2	2
10	12	201410008106	8	No	4	2	2
11	13	201418000106	10	Sí	4	2	4
12	14	201320012106	11	Sí	5	3	3
13	15	201320013106	11	Sí	5	3	3
14	16	201320008106	9	No	4	2	3
15	17	201320009106	10	Sí	4	2	4
16	19	201320001106	9	No	4	2	3
17	20	201320007106	11	Sí	5	3	3
18	21	201320011106	10	Sí	4	2	4
19	22	201320003106	11	Sí	5	3	3
20	23	201320004106	11	Sí	5	3	3
21	24	201320010106	10	Sí	4	2	4
22	25	201318000106	11	Sí	5	3	3
23	26	201310005106	8	No	4	2	2
24	27	201310003106	9	No	4	2	3
25	30	201310001106	11	Sí	5	3	3
26	31	201426751106	8	No	4	2	2
27	38	201428001106	8	No	4	2	2
28	39	201428000106	8	No	4	2	2
29	40	201420005106	10	Sí	4	2	4
30	44	201420006106	9	No	4	2	3
31	45	201420007106	10	Sí	4	2	4
			Media de respuesta 10		190 Subtotal	100 Subtotal	132 Subtotal
			Está por encima de la media				

(Levin, 1996)

Ilustración 23 - Programa para determinar tamaño muestral - Programa CD 7 de libro Mora 2011

Resultados de la muestra		Proporcional	Numérica 1	Numérica 2	Numérica 3
Ítem muestral	Elementos muestreados al azar (#)	Cumple (1) o no (0) el buen estado	Valor de una variable cualquiera medida en vibraciones	Valor de una variable cualquiera medida en vibraciones	Valor de una variable cualquiera medida en vibraciones
1	107	1	3.00	1.00	1.00
2	639	1	45.00	5.00	1.00
3	1060	1	56.00	5.00	1.00
4	844	1	2.00	5.00	2.00
5	743	1	6.00	5.00	1.00
6	1005	1	5.00	6.00	3.00
7	937	1	4.00	3.00	2.00
8	94	1	3.00	6.00	2.00
9	119	0	5.00	6.00	2.00
10	1238	1	5.00	6.00	2.00
11	1072	1	6.00	5.00	2.00
12	1120	1	7.00	5.00	2.00
13	826	1	2.00	5.00	2.00
14	492	1	8.00	5.00	2.00
15	941	1	9.00	5.00	2.00
16	809	0	6.00	6.00	2.00
17	650	1	2.00	5.00	2.00
18	975	1	5.00	5.00	1.00
19	23	1	4.00	5.00	2.00
20	869	1	3.00	5.00	4.00
21	311	1	3.00	5.00	2.00
22	56	1	3.00	4.95	1.90
23	490	1	32.00	4.95	1.90
24	564	1	2.00	4.95	1.90
25	488	1	2.00	4.95	1.90
26	753	1	7.50	4.95	1.90
27	344	1	7.20	4.95	1.90
28	767	1	6.90	4.95	1.90
29	574	1	6.60	4.95	1.90
30	264	1	6.30	4.95	1.90
31	369	1	6.00	4.95	1.90

Cálculos para la determinación muestral de tamaño n de la prueba final					
Media	0.9355	8.6613	4.9524	1.9048	
Desviación estándar σ de la muestra	0.250	12.428	0.912	0.572	
Proporción positiva	93.55%				
Proporción negativa	9.68%				
Población o Universo	433	Población o Universo	1289	Población o Universo	1289
Error de precisión máximo deseado	6%	7%	6%	6%	
Rango de error permisible más o menos		1.213	0.594	0.229	
		8.66 más o menos 1.21	4.95 más o menos 0.59	1.9 más o menos 0.23	
Probabilidad (distribución normal)	12%	93%	94%	94%	
Nivel Z deseado	-1.1750	1.4758	1.5548	1.5548	
n con población infinita	35	229	6	15	
Validación de si n es igual o mayor al 5%	No cumple la n de infinita	No cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	
n con población finita	32	150	6	15	
n final estimada	Proporciones	Valores	Valores	Valores	
	Se toma finita con n igual a	32	Se toma finita con n igual a	150	Se toma infinita con n igual a
			6	15	
En este caso particular se toma la n mayor de las dos características 150					

Ahora se procede a cargar los valores de la muestra seleccionada de 31 elementos, de los 45 Expertos originales en el programa CD 7, para determinar el tamaño muestral final requerido.

Los cálculos realizados, aportan que el tamaño muestral mínimo, es de 98 entrevistados, con el Instrumento 1 MIC MAC, que se presenta a posterior en este mismo capítulo.

Ilustración 24 - Tamaño muestral requerido de 98 Expertos

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

Cálculos para la determinación muestral de tamaño n de la prueba final					
Media	0.5484	4.3226	2.3226	2.9677	
Desviación estándar σ de la muestra	0.506	0.475	0.475	0.706	
Proporción positiva	54.84%				
Proporción negativa	48.39%				
Población o Universo	300	Población o Universo	500	Población o Universo	1289
Error de precisión máximo deseado	5%		5%		5%
Rango de error permisible más o menos			0.432		0.297
			4.32 más o menos 0.43		2.97 más o menos 0.3
Probabilidad (distribución normal)	12%		95%		95%
Nivel Z deseado	-1.1750		1.6449		1.6449
n con población infinita	147		3		11
Validación de si n es igual o mayor al 5%	No cumple la n de infinita		Cumple la n de infinita		Cumple la n de infinita
n con población finita	98		3		11
n final estimada	Proporciones	Valores	Valores	Valores	Valores
	Se toma finita con n igual a	98	Se toma infinita con n igual a	3	Se toma infinita con n igual a
En este caso particular se toma la n mayor de las dos características 98					

La siguiente etapa es ampliar el universo y por ende la Población de donde tomar una muestra aleatoria, de 53 elementos adicionales expertos, ya que la inicial que se tiene es de 45, más 53, da el total exigido por la estadística de 98 Expertos, para ello se recurre a Estudiantes del postgrado en Especialización en Mantenimiento Industrial EAFIT 20141 de Barranquilla, Barrancabermeja de los semestres 20142 y 20151, Manizales 20132 y de Medellín 20151, para así completar un universo total de Expertos.

Ilustración 25 - Listado de Expertos adicionales 64

Experto Adicional	Código Estudiante Postgrado EAFIT	Experto Adicional	Código Estudiante Postgrado EAFIT
1	201310013178	34	201510007206
2	201310012178	35	201510008206
3	201310014178	36	201510006206
4	201310005178	37	201510005206
5	201310016178	38	201510003206
6	201310004178	39	201510010206
7	201310010178	40	201510011206
8	201310009178	41	201510009206
9	201310020178	42	201210009131
10	201310007178	43	201210008131
11	201310006178	44	201210007131
12	201310011178	45	201210006131
13	201310001178	46	201210005131
14	201310008178	47	201210004131
15	201310017178	48	201210003131
16	201310002178	49	201210001131
17	201420004206	50	201210002131
18	201420008206	51	201518000106
19	201420007206	52	201510005106
20	201420013206	53	201510004106
21	201420016206	54	201516751106
22	201420015206	55	201510003106
23	201420003206	56	201510002106
24	201420006206	57	201510001106
25	201420010206	58	201516750106
26	201420001206	59	201419011114
27	201420014206	60	201419012114
28	201420005206	61	201420006114
29	201420002206	62	201420001114
30	201420012206	63	201429006114
31	201510004206	64	201426750114
32	201510012206	65	201519000114
33	201510002206	66	201516750114

Con lo cual se cuenta en el momento ya con un total de 45 más 64 expertos, para un total de 109, superior al de 98 calculado, estadísticamente que garantiza validez de resultados.

2.3.4 Manejo de variables

En el momento se cuenta con los Listados 1 con 102 variables, el Listado 2 con más de cien (100) y ahora se adicionan otras obtenidas por aporte directo de los expertos y de otras fuentes afines al tema y al estudio prospectivo que se realiza.

Ilustración 26 - Listado 3 variables nuevas aportadas por Expertos y de otras fuentes

