



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL
AUDITORIO, TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS,
EDIFICIO DEL DECANATO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
Y MODULÁRES CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL-
ESPOCH APLICANDO METODOLOGÍA (RCM)”**

MOYÓN MOYÓN CARMEN DEL ROCIO
RUIZ CONSTANTE GABRIELA NATALY

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

2018-05-03

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CARMEN DEL ROCIO MOYÒN MOYÒN

Titulado:

**“DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL AUDITORIO,
TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS, EDIFICIO DEL DECANATO DE
LA FACULTAD DE MECÁNICA Y MODULÁRES CARRERA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL-ESPOCH APLICANDO METODOLOGÍA (RCM)”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Stalin Eduardo Nuela Sevilla
**MIEMBRO DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

2018-05-03

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

GABRIELA NATALY RUIZ CONSTANTE

Titulado:

**“DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL AUDITORIO,
TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS, EDIFICIO DEL DECANATO DE
LA FACULTAD DE MECÁNICA Y MODULÁRES CARRERA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL-ESPOCH APLICANDO METODOLOGÍA (RCM)”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Stalin Eduardo Nuela Sevilla
**MIEMBRO DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DE LA ESTUDIANTE: CARMEN DEL ROCIO MOYÒN MOYÒN

“DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL AUDITORIO, TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS, EDIFICIO DEL DECANATO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA Y MODULÁRES CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL-ESPOCH APLICANDO METODOLOGÍA (RCM)”

Fecha de Examinación: 2018-10-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO PRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
Ing. Stalin Eduardo Nuela Sevilla MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DE LA ESTUDIANTE: GABRIELA NATALY RUIZ CONSTANTE

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL AUDITORIO, TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS, EDIFICIO DECANATO-FACULTAD DE MECÁNICA Y MODULÁRES CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL-ESPOCH APLICANDO METODOLOGÍA (RCM)”

Fecha de Examinación: 2018-10-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO PRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
Ing. Stalin Eduardo Nuela Sevilla MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de las autoras. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Carmen Del Rocio Moyòn Moyòn

Gabriela Nataly Ruiz Constante

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras, Carmen Del Rocio Moyòn Moyòn y Gabriela Nataly Ruiz Constante, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente consultados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Carmen Del Rocio Moyòn Moyòn

Cédula de Identidad: 060557779-0

Ruiz Constante Gabriela Nataly

Cédula de Identidad: 180527582-1

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la fortaleza y valentía de seguir adelante a pesar de los obstáculos que se pusieron en mi recorrido estudiantil por darme las habilidades necesarias para poder culminar mi proyecto, el cual será de gran aporte para el comienzo de mi vida profesional. A mis padres Jacinto y Ángela, a mis hermanos, Luis, Marina, Rubén, Ángel, Lisandro, Myrian, Laura, mis cuñados Cumita, Mayra y Cristóbal, sobrinos, y como no a mi mamita Manuela, quienes con esfuerzo sacrificio y trabajo me han inculcado valores y han hecho posible mi sueño.

Con mucho amor para Luis Stalin López Telenchana quien aparte de ganarse un espacio en mi corazón me ha brindado sus palabras de apoyo, motivación y presión para poder alcanzar esta meta.

Carmen Del Rocio Moyòn Moyón

El presente trabajo lo dedico a Dios por iluminarme en cada paso de mi vida estudiantil, a mis padres Orlando Ruiz y Laura Constante, quienes han sido el pilar fundamental para alcanzar la meta propuesta, por su apoyo, sus consejos, su comprensión en épocas difíciles, por apoyarme a pesar de las circunstancias, a mi hermano Fabricio para que luche por sus ideales y se dé cuenta que todo en esta vida se puede.

A mi amado esposo Byron Rolando Tamay Pullupaxi quien ha sido el motor que ha impulsado la culminación de mi carrera profesional para nuestro futuro, por creer en mi capacidad, por demostrarme que todo en esta vida se puede con sacrificio y perseverancia, que aunque hemos tenido dificultades siempre ha estado brindándome su amor, cariño y comprensión, por brindarme el tiempo necesario para realizar mis estudios y sobre todo por demostrarme su amor día a día. A mi princesa Camila Samantha Tamay Ruiz, quien llego a mi vida de manera inesperada, ella con su sonrisa, su carita hermosa, ha sido mi inspiración para sobrepasar cada obstáculo, juntas alcanzamos, la meta propuesta y para ella y por ella todo lo que soy.

Gabriela Nataly Ruiz Constante

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi Director Ing. Mayra Viscaíno y en especial al Miembro de trabajo de titulación Ing. Stalin Nuela, que con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

Carmen Del Rocio Moyòn Moyón

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por abrir las puertas del saber y brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente. A mi Directora Ing. Mayra Viscaíno y en especial al Miembro del trabajo de titulación Ing. Stalin Nuela, por impartir sus conocimientos, y con su paciencia impulsarme a culminar mi carrera con éxito, gracias infinitas a todas las personas que formaron parte de mi vida estudiantil familia, docentes, compañeros y amigos y como no a mi compañera y amiga Carmita Moyón.

Gabriela Nataly Ruiz Constante

CONTENIDO

Resumen/ Abstract

Introducción

Pág.

CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO REFENCIAL.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II.....	4
2. MARCO TÉORICO	4
2.1 Mantenimiento.....	4
2.2 Mantenimiento de Edificaciones	4
2.2.1 <i>Edificio</i>	5
2.2.2 <i>Confort de los edificios.</i>	5
2.2.3 <i>Gestión de Mantenimiento.</i>	5
2.3 Evaluación de la gestión de mantenimiento de edificios.....	6
2.3.1 <i>Criterios de buenas prácticas de mantenimiento.</i>	7
2.3.2 <i>Metodología para determinar los pesos de los criterios de evaluación</i>	7
2.4 Plan de mantenimiento de edificaciones.....	11
2.4.1 <i>Tecnologías de Mantenimiento</i>	12
2.4.2 <i>Tipos de Mantenimiento</i>	15
2.4.3 <i>Estrategias de Mantenimiento.</i>	17
2.5 Componentes de la planificación de mantenimiento de edificios.....	18
2.5.1 <i>Inventario</i>	18
2.5.2 <i>Estructura arbórea para edificaciones</i>	18
2.5.3 <i>Codificación de equipos</i>	19
2.5.4 <i>Análisis de criticidad (Cualitativo)</i>	21
2.6 Capacitación al personal de los laboratorios y talleres	23

2.6.1	<i>Capacitación del Personal</i>	23
2.6.2	<i>Los objetivos de la capacitación</i>	23
2.6.3	<i>Tipos de capacitación</i>	24
2.6.4	<i>Organización en el proceso capacitador</i>	24
CAPÍTULO III		26
3.	DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLO RCM	26
3.1	Evaluación de la Gestión de Mantenimiento	26
3.1.1	<i>Criterios de Evaluación</i>	26
3.1.2	<i>Determinación de las ponderaciones de los criterios</i>	32
3.1.3	<i>Determinación de ponderaciones de sub-criterios</i>	42
3.1.4	<i>Aplicación del Instrumento de Evaluación de la Gestión de Mantenimiento</i>	45
3.2	Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	57
3.2.1.	<i>Planificación y aplicación al caso de estudio</i>	57
3.3	Capacitación al personal responsable de la gestión de mantenimiento	86
3.3.1	<i>Cumplimiento del plan de capacitación</i>	86
CAPÍTULO IV		88
4.	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO)	88
4.1	Implementación del Software SisMAC	88
4.1.1	<i>Inicio de sesión en SisMAC</i>	88
4.1.2	<i>Representación general del software SisMAC</i>	89
4.1.3	<i>Ingreso de datos en el SisMAC</i>	91
4.1.4	<i>Asignación de tareas de mantenimiento</i>	95
4.1.5	<i>Programación de tareas de mantenimiento</i>	96
4.1.6	<i>Generación de solicitudes y órdenes de trabajo</i>	98
CAPÍTULO V		102
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1	Conclusiones	102
5.2	Recomendaciones	103