#	Variable aportada	#	Variable aportada
1	Grupo Caza-Fallas FMECA - Análisis de Causa raíz de Fallas para eliminarlas	48	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción
2	C M D - Confiabilidad - Mantenibilidad - Disponibilidad	49	Percepción de las Jerarquías Superiores de Mantenimiento
3	C M M S - Sistema de Información Computarizado en Mantenimiento	50	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía
4	TPM Mantenimiento Productivo Total & Método RCM	51	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía
5	Sistema de Costos ABC - LCC - Life Cycle Cost	52	Opinión de Mantenimiento
6	RR HH - Políticas Integrales Específicas Recursos Humanos	53	Importancia dado el Significado Financiero
7	Manejo de Inventarios y Repuestos MTS MTO MTF - Push Pull Frozen	54	Percepción del Departamento de Mantenimiento por Mantenimiento
8	Grupo de Ataque - Grupo especial solucionar los casos especiales ya	55	Importancia dada a la Organización
9	Planeación - Ejecución - Control del Departamento de Mantenimiento	56	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos
10	Out- Sourcing - SubContratación de Trabajos y proyectos de Mantenimientos Tercerización	57	Mantenimiento Preventivo
11	Planeación y Organización de las Tareas de Mantenimiento	58	Conocimiento de la Disponibilidad de Equipos
12	Medición Macro-Proceso MANTENER	59	Registros Historicos
13	Tamaño Óptimo Plantilla de Mantenimiento - Número de Recursos Humanos y Físicos	60	Análisis de los datos y de las informaciones
14	Mediciones OREDA ISO 14224 - Estándares Internacionales de Mantenimiento	61	Conocimiento de los Costos de Mantenimiento
15	Evaluación estadística específica e integral, de las principales actividades de Mantenimiento	62	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento
16	Viabilidad de Otras aplicaciones modernas y novedosas aplicables en el sector eléctrico	63	Analisis del sistema actual
17	Repuestos de inventario y almacenes	64	Métodos y Preparación de los Trabajos
18	Tecnología de equipos y fábrica	65	Preparación del Trabajo
19	Comunicación e interacción de mantenimiento y otras dependencias	66	Historia cronológica de los intervenciones
20	Incidencia de la Eficiencia Energética	67	Análisis de los sistemas actuales
21	Planeacion y Programacion del Mantenimiento	68	Trabajos de la mejora
22	Medio ambiente y recursos naturales	69	Mantenimiento Preventivo
23	Seguridad y Salud Ocupacional	70	Métodos y Preparación de los Trabajos
24	Globalizacion	71	Piezas de Repuesto
25	Tercerización, out-sourcing y subcontratacion	72	Documentación Técnica
26	Salarios y remuneraciones	73	Planeación - Programación y Horarios de Trabajo
27	Recurso disponible: Agua	74	Programación del Trabajo
28	Herramientas	75	Programación de Trabajo y ejecución
29	Grupo Caza-Fallas FMECA - Análisis de Causa raíz de Fallas para eliminarlas	76	Manejo de Inventarios
30	C M D - Confiabilidad - Mantenibilidad - Disponibilidad	77	Catálogo de Partes y Repuestos
31	C M M S - Sistema de Información Computarizado en Mantenimiento	78	Registro de retiro y destinación de las piezas de recambio
32	TPM Mantenimiento Productivo Total & Método RCM	79	Listas de piezas de recambio
33	Sistema de Costos ABC - LCC - Life Cycle Cost	80	Dirección de Piezas de recambio
34	RR HH - Políticas Integrales Específicas Recursos Humanos	81	¿Qué hace cada Quién?
35	Manejo de Inventarios y Repuestos SAIAR Push Pull Frozen	82	Mantenimiento
36	Grupo de Ataque - Grupo especial solucionar los casos especiales ya	83	Seguridad
37	Planeación - Ejecución - Control del Departamento de Mantenimiento	84	Recursos Humanos - Mantenimiento
38	Out- Sourcing - SubContratación de Trabajos y proyectos de Mantenimientos Tercerización	85	Proporciones de mano de obra
39	Planeación y Organización de las Tareas de Mantenimiento	86	Mano de obra de Mantenimiento
40	Medición Macro-Proceso MANTENER	87	Proporción programada de trabajo / mano de obra mantenimiento
41	Tamaño Óptimo Plantilla de Mantenimiento - Número de Recursos Humanos y Físicos	88	Motivación y productividad deL personal
42	Mediciones OREDA ISO 14224 - Estándares Internacionales de Mantenimiento	89	Recursos de Materiales
43	Evaluación estadística específica e integral, de las principales actividades de Mantenimiento	90	Documentación Técnica
44	Viabilidad de Otras aplicaciones modernas y novedosas aplicables en CNEL	91	Instrumentos y Equipos
45	Comunicación y Relaciones	92	Infraestructura
46	Método de Intervención	93	Importancia del entrenamiento
47	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	94	Análisis de Causa raíz de Fallas para eliminarlas

De esta manera se dejan los tres listados listos de referencia para que el experto selecciones las variables base que más le parecen relevantes, a partir de la ayuda de los tres listados o de las que el directamente desee aportar en el Instrumento 1 MIC MAC.

GESTIÓN ESTRATÉGICA DE MANTENIMIENTO MIC MAC 2016 2020



**Instrumento 1 MIC MAC - de Impacto Cruzado
Planeación Estratégica Futurística de Mantenimiento**

Saludos cordiales Señor Ingeniero (a) _____,

Dada su alto conocimiento en el tema de mantenimiento, en su aspecto gerencial y operativo, a la vez su gran experiencia en Ingeniería de Fábricas, podría participar en el presente estudio. Aportando al menos unos nueve criterios relevantes en el manejo estratégico de mantenimiento en la industria privada o pública de Colombia, en el periodo futuro 2016 a 2020, si es tan gentil.

A tal efecto entregamos anexos tres listados (1, 2 y 3) de ayuda si desea tomar variables de allí o puede hacerlo directamente de Usted.

Variables:

- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____
- 6 – _____
- 7 – _____
- 8 – _____
- 9 – _____
- 10 – _____
- 11 – _____
- 12 – _____
- 13 – _____

Agradeciéndole su atención y colaboración.

Guillermo Caicedo - Celular 315 7537289

Alberto Mora Gutiérrez - Celular 312 2874586

2.4 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 2

En el capítulo 2 se dejan construidas las variables bases, en cantidad abundante y suficiente para que el experto seleccione de allí si lo desea, o se deja libre si desea aportar de su propia experiencia y conocimiento; el capítulo a su vez deja los cálculos estadísticamente válidos para un tamaño muestral de expertos de 98, con los algoritmos y números requeridos, cumpliendo así con el objetivo de este capítulo dos.

3 DESARROLLO FUTURÍSTICO

3.1 OBJETIVO 3

Realizar el análisis de impacto cruzado MIC MAC de las variables claves estratégicas de gestión mantenimiento; mediante los análisis pertinentes Tablero de Poderes PF de Ténrière-Buchot, Influencias de Diagrama de D'jambi, Tablero de Influencias de Lefebvre, Analítico de J. W. Forrester, Mapas Estratégicos Directo y válido Indirecto, etcétera. - Nivel 3 Aplicar

3.2 INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 3

El concepto general del análisis estructural, es una herramienta diseñada para el enlace de ideas futuras en el tiempo por venir. Esto se logra mediante la correlación de elementos y/o factores que constituyen el sistema, los cuales son relacionados en una matriz que se multiplica a la n potencia, por los actores que pertenecen a ella. El método es una herramienta que se usa en la construcción de la base para el diseño de escenarios, se usa principalmente para encontrar las variables influyentes, dependientes y esenciales para entender la evolución del sistema y predecir su comportamiento futuro.

El principal mérito de este método radica en la ayuda que presta a un grupo para plantearse las buenas preguntas y construir reflexión colectiva; donde el criterio humano es la base de entrada, pero dada sus grandes limitaciones, los grandes resultados se obtienen por la multiplicación matricial de la computadora a las varias decenas de veces, actuando aleatoriamente unas variables contra otras.

3.3 DESARROLLO CAPÍTULO 3




El programa MIC MAC tiene por objeto ayudar en un estudio de análisis estructural a partir de una lista de variables estructurales y una matriz que representa las influencias directas entre las variables, extraer e identificar las variables claves del problema estudiado, con la ayuda de cuadros y gráficos que permiten la modelización del problema a abordar.

Este capítulo utiliza el análisis estructural de impactos cruzados MIC MAC para encontrar las variables de éxito en la gestión de mantenimiento de una empresa.

3.3.1 Desarrollo de Instrumento a partir de variables seleccionadas

El proceso que continua es seguir con el desarrollo normal planteado al final del capítulo uno, el cual consiste en tabular frecuentemente las variables descritas en los Instrumentos 1 por los más de cien expertos.

Ilustración 28 - Estado de desarrollo

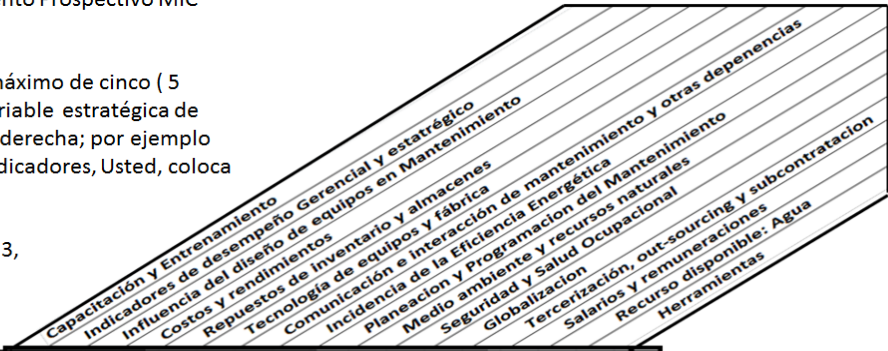
1	Realización Instrumento 1 abierto de variables a 31 expertos Especialistas en Mantenimiento Alumnos vigentes EAFIT, con el fin de determinar las primeras variables y encontrar la base del cálculo del tamaño muestral, final concluyente estadísticamente hablando.	
2	Determinación del tamaño muestral final, con distribución normal.	
3	Construcción del histograma frecuencial, para determinar las variables relevantes.	
4	Arquitectura del Instrumento MIC MAC 2 de mantenimiento con 16 variables.	
5	Realización del Instrumento 2 a expertos.	
6	Desarrollo prospectivo matemático, estadístico y logístico del MIC MAC Mapa Indirecto y sus análisis respectivos.	
7	Construcción del Plan Estratégico 2016 - 2020	

Instrumento Prospectivo MIC MAC 2 – Mantenimiento Estratégico 2016 - 2020

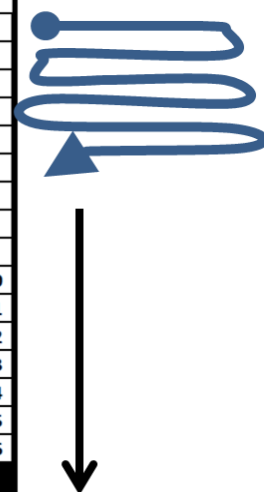
Respetado Experto Ingeniero (a) _____
 Con base en su gran experiencia y conocimiento en el tema de Mantenimiento Estratégico Gerencial y Operacional, le solicitamos el favor de realizar este Instrumento Prospectivo MIC MAC de Fase II.

El ejercicio consiste en valorar de cero (0 mínimo valor) hasta un valor máximo de cinco (5 Máximo), con números enteros (0, 1, 2, 3, 4 o 5), la influencia que la variable estratégica de Mantenimiento del período 2016- 2020 de la izquierda tiene en la de la derecha; por ejemplo Califique qué tanta influencia tiene la variable 1 Capacitación en la 2 Indicadores, Usted, coloca allí el valor que considere pertinente, por decir algo 3.

Esto no significa doble relación, la influencia de 2 en 1 no tiene que ser 3, puede y debe ser otro valor, a menos que coincida solo en ese caso.