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1	Escala fundamental de valoración de Saaty 9
Tabla 2-2	Criterios de mantenimiento aplicado a infraestructura educativa 9
Tabla 2-3	Índice de consistencia aleatorio, según el tamaño de la matriz..... 11
Tabla 3-1	Criterios de evaluación para edificios y equipos..... 27
Tabla 3-2	Datos personales de los encuestados 30
Tabla 3-3	Matriz de comparación pareada de criterios..... 32
Tabla 3-4	Matriz de comparación pareada de criterios vs. Sub-criterios. 33
Tabla 3-5:	Resumen de los ratios de consistencia 37
Tabla 3-6	Valores de los vectores propios de encuestados grupo N° 1 40
Tabla 3-7	Valores de vectores propios del grupo N°2..... 40
Tabla 3-8	Valores de vectores propios del grupo N°3..... 40
Tabla 3-9	Resultado de ponderación de criterios según especialistas. 41
Tabla 3-10	Ponderación de sub-criterios del criterio OM. 42
Tabla 3-11	Criterios y sub-criterios de edificios jerarquizados. 44
Tabla 3-12	Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento en el DMDF 46
Tabla 3-13	Requerimientos con nivel exigido y cumplimiento en las edificaciones 46
Tabla 3-14	Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos del ML115 48
Tabla 3-15	Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos ML120 48
Tabla 3-16	Desempeño de la gestión de mantenimiento del laboratorio ML125..... 49
Tabla 3-17	Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento ML130 49
Tabla 3-18	Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento en ML140..... 50
Tabla 3-19	Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos ML150 51
Tabla 3-20	Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos ML155 51
Tabla 3-21	Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML115 52
Tabla 3-22	Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML120 52
Tabla 3-23	Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML125 53
Tabla 3-24	Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML130 54
Tabla 3-25	Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento ML140 54
Tabla 3-26	Requerimientos con su nivel exigido, y cumplimiento del ML150 55
Tabla 3-27	Requerimientos con su nivel exigido, y cumplimiento del ML155 56

Tabla 3-28	Inventario de laboratorios a nivel de áreas	57
Tabla 3-29	Inventario de laboratorios a nivel de sistemas.....	58
Tabla 3-30	Inventario de laboratorios a nivel de equipos.....	59
Tabla 3-31	Codificación e inventario de la infraestructura civil a nivel de área	63
Tabla 3-32	Codificación de la infraestructura civil a nivel de áreas	63
Tabla 3-33	Codificación de la infraestructura civil a nivel de sistemas	64
Tabla 3-34	Tipo de equipos	65
Tabla 3-35	Codificación de la infraestructura civil a nivel de equipos.	65
Tabla 3-36	Análisis de criticidad de equipos civiles	71
Tabla 3-37	Análisis de criticidad de activos de Edificios.....	72
Tabla 3-38	Análisis de criticidad de activos de Laboratorios.....	73
Tabla 3-39	Estudio de las consecuencias de fallo de equipos civiles.....	75
Tabla 3-40	Estudio de consecuencias de fallo de equipos mecánicos y electricos....	77
Tabla 3-41	Estudio de las consecuencias de fallo de equipos criticos.....	82
Tabla 3-42	Ejemplo plan de mantenimiento infraestructura civil del M: 10.....	84
Tabla 3-43	Plan de mantenimiento de equipos mecánicos y eléctricos del ML130..	85
Tabla 3-44	Datos generales del programa de capacitación.....	86
Tabla 3-45	Temas tratados durante la capacitación de manejo de software.....	87
Tabla 4-1	Ejemplo de rutinas de mantenimiento del Laboratorio ML130	97

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1 Tipos de Mantenimiento	15
Figura 2-2 Esquema de estructura jerárquica del inventario	19
Figura 2-3 Tipos de Mantenimiento	21
Figura 2-4 Códigos para elementos	21
Figura 2-5 Análisis de criticidad cualitativo.....	22
Figura 3-1 Criterios y sub-criterios de Mantenimiento de edificaciones.	29
Figura 3-2 Ejemplo de matriz de comparación pareada	33
Figura 3-3 Propiedad de reciprocidad de la matriz de comparación pareada.....	34
Figura 3-4 Propiedad de homogeneidad de la matriz de comparación pareada	34
Figura 3-5 Matriz de comparación pareada	34
Figura 3-6 Matriz normalizada	35
Figura 3-7 Matriz promedio	35
Figura 3-8 Vector fila total	35
Figura 3-9 Vector cociente	36
Figura 3-10 Ejemplo de cálculo de vectores propios para cada especialista.....	38
Figura 3-11 Grupos de especialistas encuestados para la evaluación.....	39
Figura 3-12 Ejemplo de instrumento de evaluación para edificaciones y equipos	45
Figura 3-13 Matriz de criticidad para edificaciones	67
Figura 3-14 Matriz de evaluación de criticidad para equipos de laboratorios.....	67
Figura 3-15 Modelo de flujograma de criticidad.....	68
Figura 3-16 Flujograma para definir el modelo de mantenimiento.....	69
Figura 4-1 Inicio de sesión SisMAC	89
Figura 4-2 Inicio de la sesión de trabajo SisMAC.....	90
Figura 4-3 Vista global del Software.....	90
Figura 4-4 Módulos de trabajo del software.....	91
Figura 4-5 Sub-módulos de trabajo del software.....	91
Figura 4-6 Niveles en los que permite jerarquizar SisMAC	92
Figura 4-7 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de localización.....	92
Figura 4-8 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de área.....	93

Figura 4-9	Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de sistema	93
Figura 4-10	Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de equipo.....	94
Figura 4-11	Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de componente.....	94
Figura 4-12	Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de elemento.....	95
Figura 4-13	Tipos de mantenimiento del SisMAC.....	95
Figura 4-14	Tareas a ser asignadas según el tipo de mantenimiento.....	96
Figura 4-15	Ventana para editar las frecuencias de las tareas	97
Figura 4-16	Ventana creación de nueva solicitud de trabajo.....	99
Figura 4-17	Tipos de órdenes de trabajo	99
Figura 4-18	Ventana para orden de trabajo correctiva	100
Figura 4-19	Ventana para orden de trabajo preventiva	100
Figura 4-20	Ventana para orden de trabajo por parada	101
Figura 4-21	Ventana para orden de trabajo por programación.....	101

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 3-1 Grupo de especialistas	30
Gráfico 3-2 Priorización de criterios de Mantenimiento según especialistas.	41
Gráfico 3-3 Jerarquización de criterios según su importancia.....	43
Gráfico 3-4 Ejemplo Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento.....	46
Gráfico 3-5 Ejemplo de nivel de los requerimientos	47
Gráfico 3-6 Desempeño de la gestión de mantenimiento del ML115	48
Gráfico 3-7 Nivel de los requerimientos en los equipos del laboratorio ML120	49
Gráfico 3-8 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML125	49
Gráfico 3-9 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML130	50
Gráfico 3-10 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML140	50
Gráfico 3-11 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML150	51
Gráfico 3-12 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML150	51
Gráfico 3-13 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML115.....	52
Gráfico 3-14 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML120.....	53
Gráfico 3-15 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML125.....	53
Gráfico 3-16 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML130.....	54
Gráfico 3-17 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML140.....	55
Gráfico 3-18 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML150.....	55
Gráfico 3-19 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML155.....	56

LISTA DE ANEXOS

- A.** Evaluación de la gestión de mantenimiento del departamento de mantenimiento y desarrollo físico DMDF.
- B.** Inventario de equipos civiles de la facultad de mecánica.
- C.** Inventario de equipos de laboratorio de la facultad de mecánica.
- D.** Fichas técnicas
- E.** Plan de mantenimiento de infraestructura civil
- F.** Plan de mantenimiento para equipos mecánicos y eléctricos de los laboratorios
- G.** Rutinas de mantenimiento
- H.** Evidencia de capacitación.

RESUMEN

Una buena gestión de mantenimiento, ayudará a preservar y conservar la infraestructura civil, de los equipos eléctricos y mecánicos de los laboratorios.

Desarrollar un plan de mantenimiento para Taller de Máquinas Herramientas, Edificio Decanato-Facultad de Mecánica, Modulares Carrera de Ingeniería Industrial-ESPOCH y auditorio, aplicando la metodología RCM. Para cumplir con éste objetivo, se desarrollaron tres fases: la evaluación de la gestión de mantenimiento de infraestructura, al Departamento de Mantenimiento y Desarrollo Físico (DMDF), para lo cual se empleó el método Proceso Analítico Jerárquico (AHP). En la segunda fase, se desarrolló el plan de mantenimiento, para el cual se realizó el inventario técnico de la infraestructura civil y de los equipos de laboratorios, a cada ítem inventariado se le estableció un código el cual puede ser alfanumérico y numérico. Además, se realizó el análisis de criticidad de cada uno de los equipos, como resultado de este análisis se definió como equipo crítico en la parte civil al ascensor y del taller a los tornos. Para éstos equipos se establecieron modelos de mantenimiento, que ayudarán a llevar a cabo la gestión de mantenimiento mejorando la disponibilidad de los equipos. Finalmente se establecieron tareas para cada equipo, con frecuencias de ejecución y personal especializado a cargo de la actividad. En la tercera fase se capacitó al personal de la ESPOCH a cargo de la infraestructura civil como es el DMDF y a los técnicos docentes a cargo de los equipos de laboratorios, de manera personalizada acerca del manejo del software de mantenimiento empleado. Se concluye que en la evaluación realizada, seis laboratorios tienen un nivel deficiente y uno cumple con un rendimiento adecuado de la gestión de mantenimiento por lo que se recomienda la implementación del plan de mantenimiento para la preservación y mejor funcionamiento de los equipos.