#	Variable Clave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Capacitación y Entrenamiento	■																1
2	Indicadores de desempeño Gerencial y estratégico		■															2
3	Influencia del diseño de equipos en Mantenimiento			■														3
4	Costos y rendimientos				■													4
5	Repuestos de inventario y almacenes					■												5
6	Tecnología de equipos y fábrica						■											6
7	Comunicación e interacción de mantenimiento y otras dependencias							■										7
8	Incidencia de la Eficiencia Energética								■									8
9	Planeación y Programación del Mantenimiento									■								9
10	Medio ambiente y recursos naturales										■							10
11	Seguridad y Salud Ocupacional											■						11
12	Globalización												■					12
13	Tercerización, out-sourcing y subcontratación													■				13
14	Salarios y remuneraciones														■			14
15	Recurso disponible: Agua															■		15
16	Herramientas																■	16
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	



3.3.2 Realización Instrumento MIC MAC 2

El proceso futurístico MIC MAC, reglamenta la realización de 14 Expertos cuando se trata de temas o empresas del sector netamente privado, 50 en el caso de sector público, o 35 elementos expertos en el caso de empresas mixtas o combinación simultánea de privadas y públicas.

A tal efecto se tomaron, entre los más de cien (100) expertos, 35 aleatoriamente, que pertenecieran proporcionalmente a distintas regiones del país, empresas públicas y privadas, etcétera.

Los resultados que se obtuvieron promedio del Instrumento 2, se ilustran paso seguido.

Ilustración 32 - Valores promedio del Instrumento 2 aplicado a 35 Expertos.

Matriz Promedio																	
Variablñe clave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Motricidad promedio
1		3.9	2.7	3.9	2.6	4.0	3.7	3.0	3.5	3.5	4.4	3.0	2.3	3.4	1.9	3.5	3.3
2	1.5		2.6	3.9	3.9	3.3	2.9	3.0	4.5	3.2	3.4	3.1	2.5	2.2	1.6	2.5	2.9
3	1.4	1.5		4.2	3.4	4.6	2.8	4.5	3.0	3.7	4.1	3.2	1.8	1.8	1.8	3.3	3.0
4	1.8	2.3	2.3		4.5	4.4	2.7	4.5	3.8	3.3	3.7	3.3	3.8	3.9	2.4	3.3	3.3
5	1.1	2.0	2.0	2.5		3.1	1.8	2.5	4.0	1.8	1.6	3.2	2.4	1.3	1.0	2.8	2.2
6	2.4	1.7	2.3	2.2	1.6		3.6	4.6	3.5	3.8	3.5	4.4	2.8	2.6	2.3	3.4	3.0
7	2.2	1.7	1.5	1.5	1.3	2.1		2.0	4.0	2.0	3.3	4.1	2.5	1.9	1.2	1.7	2.2
8	1.4	1.9	1.9	2.3	1.0	2.1	0.7		2.4	4.2	2.6	3.5	1.9	2.4	3.0	2.0	2.2
9	2.0	2.3	1.8	2.1	2.2	1.7	1.9	1.3		2.8	3.5	3.5	3.4	3.1	1.9	3.4	2.5
10	1.6	1.7	2.0	1.9	1.0	1.9	1.3	2.1	1.5		3.5	4.1	2.3	2.1	4.3	2.4	2.2
11	2.1	2.1	1.9	1.8	0.8	1.6	1.8	1.3	1.5	1.7		2.9	3.6	3.1	2.0	3.6	2.1
12	2.0	1.8	1.8	1.8	1.6	2.2	2.3	1.7	1.3	1.8	1.4		3.2	3.5	2.9	3.2	2.2
13	1.1	1.4	1.3	2.0	1.0	1.3	1.3	0.8	1.8	1.0	1.3	1.1		4.2	1.3	2.9	1.6
14	1.2	1.4	1.0	2.4	0.6	1.0	1.1	0.8	1.3	0.6	1.1	1.1	1.9		1.5	2.0	1.3
15	1.0	1.0	1.2	1.7	0.5	1.2	0.6	1.7	0.9	1.9	1.3	1.3	0.8	0.5		1.5	1.1
16	1.9	0.9	1.9	2.0	1.8	1.8	0.9	1.2	1.2	0.9	2.0	1.1	1.3	0.8	0.5		1.4
Dependencia promedio	1.64	1.84	1.88	2.40	1.84	2.42	1.95	2.33	2.54	2.41	2.71	2.86	2.43	2.46	1.98	2.78	2.279

La Matriz estratégica directa, se construye a partir de los valores promedios de los resultados, más sin embargo, primero se debe realizar la matriz unitaria, de ceros y unos, de origen booleano, que será multiplicada matricialmente a la n para obtener desde la Directa Base Unitaria, la correcta Indirecta a través de la multiplicación factorial.

3.3.2.1 Matriz Unitaria

Esta se obtiene al determinar, los valores que están por encima de la media de 2.279, quedan con un valor de uno y por debajo de la media, se les coloca cero (0).

Ilustración 33 - Matriz Directa unitaria Booleana

Matriz Unitaria Directa de ceros y unos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Σ
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	14.00
2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	12.00
3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	10.00
4	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13.00
5	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	7.00
6	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12.00
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	4.00
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	6.00
9	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	7.00
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	5.00
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	4.00
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5.00
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.00
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Σ	1	3	3	5	4	5	6	6	8	7	9	11	10	8	5	11	102.00

Dependencia		
Σ	14.00	1
	12.00	2
	10.00	3
	13.00	4
	7.00	5
	12.00	6
	4.00	7
	6.00	8
	7.00	9
	5.00	10
	4.00	11
	5.00	12
	2.00	13
	1.00	14
	0.00	15
	0.00	16

Ilustración 34 - Estado de avance

1	Realización Instrumento 1 abierto de variables a 31 expertos Especialistas en Mantenimiento Alumnos vigentes EAFIT, con el fin de determinar las primeras variables y encontrar la base del cálculo del tamaño muestral, final concluyente estadísticamente hablando.	
2	Determinación del tamaño muestral final, con distribución normal.	
3	Construcción del histograma frecuencial, para determinar las variables relevantes.	
4	Arquitectura del Instrumento MIC MAC 2 de mantenimiento con 16 variables.	
5	Realización del Instrumento 2 a expertos.	
6	Desarrollo prospectivo matemático, estadístico y logístico del MIC MAC Mapa Indirecto y sus análisis respectivos.	
7	Construcción del Plan Estratégico 2016 - 2020	

3.3.2.2 Desarrollo matemático prospectivo

El proceso consiste ahora en elevar a la potencia infinito mediante una multiplicación matricial los valores de la matriz base directa unitaria, en el caso particular se eleva a la potencia 3.3699E+66, de la cual se obtienen los siguientes resultados.

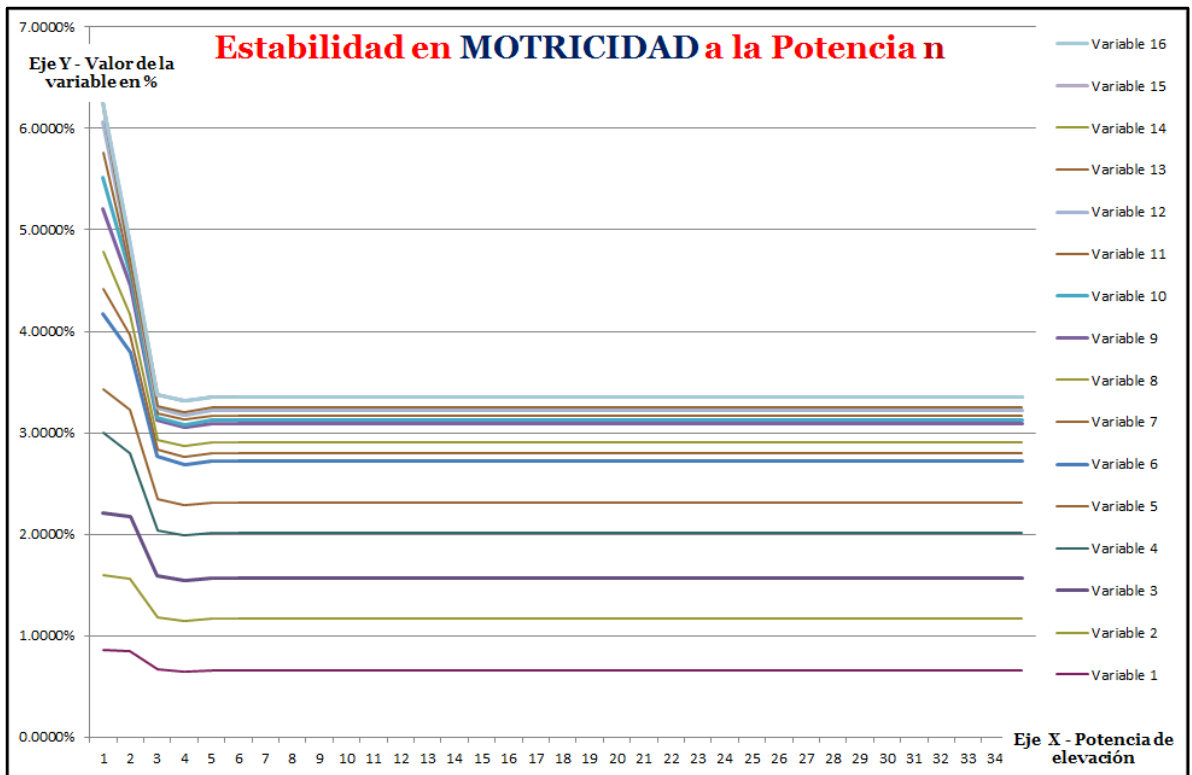
Ilustración 35 - Matriz Indirecta a la potencia n de 3.3699E+66