PALABRAS CLAVES: <TEGNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO>, <GESTION DE MANTENIMIENTO >, <ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) >, <INVENTARIO TÉCNICO >, <ANALISIS DE CRITICIDAD>, <PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO >, <MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR >, <CAPACITACIÓN DEL PERSONAL >

ABSTRACT

An adequate maintenance management will help to preserve and conserve the civilian infrastructure of the electrical and mechanical laboratories equipment, besides to develop a maintenance plan for “Machine Tools Workshop, Deanship Building-Mechanical Engineering Faculty, Industrial Engineering Career building-ESPOCH and auditorium though the application of the RCM methodology. To fulfill this objective, it developed three phases: the infrastructure maintenance management evaluation to the Department of Maintenance and Physical Development (DMDF) for which the Hierarchical Analytical Process (AHP) method was used. In the second phase, it developed the maintenance plan by making the technical inventory of the civilian infrastructure and the laboratory equipment by establishing a code for each inventoried item, which can be alphanumeric and numerical. In addition, the criticality analysis of each of the equipment was carried out and as a result of this analysis, establishing as critical equipment, the elevator as well as the lathes workshop. For this equipment, it established maintenance models that will help to carry out maintenance management, improving the availability of the equipment. Finally, some tasks were established for each one of the equipment with frequencies execution and taking into account specialized personnel in charge of the activity. In the third phase, the ESPOCH staff in charge of the civilian infrastructure, such as: the DMDF and the teacher staff in charge of the laboratory equipment were trained in a personalized way about the maintenance software management. It is concluded that according to the evaluation carried out: six laboratories have a deficient level, but one has an adequate performance about maintenance management that is why, it is recommended the implementation of the maintenance plan for the preservation and better functioning of the equipment.

KEYWORDS: TECHNOLOGIES AND ENGINEERING SCIENCES, MAINTENANCE ENGINEERING, MAINTENANCE MANAGEMENT, ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP), TECHNICAL INVENTORY, CRITICAL ANALYSIS, PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN, MAINTENANCE ASSISTED BY COMPUTER, PERSONNEL TRAINING.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba el cual posee una de las mejores instituciones educativas del país como es la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la cual consta con varias carreras tanto administrativas como técnicas dando un gran nivel profesional a sus estudiantes para una carrera profesional.

Esta institución empezó su función académica el 29 de octubre de 1973, desde entonces ha generado más de una generación de profesionales que han pasado por las mismas aulas y algunos casos a usado los mismo equipos para su respectiva preparación profesional.

Actualmente la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la Facultad de Mecánica, consta de infraestructura civil y equipos de laboratorios los cuales se necesita de una evaluación de gestión y mejora de los planes de mantenimiento.

El desarrollo de gestión de mantenimiento asistido por ordenador permitirá a la Facultad de Mecánica y a sus Laboratorios, tener una visión real del estado técnico de los activos e infraestructura como: auditorio, taller de máquinas herramientas, edificio decanato de la Facultad de Mecánica y modulares de la carrera de Ingeniería Industrial, además ayudará a cotejar con la Dirección de Mantenimiento y Desarrollo Físico de la ESPOCH la información de los activos físicos que se encuentran en las instalaciones intervenidas.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFENCIAL

1.1 Antecedentes.

La Facultad de Mecánica, consciente de su responsabilidad en el desarrollo socio-económico de la región y el país, amplió su cobertura educativa con la creación de las carreras de tecnología, por lo que el 2 de diciembre de 1980 se crea la Escuela De Tecnología Mecánica. Posteriormente luego de un estudio en base a las necesidades del entorno, la demanda social y el desarrollo científico-tecnológico actual, se crea el 22 de junio de 1999 por resolución N.- 211HCP-99 del H. Consejo Politécnico la Escuela De Ingeniería Industrial, siendo anteriormente parte de esta Escuela la carrera de Tecnología Mecánica.

El desarrollo de gestión de mantenimiento asistido por ordenador permitirá a la Facultad de Mecánica tener una visión real del estado técnico de los activos e infraestructura como: auditorio, taller de máquinas herramientas, edificio decanato de la Facultad de Mecánica y modulares de la carrera de Ingeniería Industrial, además ayudará a cotejar con la Dirección de Mantenimiento y Desarrollo Físico de la ESPOCH la información de los activos físicos que se encuentran en las instalaciones intervenidas.

En la actualidad los edificios de la Escuela de Ingeniería Industrial cuentan con planes de mantenimiento los mismos que no se encuentran actualizados. Los laboratorios y talleres del Edificio de Decanato y el Auditorio de la Facultad de Mecánica no cuentan con un proceso sistemático apropiado para la ejecución de tareas de mantenimiento de su infraestructura. Los equipos y máquinas, dependen exclusivamente de la Dirección De Mantenimiento y Desarrollo Físico (DMDF), lo que ha originado ciertos inconvenientes como la demora en ejecuciones de tareas de mantenimiento, ya que ésta dirección se ocupa de toda la infraestructura de la ESPOCH. La falta de una base de datos actualizada no permite llevar un control de la ejecución de actividades de mantenimiento.

El desarrollo de un plan de mantenimiento permitirá establecer y ejecutar tareas de mantenimiento acorde al estado real del Auditorio, Taller de Máquinas Herramientas, Edificio Decanato de la Facultad de Mecánica y modulares de la carrera de Ingeniería Industrial.

1.2 Justificación.

Este proyecto técnico va orientado al desarrollo de un plan de mantenimiento para el auditorio, taller de Máquinas Herramientas, Edificio Decanato de la Facultad de Mecánica y modulares de la carrera de Ingeniería Industrial; aplicando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, que permitirá obtener un plan de mantenimiento aplicable, de modo que genere una lista de tareas prácticas y necesarias de acuerdo con el contexto de cada equipo.

La Constitución del Ecuador, en la sección quinta, artículo 26-27, indica que “La educación es un derecho de los ecuatorianos a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del estado. Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo, en el marco del respeto a los derechos humanos y al medio ambiente sustentable”. (ASAMBLEA CONSTITUYENTE 2008, 2010)

Con el propósito de garantizar la calidad de la educación el Consejo de Educación Superior recomienda realizar el proceso de acreditación de las carreras cada 5 años y determina mediante varios indicadores el estado de cada una de ellas. La evaluación de estos es de vital importancia ya que deben cumplir parámetros y requisitos para que las carreras sean acreditadas. El desarrollo del presente proyecto cumplirá algunos indicadores necesarios en el proceso de acreditación, lo que contribuye de manera sustanciosa al desarrollo académico y científico dentro de la Facultad de Mecánica.

El seguimiento continuo del estado técnico de los equipos, maquinaria, herramientas de los laboratorios y de las aulas, así como las intervenciones de mantenimiento apropiadas tanto en frecuencia como en procedimiento, garantizan un sistema de educación de

calidad, pues generan un ambiente de confort necesario para un desarrollo adecuado y cubren las necesidades de disponibilidad tanto a profesores como estudiante.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Desarrollar un plan de mantenimiento para el Auditorio, Taller de Máquinas Herramientas, Edificio Decanato-Facultad de Mecánica y modulares de la carrera de Ingeniería Industrial-ESPOCH aplicando metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

1.3.2 Objetivos específicos.

Evaluar la gestión actual del mantenimiento de equipos y activos del Auditorio, Taller de Máquinas Herramientas, Edificio Decanato-Facultad de Mecánica y modulares de la carrera de Ingeniería Industrial-ESPOCH.

Aplicar la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad para la definición de tareas de mantenimiento preventivo y su logística.