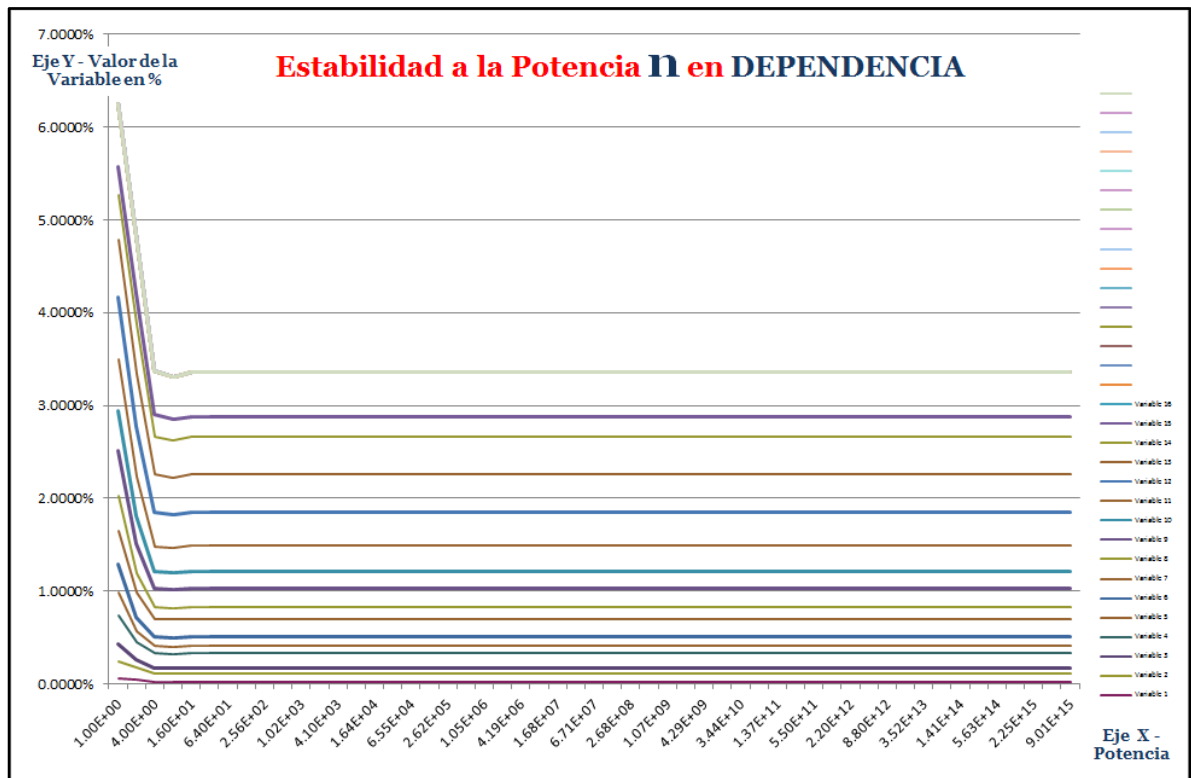
Matriz Indirecta de orden 3.3699E+66																	
Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Motricidad
1	0.00476%	0.01832%	0.01037%	0.03113%	0.01571%	0.01954%	0.03771%	0.02429%	0.03939%	0.03597%	0.05390%	0.07084%	0.07965%	0.07873%	0.04424%	0.09238%	0.6568%
2	0.00367%	0.01414%	0.00800%	0.02402%	0.01213%	0.01508%	0.02910%	0.01875%	0.03039%	0.02776%	0.04159%	0.05467%	0.06146%	0.06075%	0.03414%	0.07128%	0.5069%
3	0.00291%	0.01122%	0.00635%	0.01907%	0.00963%	0.01197%	0.02311%	0.01488%	0.02413%	0.02204%	0.03302%	0.04340%	0.04880%	0.04824%	0.02710%	0.05660%	0.4025%
4	0.00325%	0.01254%	0.00710%	0.02130%	0.01075%	0.01337%	0.02581%	0.01663%	0.02695%	0.02461%	0.03689%	0.04848%	0.05451%	0.05388%	0.03027%	0.06322%	0.4496%
5	0.00217%	0.00834%	0.00472%	0.01418%	0.00716%	0.00890%	0.01718%	0.01107%	0.01794%	0.01638%	0.02455%	0.03227%	0.03628%	0.03586%	0.02015%	0.04288%	0.2993%
6	0.00298%	0.01146%	0.00649%	0.01949%	0.00983%	0.01223%	0.02360%	0.01520%	0.02465%	0.02251%	0.03373%	0.04434%	0.04985%	0.04927%	0.02769%	0.05781%	0.4111%
7	0.00055%	0.00211%	0.00120%	0.00359%	0.00181%	0.00225%	0.00435%	0.00280%	0.00454%	0.00415%	0.00622%	0.00817%	0.00919%	0.00908%	0.00510%	0.01085%	0.0758%
8	0.00075%	0.00288%	0.00163%	0.00489%	0.00247%	0.00307%	0.00593%	0.00382%	0.00619%	0.00565%	0.00847%	0.01113%	0.01252%	0.01237%	0.00695%	0.01452%	0.1032%
9	0.00136%	0.00523%	0.00296%	0.00888%	0.00448%	0.00558%	0.01076%	0.00693%	0.01124%	0.01026%	0.01538%	0.02022%	0.02273%	0.02247%	0.01262%	0.02636%	0.1875%
10	0.00022%	0.00084%	0.00048%	0.00143%	0.00072%	0.00090%	0.00173%	0.00111%	0.00181%	0.00165%	0.00247%	0.00325%	0.00365%	0.00361%	0.00203%	0.00424%	0.0301%
11	0.00033%	0.00127%	0.00072%	0.00216%	0.00109%	0.00136%	0.00262%	0.00169%	0.00274%	0.00250%	0.00375%	0.00492%	0.00554%	0.00547%	0.00307%	0.00642%	0.0457%
12	0.00037%	0.00144%	0.00081%	0.00244%	0.00123%	0.00153%	0.00296%	0.00191%	0.00309%	0.00282%	0.00423%	0.00556%	0.00625%	0.00618%	0.00347%	0.00725%	0.0515%
13	0.00019%	0.00074%	0.00042%	0.00126%	0.00064%	0.00079%	0.00153%	0.00098%	0.00160%	0.00146%	0.00218%	0.00287%	0.00323%	0.00319%	0.00179%	0.00374%	0.0266%
14	0.00079%	0.00305%	0.00173%	0.00518%	0.00262%	0.00325%	0.00628%	0.00405%	0.00556%	0.00599%	0.00898%	0.01180%	0.01327%	0.01311%	0.00737%	0.01539%	0.1094%
15	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.0000%
16	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.0000%
Dependencia	0.0243%	0.0936%	0.0530%	0.1590%	0.0803%	0.0998%	0.1927%	0.1241%	0.2012%	0.1838%	0.2754%	0.3619%	0.4069%	0.4022%	0.2260%	0.4719%	0.01311%

3.3.2.2.1 Estabilidad en el tiempo

La prueba de fuego prospectiva, consiste en que en la multiplicación matricial, cuando esta tiene a infinito, los valores de motricidad y dependencia permanezcan estables en el largo plazo, dado que los mapas Arquitectónicos Indirectos, son la representación en dos dimensiones de los valores de motricidad y dependencia de las dieciséis variables claves estratégicas de mantenimiento.

Ilustración 36 - Estabilidad de las variables





Como se puede observar ambas cumplen, por lo cual el prospectivo es correcto.

3.3.3 Mapas Arquitectónicos

Tanto el mapa Directo como el Indirecto, se construyen a partir de los valores que otorguen, los valores de motricidad (capacidad de impactar a otras variables) y de dependencia (posibilidades de dejarse influenciar por las motrices), establecen cuatro grupos:

Motrices, las cuales tienen motricidad por encima de la media y dependencia debajo de la media, pueden impactar fácilmente a otras y no se dejan influenciar, son las que inician el sistema.

Reflejo o Espejo, son variables peligrosas pues se dejan influenciar pero a su vez son muy motrices, pues sus valores de dependencia y motricidad están por encima de la media. Son los valores que se miden para ver la efectividad del sistema en el tiempo, es decir su valoración hacia el logro permite determinar si el sistema funciona en el futuro o no. Son las variables de salida.

Independientes: son variables bajas en motricidad y dependencia, no se deben tener en cuenta en el umbral de tiempo del prospectivo, este es uno de los grandes aportes del MIC MAC, ya que determina de antemano sobre qué variables se debe trabajar.

Ilustración 37 - Valores de Motricidad y Dependencia

INDIRECTO						
Variable	Motricidad	Dependencia				
1	0.04106%	0.00152%	Motriz			
2	0.03168%	0.00585%	Motriz			
3	0.02516%	0.00331%	Motriz			
4	0.02810%	0.00994%	Motriz			
5	0.01870%	0.00502%				Independiente
6	0.02570%	0.00624%	Motriz			
7	0.00474%	0.01204%				Independiente
8	0.00645%	0.00776%				Independiente
9	0.13172%	0.13258%		Espejo		
10	0.00188%	0.01148%				Independiente
11	0.00285%	0.01721%				Independiente
12	0.00322%	0.02262%			Del Futuro	
13	0.00166%	0.02543%			Del Futuro	
14	0.00684%	0.02514%			Del Futuro	
15	0.00000%	0.01413%				Independiente
16	0.00000%	0.02950%			Del Futuro	