Capacitar el personal de los laboratorios y talleres en el uso de documentos de mantenimiento que garanticen trabajos eficientes tanto en inspecciones como en ajuste al plan.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mantenimiento

La definición de mantenimiento ha sido ampliamente desarrollada por diversos autores debido a que existe la necesidad de conservar y mantener no sólo las edificaciones sino todo aquello que pueda deteriorarse dentro de su ciclo de vida útil. Según Arencibia (2007) se dice que: “El mantenimiento no es más que los trabajos que deben realizarse de forma cíclica para la atención de equipos y de los elementos componentes de las construcciones con el fin de subsanar sus deficiencias y mantener de manera eficaz los servicios que brinden con énfasis especial de aquellas partes que por su uso continuado o por su ubicación se encuentran más expuestos al deterioro”.

Analizando lo anterior se muestra que el mantenimiento abarca todas aquellas actividades y tareas que se deben realizar de forma constante y rutinaria, para conservar un activo o una edificación en condiciones adecuadas permitiendo que cumpla su ciclo de vida útil.

En el presente trabajo de titulación se aplica el mantenimiento en busca de que las instalaciones brinden el confort y bienestar necesario a todos sus usuarios que son docentes, estudiantes y personas administrativas en general.

2.2 Mantenimiento de Edificaciones

Las edificaciones tienen componentes eléctricos y mecánicos que se consideran en conjunto para el estudio de los mismos y tomando en cuenta que según la Norma ISO 55000 (2014) un edificio es considerado como un activo al representar algún tipo de valor, sea real o potencial para una organización se requiere que el mismo cumpla las condiciones apropiadas para quienes lo usen dentro de su ciclo de vida útil.

2.2.1 Edificio. La Norma 15331 (2011) considera que: “un edificio es un conjunto de obras de construcción, así como de varios tipos de instalaciones (eléctricas, mecánicas, electrónicas, hidráulicas, sanitarias, etc.), que cumplen su vida útil de manera permanente en un solo lugar, en general su diseño se basa en conformar un elemento cerrado parcial o totalmente”. Además indica que un edificio considera todas las previsiones estructurales y de sismo resistencia, necesarias para que constituya un lugar que brinde seguridad a sus ocupantes, sean personas o cosas.

Para Rashid y Ahmad (2011) el confort que brinde un edificio se vincula directamente con la condición y calidad del mismo. La condición depende directamente del mantenimiento y cómo se haya desarrollado su planificación.

Según el análisis de Arditi y Nawakorawir (1999) los sistemas que conforman un edificio varían según la función. Al paso del tiempo el deterioro afecta tanto como a los componentes estructurales, no estructurales y los diferentes sistemas operativos que la componen. Los edificios según su finalidad se componen de diferentes sistemas que pueden ser sistema estructural, envolvente exterior (fachada y cubierta), sistema contra incendios, sistema de aguas residuales, sistema eléctrico, sistema de comunicación, elevador, etc.

2.2.2 Confort de los edificios. Según Castilla (2010) señala que debido a que las personas pasan mucho tiempo en algún tipo de edificación, resulta preciso, identificar las condiciones que influyen en el confort de una edificación.

Viscaíno (2016) señala que los aspectos esenciales para el confort en el interior de un edificio son tres factores que tienen alta influencia tales como el confort térmico, el confort visual y la calidad del aire.

2.2.3 Gestión de Mantenimiento. Tomando en cuenta el concepto de Arata & Furlanetto (2005) se dice que la gestión del Mantenimiento es el proceso de ingeniería que incorpora el conocimiento, inteligencia y análisis que sirve de apoyo a la toma de decisiones en el área del mantenimiento, orientadas a favorecer los resultados económicos y operacionales. La Gestión de Mantenimiento permite, a partir del análisis y modelado de los resultados obtenidos en la ejecución de las operaciones de mantenimiento, renovar

continuamente las estrategias y, por consiguiente, la programación y planificación de actividades para garantizar el servicio ofertado y resultados económicos mínimos.

La gestión de mantenimiento es el trabajo de planificación y control que debe realizarse para maximizar la disponibilidad y efectividad de la infraestructura requerida por el sistema de producción. El propósito de la gestión de mantenimiento es optimizar la funcionalidad de los componentes de la infraestructura en función de los lineamientos y objetivos establecidos por la organización:

- ✓ Al menor costo (mantenimiento y falta de mantenimiento)
- ✓ La calidad adecuada (cumplimiento de requerimientos)
- ✓ En el lugar apropiado
- ✓ En el momento oportuno (optimización de tiempo)

Según la norma EN 15331:2011, el mantenimiento de un edificio tiene como finalidad hacer que los bienes operen según las prestaciones iniciales dentro de los límites aceptables, durante toda su vida útil. El mantenimiento de edificios considera diferentes aspectos tales como:

- ✓ Los edificios deben mantener el valor de la propiedad durante toda su vida útil.
- ✓ El uso en un edificio puede variar en cualquier momento de su vida útil sin que haya sido tomado en cuenta al momento de su diseño.
- ✓ En el mantenimiento de un edificio está a cargo de propietario, administrador, y los usuarios mismo.
- ✓ La vida útil de un edificio es catalogada como de larga duración, y teniendo en cuenta que los edificios poseen una vida útil de cincuenta a setenta años el mantenimiento se lo puede considerar como parte de la etapa de operación.

2.3 Evaluación de la gestión de mantenimiento de edificios

La evaluación es aquella herramienta que permite establecer el estado en el que se encuentra la gestión de mantenimiento de un edificio u otra área funcional de la gestión de mantenimiento. Según Aramis (2006) la evaluación tiene como objetivo determinar la eficiencia de la política de mantenimiento que se aplica; además de identificar cuál de las áreas funcionales tienen menor desempeño en la evaluación y cómo será posible mejorar.

2.3.1 Criterios de buenas prácticas de mantenimiento. Según Viscaíno (2016) para evaluar el mantenimiento de edificios se debe tener en cuenta un criterio de buenas prácticas de mantenimiento.

Viscaíno (2016) toma como referencia los estudios analizados por varios autores mismos que han sacado criterios de buenas prácticas de mantenimiento para diferentes tipos de edificaciones tales como infraestructura educativa realizado por Buys y Nkado (2006), los criterios para edificaciones patrimoniales realizado por Sodangi ET AL (2014) y Hills Y Worthing (2006).

La TABLA 2-2 muestra los criterios para infraestructura educativa según Buys y Nkado (2006)

2.3.2 Metodología para determinar los pesos de los criterios de evaluación. Analizando la aplicación de varios autores se dice que el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), en inglés Analytic Hierarchy Process (AHP) que es una técnica matemática y psicológica, que ante la presencia de múltiples criterios, permite la optimización en la toma de decisiones, o establecimiento de ponderaciones para priorización de criterios.

El método Analytic Hierarchy Process (AHP) fue desarrollado por Thomas Saaty en el 2088y es conocido como “Proceso Analítico Jerárquico” y es catalogado como una teoría que se enfoca en el estudio del proceso de toma de decisiones, a través de la comparación de pares de criterios, y basado en el juicio de especialistas, se determina una escala de prioridad.

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) es una técnica empleada para resolver problemas de multicriterio; considera el subjetivismo y la incertidumbre presentes en este tipo de procesos. Según Saaty (2008) generalmente se tienen los siguientes pasos:

1. Definir el problema.
2. Estructurar la jerarquía de los criterios indicando cuál es el objetivo de la decisión. (puede tenerse sub-criterios)
3. Construir un conjunto de matrices de comparación por pares. Cada elemento en un nivel superior se utiliza para comparar los elementos en el nivel inmediatamente inferior con respecto a ella.
4. Una vez definidas las prioridades, obtenidas de las comparaciones para pesar las prioridades en el nivel inmediatamente inferior. Esto debe hacerse para cada elemento. Luego, para cada elemento en el nivel por debajo de añadir sus valores tarados y obtener su prioridad global. Continuar con este proceso de pesaje y la adición hasta que se obtengan las prioridades finales de las alternativas en la parte inferior más el nivel.

Las etapas dentro del proceso tienen los siguientes pasos:

Modelación: aplica el tener un orden jerárquico de los criterios que serán evaluados. Consiste en establecer el objetivo que se pretende alcanzar con este proceso, encontrándose éste en el nivel superior. Para el nivel intermedio estarán descritos los criterios tomados en cuenta en la decisión, pudiendo también considerar sub-criterios. Para la aplicación dentro de las edificaciones de la ESPOCH que se encuentran en estudio se empleará el método únicamente hasta obtener las ponderaciones de los criterios y sub-criterios.

Luego de la modelación se debe ejecutar la valoración según la escala fundamental de Saaty (2008)

Tabla 2-1 Escala fundamental de valoración de Saaty

Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Igual de importantes.	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo.
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro.	La experiencia y el juicio están a favor de un elemento sobre otro.
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy dominante.
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido por al menos un orden de magnitud de diferencia.
2,4,6,8	Valores intermedios en incrementos.	Utilización para graduación más fina de juicio.