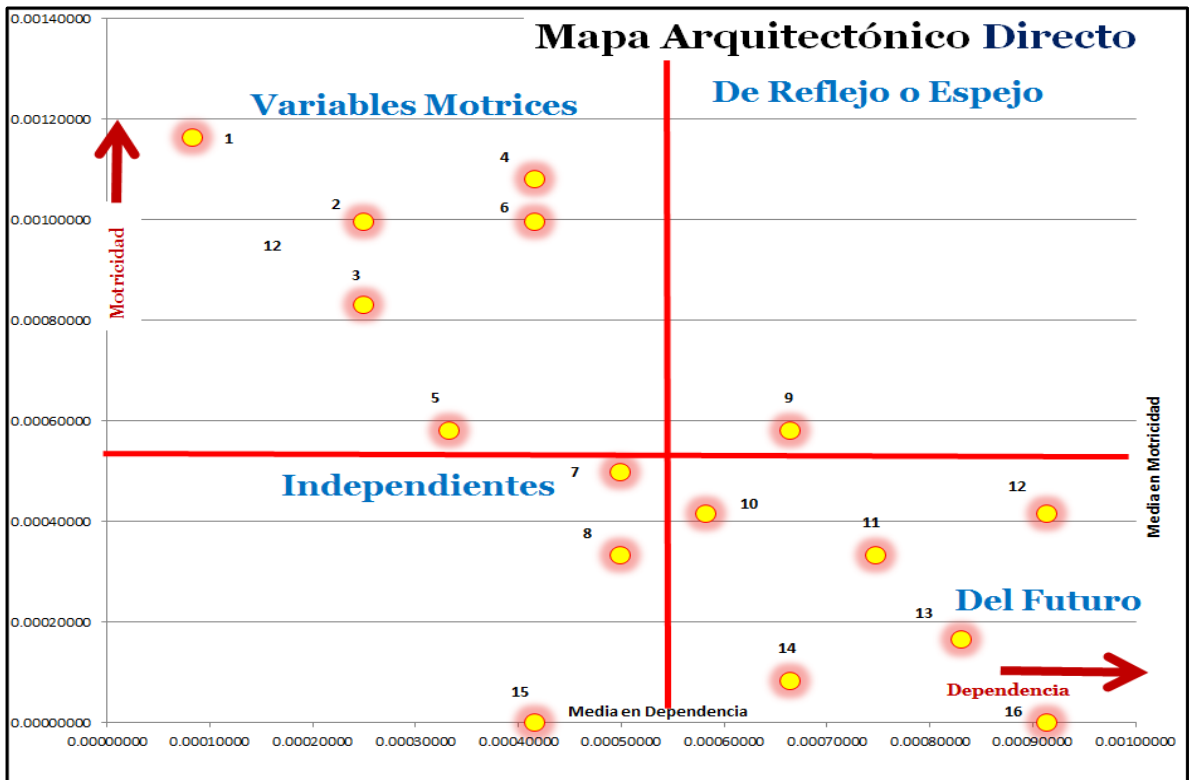
DIRECTO						
Variable No.	Motricidad	Dependencia	Variables - Tipos factibles			
1	0.11632%	0.00831%	Motriz			
2	0.09970%	0.02493%	Motriz			
3	0.08308%	0.02493%	Motriz			
4	0.10801%	0.04154%	Motriz			
5	0.05816%	0.03323%	Motriz			
6	0.09970%	0.04154%	Motriz			
7	0.03323%	0.04985%				Independiente
8	0.04985%	0.04985%				Independiente
9	0.05816%	0.06647%		Espejo		
10	0.04154%	0.05816%			Del Futuro	
11	0.03323%	0.07478%			Del Futuro	
12	0.04154%	0.09139%			Del Futuro	
13	0.01662%	0.08308%			Del Futuro	
14	0.00831%	0.06647%			Del Futuro	
15	0.00000%	0.04154%				Independiente
16	0.00000%	0.09139%			Del Futuro	

En general se observa que tres de las dieciséis variables cambiaron, lo que le genera una buena dinámica al prospectivo, es decir hay una diferencia connotada entre lo que piensan de forma directa los Expertos y lo que verdaderamente ocurrirá a futuro en el Mapa Arquitectónico Indirecto.

Dinamismo	
18.75%	
Variable	
1	No Cambió
2	No Cambió
3	No Cambió
4	No Cambió
5	Cambió
6	No Cambió
7	No Cambió
8	No Cambió
9	No Cambió
10	Cambió
11	Cambió
12	No Cambió
13	No Cambió
14	No Cambió
15	No Cambió
16	No Cambió

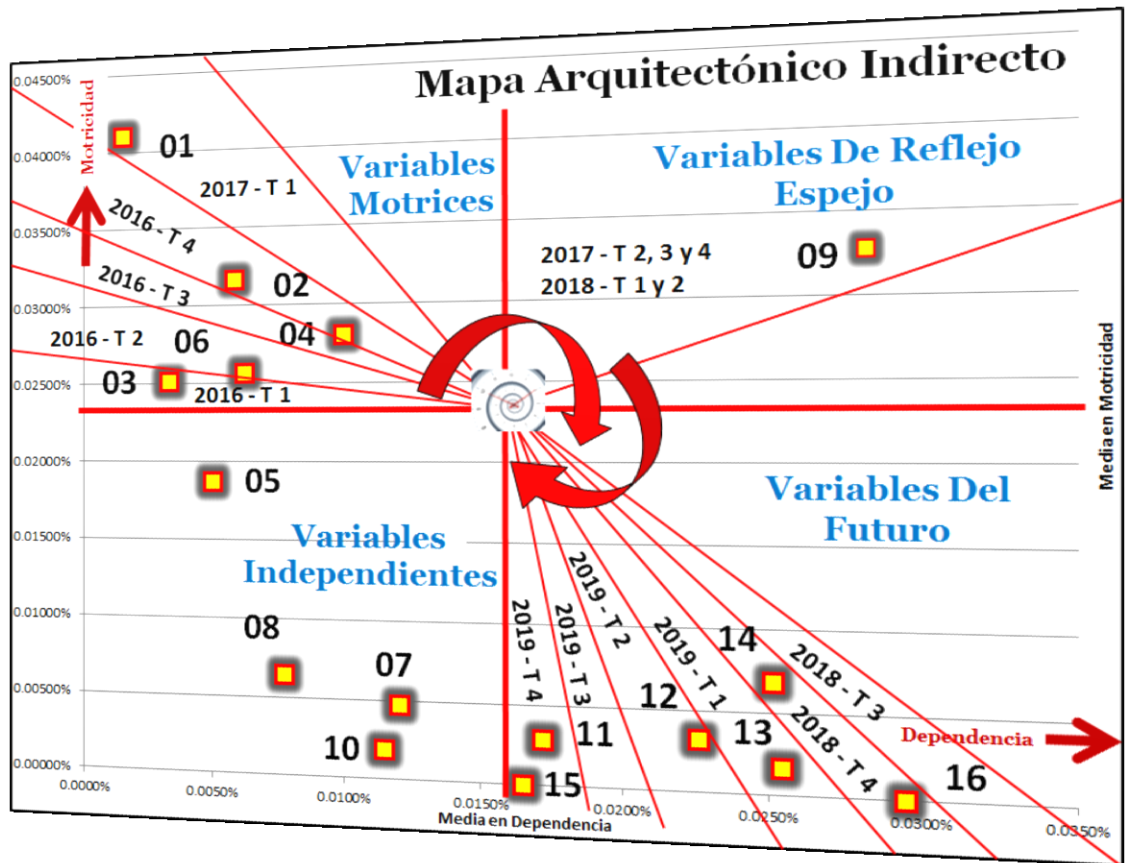
El siguiente paso es presentar los dos Mapas, tanto el directo, como el Indirecto a partir de los valores tabulados de motricidad y dependencia de las 16 variables en cada uno de los dos mapas.

Ilustración 38 - Mapa Arquitectónico Directo



Como se puede observar, las dieciséis variables se reparten en los cuatro cuadrantes.

Ilustración 39 - Mapa Arquitectónico Indirecto - Prospectivamente Válido



Esta es la figura clave del Proyecto, en ella se describen las variables claves de éxito, el tipo de ellas, el manejo que se les debe dar y en especial el período secuencial lógico en que se debe trabajar cada variable.

Dada la particularidad de que en este caso solo hay una variable espejo y dado que es clave en el proceso, definida 09 como Planeación y Programación del Mantenimiento, se le asigna un año y medio de realización para que sea un

proceso firme, estratégico y adecuado, obsérvese que a las otras variables en el sentido de las agujas del reloj se le asigna un trimestre de cada año, del umbral 2016 – 2020 para su implementación o medición, con el fin de que se consolide dentro del marco gerencial estratégico de mantenimiento.

Ilustración 40 - Bases Variables Claves Plan Estratégico - Secuencia lógica

Plan Estratégico Mantenimiento 2016 2020 - Colombia Expertos EAFIT Mantenimiento			Secuencia lógica de acción en el tiempo	
Tipo	#	Variable clave	Año	Trimestre
Motriz	3	Influencia del diseño de equipos en Mantenimiento	2016	1
Motriz	6	Tecnología de equipos y fábrica	2016	2
Motriz	4	Costos y rendimientos	2016	3
Motriz	2	Indicadores de desempeño Gerencial y estratégico	2016	4
Motriz	1	Capacitación y Entrenamiento	2017	1
Reflejo	9	Planeacion y Programacion del Mantenimiento	2017	2, 3 y 4
Espejo			2018	1 y 2
Futuro	16	Herramientas	2018	3
Futuro	14	Salarios y remuneraciones	2018	4
Futuro	13	Tercerización, out-sourcing y subcontratacion	2019	1
Futuro	12	Globalizacion	2019	2
Futuro	11	Seguridad y Salud Ocupacional	2019	3
Futuro	15	Recurso disponible: Agua	2019	4
Inertes o Independientes, no influyen en el sistema	5	Repuestos de inventario y almacenes	No	No
	7	Comunicación e interacción de mantenimiento y otras dependencias	No	No
	8	Incidencia de la Eficiencia Energética	No	No
	10	Medio ambiente y recursos naturales	No	No

3.3.4 Análisis Prospectivos

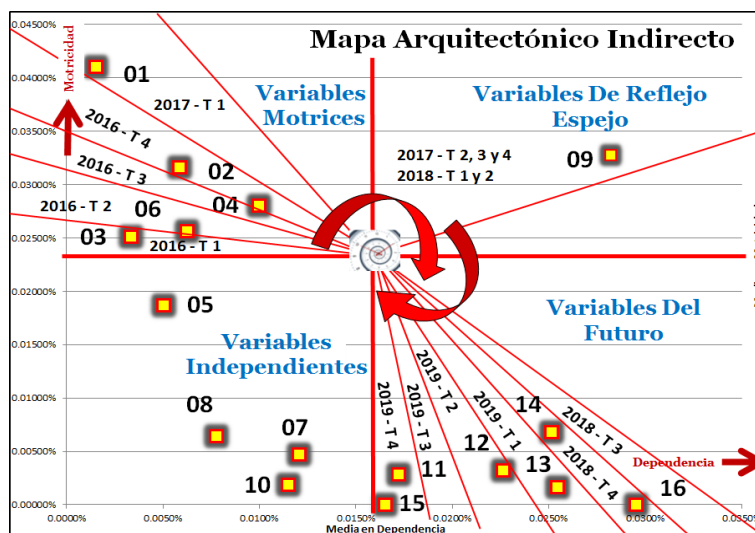
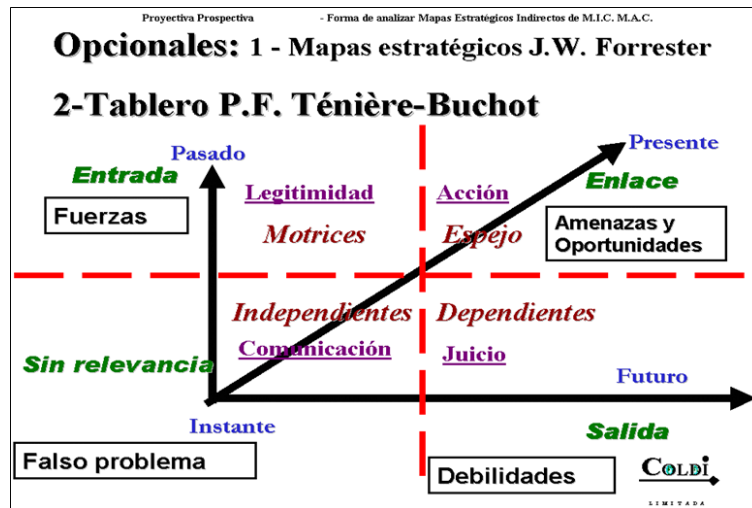
3.3.4.1 Forrester

Sobresalen entre ellos, el de Análisis de J. W. Forrester, que aporta básicamente los Mapas Estratégicos directo e indirectos, que se presentan y analizan en párrafos anteriores del capítulo.

3.3.4.2 Tablero de Poderes PF de Ténrière-Buchot

Para el caso particular, se hace la lectura del Mapa Guía adjunto, donde se descubre que las variables 5, 7, 8 y 10, son falsos problemas, las relevantes que dan la fuerza de entrada son las motrices en su orden secuencial son 3, 6, 4, 2 y 1; por otro lado de más estratégica y que se debe tener mucho tino, delicadeza y cuidado en su manejo es la den Reflejo o Espejo que son amenaza u oportunidades según Ténrière, la 9 Planeación y programación del Mantenimiento, por último están las del futuro 16, 14, 13, 12, 15 y 11, lo que se interpetra en este análisis como las debilidades que se deben lograr impactar al final del proceso, después de que las motrices hagan su trabajo.

Ilustración 41 - PF de Ténrière-Buchot

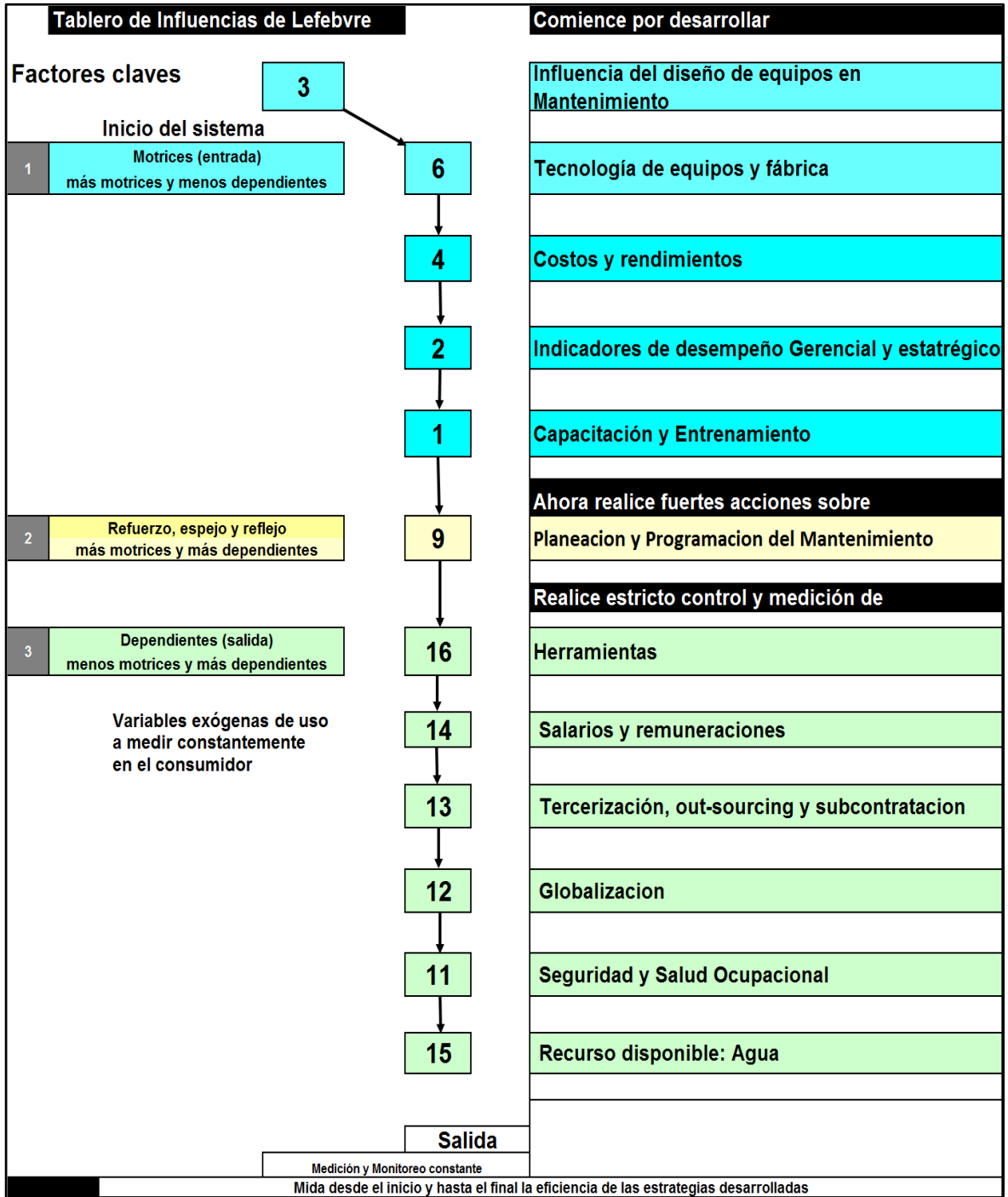


Mapa Indirecto	
FORTALEZAS	
3	Influencia del diseño de equipos en Mantenimiento
6	Tecnología de equipos y fábrica
4	Costos y rendimientos
2	Indicadores de desempeño Gerencial y estratégico
1	Capacitación y Entrenamiento
AUMENTO O PROPAGACIÓN DE OPORTUNIDADES	
9	Planeacion y Programacion del Mantenimiento
DEBILIDADES	
16	Herramientas
14	Salarios y remuneraciones
13	Tercerización, out-sourcing y subcontratacion
12	Globalizacion
11	Seguridad y Salud Ocupacional
15	Recurso disponible: Agua
FALSOS PROBLEMAS	
5	Repuestos de inventario y almacenes
7	Comunicación e interacción de mantenimiento y otras dependencias
8	Incidencia de la Eficiencia Energética
10	Medio ambiente y recursos naturales

3.3.4.3 Tablero de influencias de J. F. Lefebvre

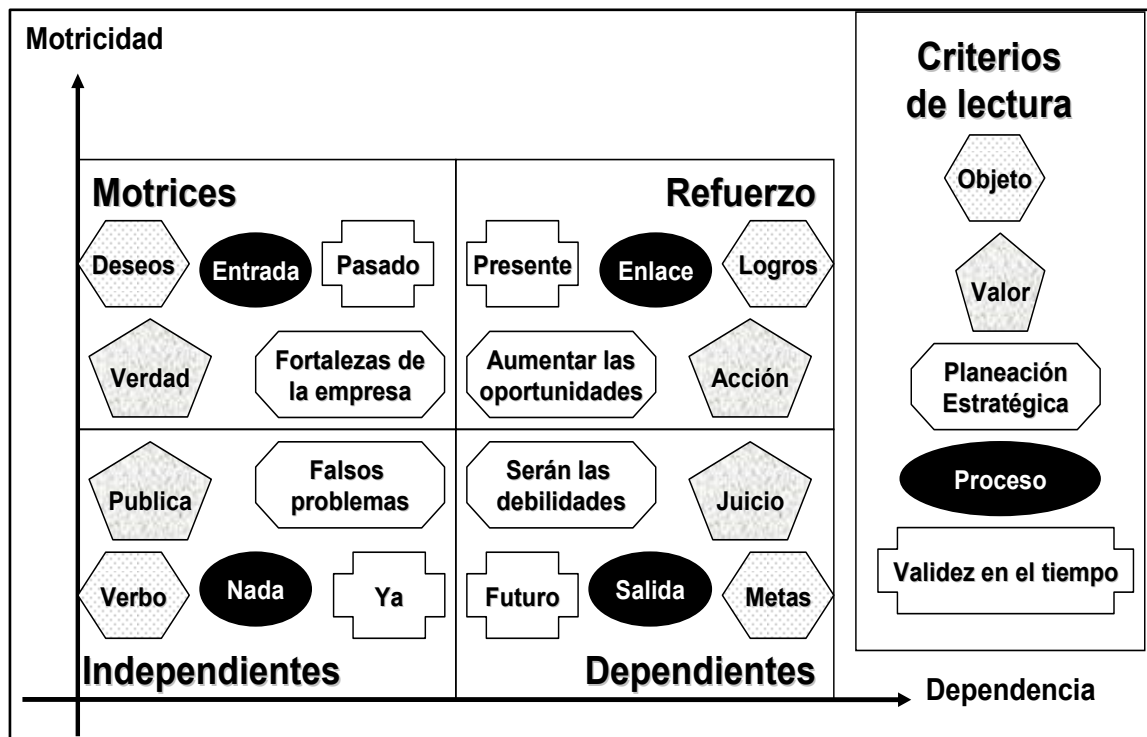
Este análisis da la secuencia lógica en el tiempo, la cual se extrae de las ilustraciones anteriores, así.

Ilustración 42 - Tablero Influencias de Lefebvre



3.3.4.4 Influencias de Diagrama de D'jambi,

Entre los parámetros más relevantes de lectura, están: el tiempo en que se ejecutan y su significado (representado dentro de una cruz en la siguiente figura), el valor o la validez de sus enunciados (dentro de pentágonos), el objeto u objetivo que deben cumplir dentro de la planeación estratégica tecnológica (situados al interior de los octógonos), su función dentro de la cadena de impactos (ubicados en las elipses de fondo negro), para lo que sirven (dentro de hexágonos) y lo que representan en su escala de valores (dentro del pentágono).