Fuente: Saaty (2008)

Tabla 2-2 Criterios de mantenimiento aplicado a infraestructura educativa

Nº	Descripción del criterio de buena práctica de mantenimiento de edificios
1	Inspecciones de mantenimiento periódicas
2	Ciclo de vida cuesta enfoque en el diseño de edificios
3	Sistema de gestión de mantenimiento de sonido (MMS) o de la política
4	El establecimiento de prioridades para hacer trabajos de mantenimiento
5	Los sistemas de comunicación de sonido en todos los niveles de organización
6	Dirección: participación / conciencia sobre importancia del mantenimiento
7	La disponibilidad de buenos informes de mantenimiento
8	El personal de mantenimiento: número adecuado del personal de mantenimiento
9	Registro de los trabajos de mantenimiento después de la finalización de los mismos
10	Herramientas para mantenimiento/materiales: calidad/disponibilidad
11	Usuarios / ocupantes: participación / conciencia sobre importancia del mantenimiento.
12	Aporte al diseño por el gerente de mantenimiento en la etapa de diseño
13	Flexibilidad de la estructura organizativa: mano de obra interna o externa
14	Sistema de retroalimentación del usuario al diseñador
15	Buenas técnicas presupuestarias
16	Plan de mantenimiento para la planificación / presupuestación
17	Establecimiento de normas: estado mínimo aceptable / condición del edificio
18	Ejecutores de mantenimiento: formación profesional necesaria
19	Sistema de gestión de mantenimiento integrado
20	Gerente de Mantenimiento: formación profesional necesaria
21	Manual de mantenimiento: Referencia a la especificación de los materiales, piezas, etc.
22	El entrenamiento de los estudiantes de instituciones de educación terciaria en el mantenimiento de edificios
23	La investigación en gestión de mantenimiento para mejorar los sistemas
24	Tecnología: la formación para mantenerse al día con la última tecnología
25	Sistema de gestión de mantenimiento informatizado (CMMS) para ayudar en el mantenimiento

Fuente: Buys y Nkado, 2006.

Valoración: Para este aspecto Saaty (2008), ha desarrollado una escala fundamental de valoración que se aprecia en la Tabla 2-1.

Para la resolución y determinas ponderaciones de criterios empleando una escala fundamental se realiza la matriz “R” que muestra la prioridad relativa entre dos criterios respecto a la matriz del problema y permite determinar la ponderación de criterios.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Para establecer prioridades este método emplea los conceptos matemáticos de valor propio y vector propio. Saaty (2008) propone estimar el vector de las ponderaciones (vector propio) aplicando el siguiente procedimiento que permita obtener los siguientes datos:

Matriz normalizada (R_{Norm}):

$$R_{Norm} = \left[r_{ijNorm} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}} \right]$$

Vector de las ponderaciones (w):

$$\hat{w} = \left[\hat{w}_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{1jNorm}, \hat{w}_2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{2jNorm}, \dots, \hat{w}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ijNorm}, \dots, \hat{w}_n = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{njNorm} \right]$$

La consistencia de una matriz: Para poder cubrir las inconsistencias del decidor al emitir sus criterios, es conveniente medir el grado de inconsistencia a través del índice de consistencia (IC). Esta medida puede ser utilizada para mejorar la consistencia de los juicios, si se la compara con el número apropiado de la siguiente tabla, conocida la dimensión de la matriz (n), se determina el valor de RI.

Tabla 2-3 Índice de consistencia aleatorio, según el tamaño de la matriz

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
RI	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,57	1,583	1,595

Fuente: Saaty (2008)

Mediante la siguiente ecuación se mide la consistencia global de los juicios que es el cálculo del Ratio de consistencia (RC):

$$RC = IC/IA \quad \text{Ecuación 2-1}$$

En dónde:

- ✓ **RC:** Ratio de consistencia
- ✓ **IC:** Índice de consistencia
- ✓ **IA:** Índice de consistencia aleatorio

El índice de consistencia “IC” mide la consistencia de la matriz de comparaciones, utilizando la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\lambda \max^{-n}}{n-1} \quad \text{Ecuación 2-2}$$

En dónde:

- ✓ **λ max:** Promedio de los valores del vector propio de cada matriz
- ✓ **n:** Tamaño de la matriz

Priorización y síntesis: Cuando el propósito de emplear este método sea establecer prioridades, será necesario calcular el vector de peso relacionado a cada subcriterio. Las comparaciones que se realizan deberán ser de manera pareada, uno respecto al otro; entre los sub-criterios correspondientes a cada criterio padre. Esto se repetirá en toda la jerarquía. Para alcanzar los propósitos de la presente investigación, se empleará el método PAJ, hasta esta instancia.

2.4 Plan de mantenimiento de edificaciones

Para Matulionis & Freitag (1990) un plan de mantenimiento (preventivo/correctivo) para edificios provee beneficios para los usuarios y propietarios de éste, busca minimizar las fallas prematuras de los diferentes elementos componentes de un edificio, protegiendo así la inversión realizada. Prevenir fallas en la mayoría de los casos es menos costoso que repararlas. Además implementando un plan ayuda a que los distintos elementos del edificio alcancen su vida útil de forma planificada. Por otro lado, una edificación bien conservada permite mantener una imagen deseable de la empresa y contribuye positivamente en la moral de los empleados. Un edificio sin mantenimiento es inseguro, por tanto, un plan de mantenimiento busca atacar las fallas y deterioros que comprometen la seguridad del edificio y de sus ocupantes.

Según Arencibia (2007) una de las razones fundamentales por las cuales se debe realizar mantenimiento planificado a los elementos que componen una obra civil, son los gastos que genera, los cuales repercuten en el presupuesto de operación del inmueble. También señala que los costos de mantenimiento y uso de un edificio durante su vida útil pueden llegar a ser más importantes que los de construcción o instalación, de hecho son más difíciles de prever pues en gran medida, el mantenimiento se hará de forma correctiva. La falta de mantenimiento de un inmueble ocasionará que a corto plazo deje de cumplir sus funciones. Los costos de mantenimiento pueden disminuir conforme aumenta la planificación del mantenimiento.

2.4.1 Tecnologías de Mantenimiento. Las tecnologías de mantenimiento han sido desarrolladas en base a las estrategias del mantenimiento siempre en busca de asegurar la conservación de los equipos y sus respectivas funciones. Según Barrios (2008) las tecnologías de mantenimiento son los métodos o las herramientas que se podrían aplicar a los equipos y sistemas para asegurar la función con las cuales fueron diseñadas, dentro de las tecnologías de mantenimiento desarrolladas destaca el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (RCM).

Según Aracelli (2008) el TPM pretende eliminar todo tipo de pérdidas con cero averías, cero defectos y cero accidentes destacando en este perfil el desarrollo de procesos para la mejora continua. Se busca el mantenimiento autónomo promoviendo la participación de los operarios y no solo del personal de mantenimiento.

El RCM pretende que todo tipo de activo cumpla las funciones para las que fue adquirido dentro de un contexto operacional dado, analizando varios aspectos tales como la función, el fallo funcional, sus modos de fallo en los diferentes niveles de causalidad, efectos de falla que se producen, evalúa las consecuencias que puede generar, busca tareas proactivas indicando además la frecuencia de intervención y acciones predeterminadas.

Mediante los mismos principios del RCM y los pasos de su abreviación se podrá realizar un adecuado análisis para las instalaciones y sistemas que forman parte de las edificaciones en estudio.

2.4.1.1. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.). Según Moubray (2004) acota que el R.C.M es un proceso que determina los pasos necesarios para asegurar que cualquier activo físico cumpla la función para la que fue adquirido según sus usuarios dentro del contexto operacional actual.

La Norma SAE JA 1011 (1999) señala que para tener toda la información necesaria en el desarrollo del RCM y tomar las decisiones, se debe tener toda la información debidamente documentada de tal forma que estén totalmente disponibles para el dueño o usuario.

- ✓ **Funciones.** Según Moubray (2004) un activo físico debe cumplir un objetivo en específico. En mantenimiento se busca preservar que un activo continúe haciendo lo que quieren que haga respecto a los requerimientos de sus usuarios.
- ✓ **Contexto Operacional.** Según la Norma (SAE JA 1011) definen al contexto operacional como las circunstancias bajo las cuales se espera que opere el activo físico o sistema.
- ✓ **Tipos de Funciones.** El concepto de MOUBRAY (2004) y la Norma SAE JA 1011 (1999) concuerdan que todo activo físico de manera general cumple más de una función. Como principal objetivo del mantenimiento es asegurar que continúe realizando sus funciones y por esta razón todas estas deben ser reconocidas junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Se señala que las funciones se dividen en primarias y secundarias. La función principal indica la razón principal por la que se adquiere un activo físico, de manera general se tiene un fácil reconocimiento. Las funciones secundarias distinguen aspectos que permiten ejecutar la función principal

de manera satisfactoria y puede considerar impacto ambiental, seguridad, confort, apariencia, la protección y la eficiencia de trabajo.

- ✓ **Fallos Funcionales.** “Conocidos también como estados de falla que se presenta cuando un activo físico no es capaz de cumplir una función respecto a los parámetros de funcionamientos requeridos y considerados como aceptables por parte del usuario”. (Moubray, 2004)
- ✓ **Modos de Falla.** La SAE JA 1011 (1999) señala que el modo de falla es un evento único que causa un falla funcional. Según Moubray (2004) los modos de falla de un activo deben ser considerados en base a los ocurridos en equipos similares o que no han ocurrido pero pueden ser altamente posibles dentro del contexto operacional que trabaja.
- ✓ **Efectos de falla.** Moubray (2004) señala que este proceso consiste en crear una lista de efectos de falla que se distinguen al ocurrir cada modo de falla, incluye la información necesaria de apoyo para evaluación de consecuencias de la falla tales como: evidencias de la falla ocurrida, el modo que representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente, manera de afectación a la producción o a las operaciones, y los daños físicos causados por la falla.
- ✓ **Consecuencias.** Para la evaluación de las consecuencias de los modos de fallas Moubray (2004) nos indica que se debe evaluar según el diagrama de decisión que distingue el impacto de los mismos en las funciones que el activo debe desempeñar. Siendo este un aspecto principal para la selección del tipo de tareas de mantenimiento que se deben elegir.
- ✓ **Tareas de Mantenimiento.** Según Moubray (2004) indica que el tipo de tareas que se pueden ejecutar dentro del plan de mantenimiento tomando en cuenta los diferentes factores, que permitan optimizar recursos ya sea con tareas de monitoreo a la condición o rutinas de inspección en búsqueda de la falla que permiten tener un adecuado control de los activos.
- ✓ **Intervalo inicial.** En concordancia con Moubray (2004) el intervalo inicial se puede determinar en el intervalo P-F, el reacondicionamiento y sustitución cíclica se basan en la vida útil del elemento que se analice, las tareas de las búsquedas de falla están determinadas por las consecuencias de las fallas múltiples. Para tener en cuenta el tiempo con el que se trabaje puede ser tipo calendario, tiempo de funcionamiento

(horómetros), distancia o cualquier medida pero siempre es recomendado el tiempo calendario por su facilidad de administración.

- ✓ **Los ejecutores pueden ser.** Las tareas de mantenimiento pueden estar dirigidas a cualquier tipo de persona que se encuentre apta, pero se recomienda para las tareas de alta frecuencia que sean realizadas por los operadores que deben estar adecuadamente capacitados. (Moubray, 2004)

Según la página reabilityweb.com el RCM puede tener y una de ellas es el RCM ABREVIADO mismo que toma como referencia todos los puntos analizados anteriormente y que es aplicado correctamente por personas bien capacitadas trabajando en proyectos claramente definidos y administrados adecuadamente, los análisis son usualmente pagados por sí mismos entre semanas y meses, en realidad éste es un rápido reembolso. No obstante éste rápido reembolso, por aplicación adecuada del RCM ABREVIADO se debe a que algunas personas y organizaciones han invertido mucha energía en propuestas para reducir el tiempo y los recursos necesitados para aplicar el proceso RCM.

2.4.2 Tipos de Mantenimiento. Según Cárdenas (2017) describe los conceptos que se maneja en la Norma UNE-EN 13306 (2010) y define los tipos de mantenimientos con sus respectiva sub clasificación.

Con la mención de estos conceptos se podrá distinguir de mejor manera qué tipo de mantenimiento es el recomendable aplicar en el presente caso de estudio.

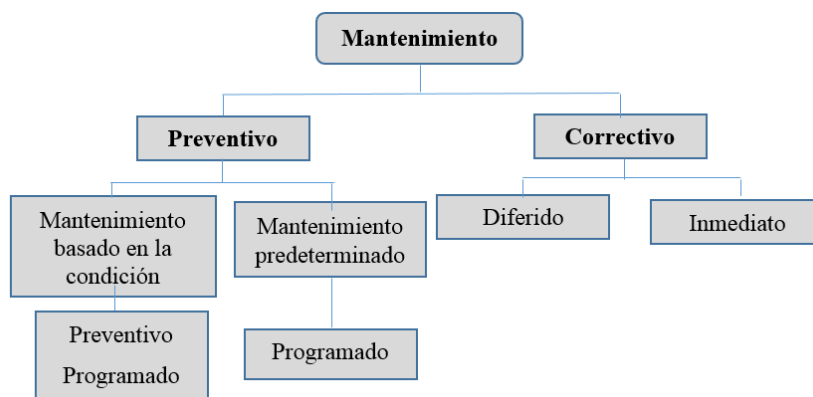


Figura 2-1 Tipos de Mantenimiento
Fuente: (UNE-EN 13306, 2010)

“Mantenimiento Preventivo es el que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.” (UNE-EN 13306, 2010)

“El mantenimiento predeterminado es el mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos o con un número definido de unidades de funcionamiento, pero sin investigación previa de la condición”. (UNE-EN 13306, 2010)

“El mantenimiento basado en la condición es el mantenimiento preventivo que incluye una combinación de monitorización de la condición y/o la inspección y/o los ensayos, análisis y las consiguientes acciones de mantenimiento”. (UNE-EN 13306, 2010)

“El Mantenimiento predictivo es el mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento”. (UNE-EN 13306, 2010)

“El mantenimiento correctivo es aquel mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida”. (UNE-EN 13306, 2010)

“El mantenimiento correctivo diferido es aquel que no se realiza inmediatamente después de detectarse una avería, sino que se retrasa de acuerdo con reglas dadas”. (UNE-EN 13306, 2010)

El mantenimiento correctivo inmediato es el que se realiza sin dilación después de detectarse una avería, a fin de evitar consecuencias inaceptables”. (UNE-EN 13306, 2010)

Respecto a los conceptos anteriormente analizados se distingue que el presente trabajo recae dentro del mantenimiento preventivo en búsqueda de evitar que aparezcan fallos en las instalaciones y sistemas que son parte de las edificaciones y que podrían provocar malestar en los usuarios.

2.4.3 Estrategias de Mantenimiento. Según la editorial PC Management en la publicación “COMPRENDIENDO LAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO” (2003) señala que una buena estrategia permite mejorar operaciones de proceso y reducir costos siendo un pilar fundamental para alcanzar resultados en la institución y sus objetivos de calidad.

Entre los factores beneficiosos de las estrategias de mantenimiento destaca el tener una producción esbelta y reducir costos de reparación por fallos de equipos, evitar fallos consecutivos en equipos, evitar programas de mantenimiento similares en equipos de distinto contexto operacional dejando de lado su aplicación o el impacto económico que provoque.

Las estrategias del mantenimiento se clasifican de la siguiente manera:

- ✓ Reactivo
- ✓ Preventivo
- ✓ Predictivo
- ✓ Proactivo

Como secuencia de las estrategias de mantenimiento EMERSON PROCESS MANAGEMENT (2003) define que la estrategia reactiva incentiva a reparar cuando ha ocurrido una falla, resultando costoso. La estrategia preventiva pretende evitar la ocurrencia de fallas con reemplazos que pueden ser innecesarios resultando sobre mantenimiento o gasto excesivo de recursos. La estrategia predictiva monitorea la condición actual de equipos resultando más efectiva para reducir costos de reparación y tiempos muertos de parada. La estrategia proactiva ataca la causa raíz de los problemas analizando la fuente de problemas y corrigiéndolos permitiendo incluso mejorar el rendimiento de los equipos.

Al aplicar una estrategia proactiva para el mantenimiento del auditorio, taller de máquinas herramientas, edificio de decanato, modulares de ingeniería industrial tendremos opción a que los docentes, estudiantes y el personal administrativo tengan siempre el confort

apropiado dentro de las edificaciones haciendo pleno uso de los sistemas que lo conforman y atacando de raíz las posibles causas de problemas a futuro.