(Mora, 2012)

La cantidad de estrategias y acciones que se pueden elaborar a partir de estos cinco criterios de Ténrière-Buchot y/o Djambi son abundantes y exquisitas, realmente esto induce a pensar que el análisis estructural de impacto cruzado al ser interpretado y leído con estas técnicas, permite construir una verdadera planeación estratégica clásica y tecnológica, que contenga prácticamente todos los parámetros de éxito de los métodos futurísticos: coherencia intelectual, continuidad, contenido científico, verosimilitud, importancia, transparencia, repetibilidad, pertinencia, representatividad y consenso (Mora, 2014) (Mora, 2012).

3.4 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 3

La sección tres aporta completamente todas las variables claves, en total 16, de orden estratégico y todos los análisis estratégicos prospectivos, requeridos, para la interpretación final que conlleve al Plan Estratégico final de mantenimiento para empresas sean públicas o privadas en Colombia en el período 2016 - 2020, en el tema de mantenimiento estratégico.

4 PLAN ESTRATÉGICO MANTENIMIENTO

4.1 OBJETIVO 4

Presentar un bosquejo gerencial del Plan Estratégico de Mantenimiento a partir del análisis futurístico de impacto cruzado, para el umbral 2016 – 20120 - Nivel 4 Analizar.

4.2 INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 4

El capítulo sintetiza las acciones claves a desarrollar de forma secuencial a partir de las variables estratégicas encontradas derivadas del análisis de impacto cruzado.

4.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 4

El Plan estratégico, es el conjunto de recomendaciones que se presentan de forma lógica y secuencial, respetando los resultados obtenidos del MIC MAC, para cada una de ellas.

4.3.1 Elaboración de estrategia de mantenimiento

El conjunto de tareas a desarrollar, es la suma y el conglomerado de todas las recomendaciones individuales a realizar.

4.3.1.1 *Variables Motrices*

Se describen las principales estrategias a realizar en las variables de inicio.

4.3.1.1.1 Variable Número 3 - Influencia del diseño de equipos en Mantenimiento

En este punto la empresa debe participar en el diseño de equipos así sean propios es decir diseñados desde el interior o desde empresas proveedoras locales, nacionales o internacionales, el área de mantenimiento debe participar en los procesos de compra y diseño y construcción de equipos desde el momento cero, es decir desde el inicio, para prepararse en todos los campos pertinentes, de tecnología, conocimiento, repuestos, problemas y administración del activo.

4.3.1.1.2 Variable Número 6 - Tecnología de equipos y fábrica

Otro punto a trabajar de la mano del anterior, es el desarrollo de competencias y habilidades en el personal en el campo tecnológico, al fin y al cabo lo importante a conocer en mantenimiento es la tecnología que fundamenta el funcionamiento de

los equipos, es decir un profundo conocimiento de los equipos y de la tecnología requerida en su operación. Este punto es la clave del éxito de mantenimiento.

4.3.1.1.3 Variable Número 4 - Costos y rendimientos

Una vez se tiene un conocimiento pleno del diseño, la tecnología y el funcionamiento de los activos (equipos) en las dos variables claves anteriores, se debe proceder a tener un sistema de costeo *LCC (Life Cycle Cost)* en tiempo real, con indicadores CMD que permiten determinar en cualquier momento el grado de éxito parcial o total, que se va alcanzando con cada una de las acciones estratégicas a realizar de mantenimiento, en el período 2016 – 2020.

4.3.1.1.4 Variable Número 2 - Indicadores de desempeño Gerencial y estratégico

Este se consolida y va de la mano del anterior, sirve para pronosticar y predecir todo el comportamiento de las máquinas a través de los cálculos internacionales a futuro de la confiabilidad, mantenibilidad y la disponibilidad, junto con el costo del ciclo económico de vida (LCC), esto permite entonces engranar de forma lógica, así:

Conocer el diseño y la tecnología de las máquinas, tener un sistema de costeo real y certero en tiempo real, predecir el comportamiento de los equipos con predicciones CMD, posteriormente tener un RRHH entrenado y a punto, hasta son las motrices y todo esto se plasma en la variable espejo más estratégica, que es la Planeación y la Programación Estratégica del Mantenimiento, que al fin y al cabo es el epicentro del proyecto.

4.3.1.1.5 Variable Número 1 - Capacitación y Entrenamiento

Se debe tener todo el personal RRHH a punto, tanto en la parte técnica, tecnológica como en la parte de satisfacción y crecimiento humano con felicidad dentro de la organización, lo que le va a permitir alcanzar grados tácticos avanzados de mantenimiento como RCM.

4.3.1.2 Variables Espejo o Reflejo

Son las de mayor cuidado, sirven de conexión, es en ellas donde se ejecuta el proceso.

4.3.1.2.1 Variable Número 9 - Planeación y Programación del Mantenimiento

En el caso particular solo existe una, es la de los trabajos reales de mantenimiento, de esta forma se verifica la lógica de los resultados técnicos del análisis de impacto cruzado MIC MACD, donde refleja que todo lo anterior (las

cinco variables motrices son necesarias de forma previa) al llegar acá a la ejecución del proceso de tareas de mantenimiento Niveles II Operacional y III Táctico de Mantenimiento.

Ilustración 43 - PHV del MIC MAC Indirecto con Variables Claves

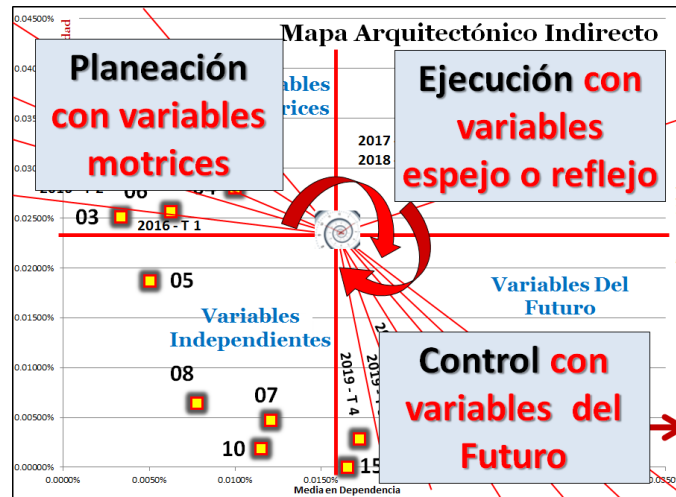


Ilustración 44 - Bases Variables Claves Plan Estratégico - Secuencia lógica

Plan Estratégico Mantenimiento 2016 2020 - Colombia Expertos EAFIT Mantenimiento				Secuencia lógica de acción en el tiempo	
Tipo	#	Variable clave	Año	Trimestre	
Motriz	3	Influencia del diseño de equipos en Mantenimiento	2016	1	
Motriz	6	Tecnología de equipos y fábrica	2016	2	
Motriz	4	Costos y rendimientos	2016	3	
Motriz	2	Indicadores de desempeño Gerencial y estratégico	2016	4	
Motriz	1	Capacitación y Entrenamiento	2017	1	
Reflejo	9	Planeacion y Programacion del Mantenimiento	2017	2, 3 y 4	
Espejo			2018	1 y 2	
Futuro	16	Herramientas	2018	3	
Futuro	14	Salarios y remuneraciones	2018	4	
Futuro	13	Tercerización, out-sourcing y subcontratacion	2019	1	
Futuro	12	Globalizacion	2019	2	
Futuro	11	Seguridad y Salud Ocupacional	2019	3	
Futuro	15	Recurso disponible: Agua	2019	4	
Inertes o Independientes, no influyen en el sistema	5	Repuestos de inventario y almacenes	No	No	
	7	Comunicación e interacción de mantenimiento y otras deperencias	No	No	
	8	Incidencia de la Eficiencia Energética	No	No	
	10	Medio ambiente y recursos naturales	No	No	

4.3.1.3 Variables del Futuro

Son las variables de salida o control, es donde se mide para ver la efectividad del sistema estratégico en el tiempo final del proceso, o sea en los últimos trimestres se debe medir, el logro de realización y avance, o si no para tomar los correctivos necesarios (Mora, 2012).

Ilustración 45 - Lista de variables de salida

16	Herramientas	2018	3
14	Salarios y remuneraciones	2018	4
13	Tercerización, out-sourcing y subcontratacion	2019	1
12	Globalizacion	2019	2
11	Seguridad y Salud Ocupacional	2019	3
15	Recurso disponible: Agua	2019	4

La cantidad, diversidad y complejidad de herramientas que tengan da un nivel del grado tecnológico del mantenimiento, que se lleva a cabo; los salarios y remuneraciones debe ir acorde al los niveles anteriores descritos en las motrices y en los niveles de avance deseados hacia el RCM; el sistema debe ser globalizado en un entorno abierto y estratégico de mantenimiento; se debe contar con planeas amplios , seguros y suficientes de seguridad y salud ocupacional, por último debe tener amplitud de recursos naturales y técnicos para el desarrollo de la estrategia global de mantenimiento a futuro del periodo 2016 - 2020.

4.4 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 4

El capítulo aporta lo que promete, todas las acciones requeridas derivadas de las variables motrices, espejo y del futuro; debe recordarse que sobre las variables de independencia no se debe hacer nada, es decir las que se ubican en el cuadrante izquierdo inferior.

5 CONCLUSIONES

5.1 OBJETIVO 5

Concluir los principales resultados obtenidos.

5.2 CONCLUSIONES GENERALES

Entre las principales conclusiones que se derivan del proyecto, se tiene:

A pesar de que es un proceso largo, delicado y profundo, vale la pena emprender proyectos que le permita a mantenimiento adelantarse a las necesidades futuras de sus usuarios.

El proyecto aporta resultados lógicos, los da como en bloque, en la primera parte enuncia que se debe preparar al personal en la tecnología y en el conocimiento de los equipos, luego los entrena en costos, CMD y LCC, para luego ejecutar los planes de ejecución de planeación y programación, subsecuentemente y por último mide variables de salida relevantes que le permiten determinar el grado de éxito requerido

La metodología MIC MAC es rigurosa, profunda y entrega una secuencia lógica de realización, la cual es obligatoria seguir a cabalidad para alcanzar el éxito propuesto.

BIBLIOGRAFÍA

Blanchard Benjamín S, Verma Dinesh y Peterson Elmer Series Nuevas dimensiones en Ingeniería - Maintainability: a key to effective serviceability and maintenance management [Libro] = Maintainability. - [s.l.] : Edit. Wiley Interscience - Wiley, John & Sons, Incorporated, 1994. - pág. 560. - ISBN: 0486438678.

Blanchard Benjamín S. Ingeniería Logística – Traducido de Logistics Engineering and Maintenance – ISDEFE [Libro] = Ingeniería Logística. - Madrid : ISDEFE© - Monografías.com, 1995. - pág. 153. - ISBN: 84-89338-06X.

Company Ramón - Pascual Previsión tecnológica de la demanda [Libro] = Pronósticos de demanda. - Barcelona : Colección PRODÚCTICA - Boixerau Marcombo S.A. Editores, 1990. - pág. 150.

Darnell H y Smith M. Management aspects of Terotechnology – Conference de la British Steel Corporation [Conferencia] = Management aspects of Terotechnology / ed. Corporation British Steel. - London - England : [s.n.], 1975. - Vol. Número 185.

De Miguel Fernández Enrique – – Servicio de Publicaciones d Introducción a la Gestión “Management” - Volumen I y II Departamento de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad – E.T.S.I. Industriales [Libro] / ed. Valencia Universidad Politécnica de. - Valencia : Servicio de Publicaciones de la UPV, 1990. - Vol. I y II : 2 : pág. 897. - Volumen I y II Departamento de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad – E.T.S.I. Industriales. - ISBN: 84-7721-127-2.

Díaz Matalobos - Ángel Confiabilidad en mantenimiento [Libro] = Confiabilidad en mantenimiento. - Caracas : Ediciones IESA, C.A., 1992. - pág. 110. - ISBN: 980-271-068-2.

Dounce Enrique - Villanueva La Productividad en el Mantenimiento Industrial [Libro]. - Cd. de México : Compañía Editorial Continental, SA de CV., 1998. - Segunda : pág. 350. - ISBN 968-26-1089-3.

Duffuaa S.O y Ben-Daya S Maintenance and quality: the mission link – Journal of Quality in Maintenance Engineering [Libro]. - West Yorkshire : [s.n.], 1995. - Vol. Volumen 1 : Número 1 : págs. 17 -18. - ISSN: 1355-2511.

ESReDa ESReDa Handook on Maintenance management [Libro] = Handook on Maintenance management / ed. ESReDa - European Safety Reliability & Data. - Hevik - Norway : DET NORSKE VERITAS - ESReDa, 2001. - Primera de 2001 : Vol. Uno : Statistical Series No. 5 : pág. 255. - Idioma Español. - ISBN: 82-515-02705.

Forcadas Jorge - Feliu Estadística aplicada a los Sistemas & Confiabilidad en los Sistemas [Publicación periódica] = Estadística en los sistemas de confiabilidad. - Medellín : Revista SAI - Revista SAI Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos – En: Revista SAI. No.4 Vol.1 – Medellín – Colombia - 1983, 1983. - 4 : Vol. 1. - pág. 41.

Ford Motor Company Reliability methods: designs verification and and production validation. Module IX = Reliability methods // North American Automotive Operations / ed. Ford. - Dearborn : Ford Motor Company, 1972. - Citado por Stamatis.

Husband M - Maintenance Management and Terotechnology [Libro]. - [s.l.] : Ashgate Publishing, Limited -, 1976. - ISBN: 0566001462.

Ishikawa Kaoru Guía de control de Calidad /Upb138 [Libro] = Guía de control de Calidad. - [s.l.] : Editorial Quality Resources, 1985. - ISBN 089059046X.

Kelly Anthony y Harris M. J. Gestión del Mantenimientolindustrial [Libro] = Gestión del Mantenimiento Industrial / ed. Gráficas Mar-Car S.A.. - 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.

Knezevic Jezdimir Mantenibilidad [Libro] = Mantenibilidad. - Madrid : Editorial ISDEFE, 1996. - ISBN: 84-89338-08-6.

Levin Richard Estadística para Administradores [Libro] = Estadística para Administradores . - Cd. de México : Prentice Hall , 1996. - pág. 1171. - Trata bien el teorema del límite central. - ISBN: 978-9688806753.

Lewis Elmer E. Introduction to Reliability Engineering [Libro]. - [s.l.] : Editorial John Wiley & Sons, Inc, 1995. - Segunda : pág. 435. - ISBN: 0471018333.

Modarres Mohammed What Every Engineer Should Know About Reliability and Risk Analysis [Libro] = What Every Engineer Should Know About Reliability and Risk Analysis. - New York City : Editorial Marcel Dekker, 1993. - pág. 351. - ISBN: 082478958X.

Mora Alberto - Gutiérrez ¿...Será factible medir la gestión gerencial del mantenimiento...? – Universidad EAFIT – Revista Universidad EAFIT Escuela de Administración y Finanzas y Tecnologías [Libro] = ¿...Será factible medir la gestión gerencial del mantenimiento...? / ed. EAFIT. - Medellín : Universidad EAFIT, 1990c. - Número 0079 : págs. 45 - 65. - ISSN: 0120-341X.

Mora Alberto - Gutiérrez ¿Cómo dimensionar el futuro de una empresa de servicios de mantenimiento? – ACIEM – Revista ACIEM Asociación Colombiana de Ingenieros Electricistas, Mecánicos, Electrónicos y Afines [Libro]. - Bogotá : [s.n.], 1998a. - Vol. Número 09 : págs. 40 - 43.

Mora Alberto - Gutiérrez 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 Casos reales // Inventarios reales. - Medellín - Empresa : [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..

Mora Alberto - Gutiérrez Mantenimiento - Planeación, Ejecución y Control [Libro] = Mantenimiento. - Bogotá : AlfaOmega editores Internacional, 2011. - pág. 678. - Sexta Edición. - ISBN 978-958-682-769-0.

Mora Alberto - Gutiérrez Mantenimiento Estratégico Empresarial [Libro] = Mantenimiento Estratégico Empresarial. - Medellín : Fondo Editorial FONEFIT, 2007b. - Primera : pág. 345. - ISBN 978-958-8281-46-9.

Mora Alberto - Gutiérrez Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios [Libro] = Mantenimiento Estratégico. - Envigado : AMG, 2007a. - Segunda : pág. 306. - ISBN 978-958-3382185.

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

Mora Alberto - Gutiérrez Pronósticos de Demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos [Libro] = Métodos Furísticos - Pronósticos / ed. Gutiérrez Alberto Mora. - Medellín : AMG, 2012. - Tercera : Vol. Uno : pág. 306. - ISBN 978-958-44-0233-2.

Mora Alberto - Gutiérrez Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas [Informe] = Mantenimiento industrial en empresas de tecnologías avanzadas : Tesis de doctorado - Ph.D. en Ingeniería Industrial Cum Laude / Organización de Empresas ; Universidad Politécnica de Valencia. - Valencia : [s.n.], 1999.

Mora Alberto - Gutiérrez Tópicos de Ingeniería de Fábricas [Entrevista] = Elementos de Ingeniería de Fábricas / recopil. meneses Edgar Mejía. - Medellín - Universidad EAFIT : [s.n.], 14 de 09 de 2013. - Email Luis Alberto Mora cimpro@usa.com lmora@fafit.edu.co .

Nachlas Joel Fiabilidad [Libro] = Fiabilidad. - Madrid : ISDEFE, 1995. - ISBN: 84-89338-07-8.

Nakajima Seiichi [y otros] Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo [Libro] = Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo / trad. Alvarez Traducido por Antonio Cuesta. - Madrid : Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar, 1991. - ISBN: 84-87022-81-2.

Nakajima5S@ Total Productive Maintenance [En línea]. - Alexander Witt - Dietrich Kuss - Florenz Lammert - Michael J. Garbade - Alexander Reinbold - Gruppe Nakajima III, 2005. - http://iswww.bwl.uni-mannheim.de/Lehre/veranstaltungen/pm/Uebung/Nakajima_III_TPM.

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

Newbrough E.T. y Ramond Ramond - Personal de Administración del Mantenimiento Industrial [Libro]. - Mexico Df : Diana, 1982. - Sexta : pág. 414. - Título en inglés Effective Maintenance Management. - ISBN 968-13-0666-x.

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

OREDA Offshore Reliability Data Handbook [En línea]. - 1997. - http://www.dnv.com/publications/oilgas_news/articles/newoffshorereliabilitydatahandbookoreda.asp - 3rd. Det Norske Veritas – Sintef Industrial Management.

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

Rey Sacristán Francisco TPM - Mantenimiento Total de la Producción [Libro] = TPM - Mantenimiento Total de la Producción / ed. Confemetal Fundación. - Madrid : Fundación Confemetal, 2003. - pág. 311. - 9788495428493.

Tavares Lourival Augusto, Calixto Marco A. - Gonzaga y Poydo Paulo Roberto Manutenção Centrada no Negócio [Libro]. - Río de Janeiro : Novo Polo Publicações, 2005. - pág. 160. - Ley número 5988 de diciembre de 1973 Decreto 1825 de diciembre de 1987.

Thorsteinsson Uffe, Luxhoj James T. y Riis Jens O. Trends and Perspectives in industrial Maintenance Management [Publicación periódica] = Trends and Perspectives in industrial Maintenance Management // Journal of Manufacturing Systems. - Dearborn - Michigan - USA : Universidad de Michigan, 1997. - 6 : Vol. 16. - http://www.elsevier.com/wps/find/journaleditorialboard.cws_home/405902/editorialboard#editorialboard. - ISSN 0278-6125 .

Vallejo Jaramillo Juan Santiago y Mora Gutiérrez Luis Alberto (Director) Desarrollo, validación, contraste y pronóstico del cálculo CMD - Trabajo de fin de carrera de Ingeniería Mecánica [Libro]. - Medellín : Universidad EAFIT, 2004.

White E. N. Terotechnology - Physical Asset Management [Libro] = Terotechnology - Physical Asset Management / ed. Manchester. - Inglaterra : [s.n.], 1975. - Libro en Biblioteca de la Universidad EAFIT.