2.5 Componentes de la planificación de mantenimiento de edificios

De lo indicado por la norma UNE-EN 15331, el proceso de planificación debe constar de los siguientes elementos primordiales:

- ✓ Inventario
- ✓ Análisis de criticidad
- ✓ Definición de tareas de mantenimiento
- ✓ Recursos para el mantenimiento

Cada aspecto mencionado desempeña un papel significativo dentro de la planificación del mantenimiento, a continuación se detalla cada uno:

2.5.1 Inventario.- García (2003) señala que los responsables de mantenimiento se ven enfrentados a una gran variedad de equipos que mantener, por lo que es necesario realizar un listado de los equipos que se posee, dividir una planta, industrial o en este caso a un edificio en varios áreas, sistemas y equipos simplifica el trabajo de administración y permite organizar el mantenimiento.

Disponer de un listado de equipos, como: ascensores, bombas, generados, etc. no es útil; se requiere que la información esté organizada en forma de estructura jerárquica, en la que se identifique la relación entre los diferentes niveles y se evidencie su dependencia

2.5.2 Estructura arbórea para edificaciones.- Los niveles que puede contener la estructura arbórea se presenta en la siguiente figura:



Figura 2-2 Esquema de estructura jerárquica del inventario
Fuente: (García, 2003)

- ✓ **Planta:** Centro de trabajo.
- ✓ **Área:** Zona de la planta que tiene una característica común (centro de coste, similitud de equipos, línea de producto, función).
- ✓ **Equipo:** Cada uno de las unidades productivas que componen el área, que constituyen un conjunto único.
- ✓ **Sistema:** Conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.
- ✓ **Elemento:** cada uno de las partes que integran un sistema.
- ✓ **Componentes:** partes en que puede subdividirse un elemento.

Una vez que se dispone de una estructura jerárquica, se debe codificar cada ítem del inventario. García (2008), recomienda disponer de al menos de dos códigos para cada ítem, mínimo hasta el nivel cuatro.

2.5.3 Codificación de equipos. Tomando como referencia los análisis de García (2003) se dice que la codificación de equipos facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costes.

Básicamente, existen dos posibilidades a la hora de codificar:

- ✓ **Sistemas de codificación no significativos:** son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional.
- ✓ **Sistemas de codificación significativos o inteligentes:** en el que el código asignado aporta información.

La ventaja del empleo de un sistema de codificación no significativo, de tipo correlativo, es la simplicidad y la brevedad del código. Con apenas 4 dígitos es posible codificar la mayoría de infraestructuras.

La desventaja es la dificultad para ubicar una máquina a partir de su código: es necesario tener siempre a mano una lista para poder relacionar cada equipo con su código.

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

2.5.3.1 Información útil que debe contener el código de un ítem. La información que debería contener el código de un equipo debería ser el siguiente:

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

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

- ✓ Tipo de elemento.
- ✓ Equipo al que pertenecen.
- ✓ Dentro de ese equipo, sistema en el que están incluidos.
- ✓ Familia a la que pertenece el elemento. La clasificación en familias es muy útil, ya que permite hacer listados de elementos.

2.5.3.2 Códigos para equipos. Como se indica en la Figura el Área de la Planta en que está ubicado el equipo estaría definido por dos caracteres alfanuméricos, el tipo de equipo por dos caracteres alfabéticos, y el número correlativo por dos caracteres numéricos.

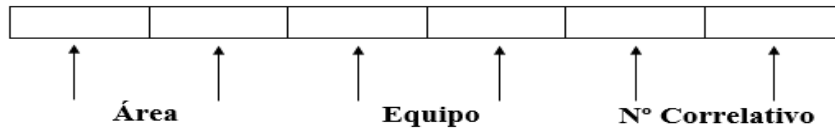


Figura 2-3 Tipos de Mantenimiento
Fuente: (Garcia, 2003)

2.5.3.3 *Códigos para elementos.* El código de un elemento se forma por:

- ✓ Los seis primeros identificarían el equipo, tal y como se ha detallado.
- ✓ Un carácter más alfabético identificaría la familia a la que pertenece el elemento.
- ✓ Los tres caracteres siguientes identificarían el sistema.
- ✓ Los caracteres siguientes, hasta siete (longitud variable), serían caracteres alfanuméricos, que identificarían las características del elemento.
- ✓ Un último carácter, de aplicación exclusiva para el caso de redundancia (elementos duplicados, triplicados, etc.).

En la siguiente Figura puede verse la estructura del código de un elemento:

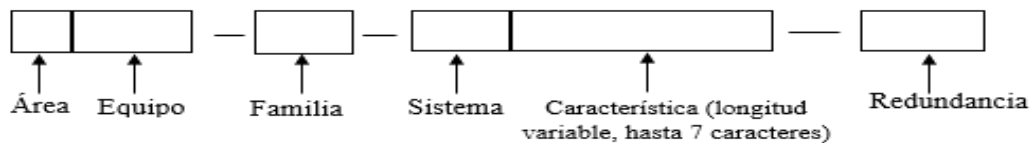


Figura 2-4 Códigos para elementos
Fuente: (Garcia, 2003)

2.5.4 Análisis de criticidad (Cualitativo). Según la perspectiva de Crespo (2007) nos indica una técnica que referencia el análisis puramente cualitativo respecto la jerarquización de los equipos. El resultado del proceso de clasificación se puede distinguir tres categorías: A, B, C, siendo los equipos del grupo A los que deben tener mayor prioridad.

Para poder determinar a la clasificación de categorías se procede a realizar una serie de preguntas al equipo natural de trabajo que se vincula directamente con los equipos.

La secuencia que se sigue permite distinguir la importancia de cada atributo que posee el equipo al momento del análisis para brindarle prioridad al mismo.

Dentro de la figura 2-2 se puede distinguir el método de evaluación para el análisis de criticidad cualitativo. Para cada pregunta se tiene tres posibles respuestas: A, B o C que

permiten caracterizar el equipo. A continuación se explica cada tipo de atributo a ser analizado:

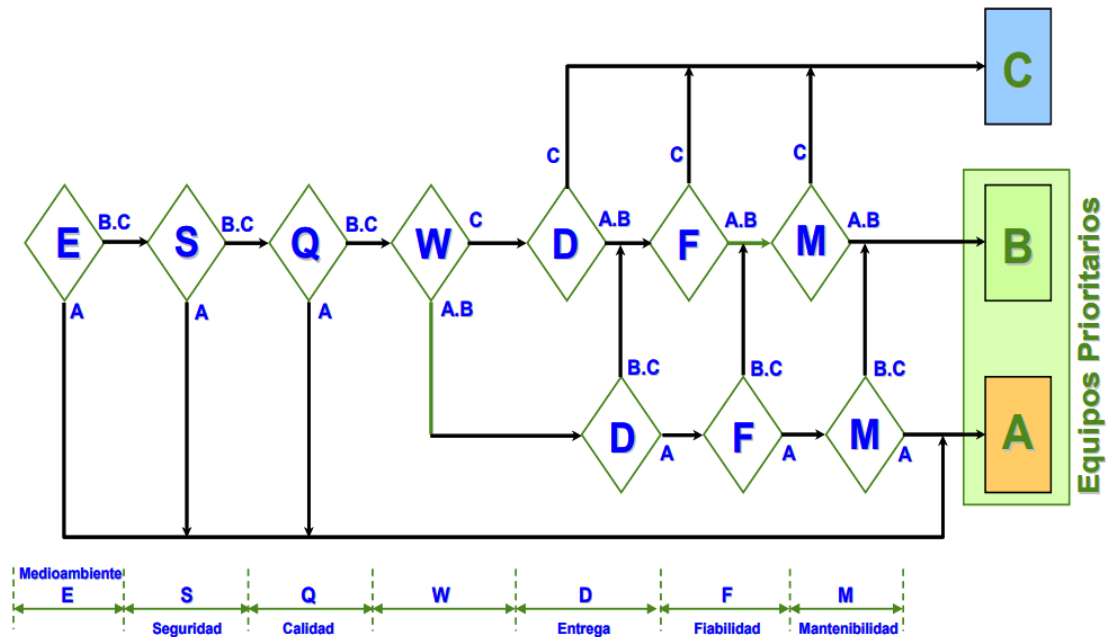


Figura 2-5 Análisis de criticidad cualitativo.

Fuente: Parra & Crespo (2012)

La primera pregunta referencia al medio ambiente (E), considerado de tipo A en el caso que se requiera dar aviso a las autoridades públicas por problemas que puedan afectar a la salud de las personas y medio ambiente. Tipo B si el fallo del mismo provoque una contaminación o afección que pueda gestionarse en el interior de la empresa. Tipo C si un fallo no produjese ningún tipo de contaminación medioambiental.

La segunda pregunta referencia a la seguridad (S), considerado de tipo A si un fallo provocara absentismo laboral de manera temporal o permanente en el lugar de trabajo. Tipo B en el caso que el fallo provoque daños menores a la gente en el trabajo y no producen ausencia de trabajo. Tipo C cuyos fallos no pueden crear consecuencias relacionadas a la seguridad de las personas.

Respecto a la calidad (Q), se toma la misma iniciativa anterior como el caso medioambiental. Los fallos dentro de la calidad pueden dar una imagen muy negativa de en el mercado si se detecta el fallo después de llegar el producto al cliente final, el tipo A es considerado para todos los activos que se apegan a ese tipo de fallo.

El tiempo de trabajo de un activo (W) es un tributo de análisis en la criticidad dando de tipo A para el caso que trabaje los activos durante tres turnos, tipo B para los activos que trabajan dos turnos y en tipo C los que trabajan un solo turno. En caso de requerir gran cantidad trabajo extra en mantenimiento correctivo para un activo estarían también en el tipo A y así sucesivamente.

La entrega (D) hace referencia al impacto operacional, los activos de tipo A son aquellos que producen paro en toda la fábrica cuando ocurre el fallo mientras que los del tipo B solo paran una línea de producción, mientras que los de tipo C no producen una para significativa en la producción.

La fiabilidad (F) relaciona la frecuencia de fallos que pueden ocurrir en un activo que no es adecuadamente mantenido. De tipo A son considerados los activos con frecuencia de fallo menor de 5h, para el tipo B están los fallos mayores de 5h y menores de 10 h; para el tipo C cuando las frecuencias de fallo son mayores a 10h. Tratando en porcentajes respecto a la frecuencia se tiene un 20% para activos dentro del tipo A, 30% para el tipo B y el 50% para el tipo C.

La Mantenibilidad (M), es un atributo que analiza la aptitud de un activo para ser mantenido. Para este análisis toma en cuenta el tiempo necesario para reparar un fallo. Los activos que requieren más de un promedio de 90 minutos para ser reparados son de tipo A, entre 45 y 90 minutos se ubican en el tipo B y para los que requieren menos de 45 minutos están dentro del tipo C.

2.6 Capacitación al personal de los laboratorios y talleres en el uso de documentos de mantenimiento

2.6.1 Capacitación del Personal. Según la delegación federal del trabajo en Guanajuato expresa que la capacitación es un proceso a través del cual se adquieren, actualizan y desarrollan conocimientos, habilidades y actitudes para el mejor desempeño de una función laboral o conjunto de ellas.

2.6.2 Los objetivos de la capacitación. Según los mismos autores muestran como objetivos de la capacitación los siguientes aspectos

- ✓ Fomentar el desarrollo integral de los individuos y por ende el de la empresa en general.
- ✓ Proporcionar conocimientos orientados al mejor desempeño en la ocupación laboral de todos los integrantes.
- ✓ Disminuir los riesgos de trabajo.
- ✓ Contribuir al mejoramiento de la productividad, calidad y competitividad de las empresas de forma general.

2.6.3 Tipos de capacitación. Los tipos de capacitación señalan de manera general la capacitación educativa y la capacitación laboral expuestas de la siguiente manera:

- ✓ Capacitación para el trabajo.- es la formación académica a los jóvenes por parte de un profesor ya sea en instituciones públicas o privadas.
- ✓ Capacitación en el trabajo.- es la formación y actualización permanente para los trabajadores de una empresa en base a los requerimientos detectados respecto a sus funciones.

2.6.4 Organización en el proceso capacitador.- Según la delegación federal de trabajo de Guanajuato la estructura lógica para el proceso capacitador se establece de la siguiente manera:

- ✓ Análisis situacional.- La capacitación es una alternativa fundamental para apoyar el crecimiento de las unidades productivas, tomando en cuenta situaciones reales, por lo que es importante una revisión de la empresa, en cuanto a sus objetivos, metas y políticas laborales, recursos humanos, técnicos, materiales y financieros, y determinación de problemas reflejados en cada puesto de trabajo.
- ✓ Detección de necesidades.- Consiste en desplegar un estudio de la problemática identificada en el análisis situacional, que abarque cada nivel de ocupación laboral, para ubicar los problemas que serán resueltos con capacitación y los que requerirán de una atención distinta por parte de la empresa.

- ✓ Plan y programas de capacitación.- Las necesidades de capacitación se reflejan en un proyecto denominado Plan de Capacitación, mismo que involucra todas las áreas de oportunidad de la empresa, que se ajusta a las necesidades reales detectadas en ésta, detalla el presupuesto y las inversiones que son destinadas a la preparación integral del personal y como uno de los aspectos más relevantes del Plan, se destaca su contribución al cumplimiento de propósitos, políticas y objetivos de los trabajadores y de la propia organización.

- ✓ Operación de las acciones de capacitación.- Etapa del proceso capacitador en la que se lleva a la práctica el programa de capacitación. En una empresa, ejecutar acciones de capacitación significa realizar el proceso de formación de su personal. La capacitación puede ser grupal, individual o a distancia con las siguientes modalidades: curso, seminario, taller, conferencia o plática.

- ✓ Evaluación y seguimiento de la capacitación.- Aplicados los programas de capacitación, las acciones de la empresa deberán orientarse a determinar el aprendizaje logrado por los participantes en el curso así como la tarea realizada por los instructores, con el objeto de precisar en qué medida se han logrado los objetivos de cada evento de capacitación y en su caso, identificar las desviaciones y acciones correctivas que se requieran. Además de evaluar los resultados del proceso capacitador, es importante que después de un tiempo de haber llevado a término, se determine y analice el impacto de la capacitación en las áreas ocupacionales a través del desempeño laboral.

Al analizar todo el punto de vista de la delegación federal del trabajo de Guanajuato se adapta al presente trabajo de titulación indicando que es apropiado aplicar una capacitación grupal a todos los usuarios de las edificaciones en estudio tanto como docentes, estudiantes y personal administrativo mediante la modalidad de conferencia donde todo un auditorio pueda recibir información destacada de los objetivos que se van a alcanzar por medio de la implementación del presente trabajo.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLO RCM

3.1 Evaluación de la Gestión de Mantenimiento

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) cuenta con edificaciones de tipo educativo y administrativo, así como laboratorios de práctica e investigación, que son evaluadas para el proceso de acreditación mediante diferentes indicadores que son de vital importancia para que las carreras sean acreditadas. En el caso de este estudio se ha considerado la Facultad de Mecánica, entre las edificaciones evaluadas están:

- ✓ **Edificio M06:** Bloque de Aulas Carrera de Ingeniería Industrial
- ✓ **Edificio M07:** Carrera de Ingeniería Industrial
- ✓ **Edificio M08:** Bloque de Aulas Carrera de Ingeniería Industrial
- ✓ **Edificio M10:** Decanato y Laboratorios de La Facultad De Mecánica
- ✓ **Edificio M24:** Auditorio de La Facultad de Mecánica
- ✓ **Edificio M28:** Taller de Máquinas Y Herramientas

La estructura de estas edificaciones es de hormigón armado, cuenta con un sistema de viga-columna, sus paredes tienen la superficie enlucida y pintada tanto en su interior como en su exterior.

Los equipos de laboratorios considerados para la evaluación son:

- ✓ **Laboratorio ML115:** Laboratorio de Automatización del edificio M07.
- ✓ **Laboratorio ML120:** Laboratorio de Neumática del edificio M07
- ✓ **Laboratorio ML125:** Laboratorio de Ergonomía del edificio M07
- ✓ **Laboratorio ML130:** Laboratorio de Diagnostico Técnico y Eficiencia energética del edificio M10
- ✓ **Laboratorio ML135:** Laboratorio de Tribología del edificio M10
- ✓ **Laboratorio ML140:** Laboratorio de Prototipado CAD-CAM del edificio M10
- ✓ **Laboratorio ML145:** Laboratorio de Autotrónica del edificio M10
- ✓ **Laboratorio ML150:** Laboratorio de Sistemas Oleo Hidráulicos y Neumáticos del edificio M10
- ✓ **Taller ML155:** Taller de Maquinas Herramientas de del edificio M28

3.1.1 Criterios de Evaluación

La evaluación de la Gestión de Mantenimiento de las edificaciones y equipos de laboratorio se realiza mediante la identificación de varios criterios y sub-criterios, que

han sido determinados a través del estudio del estado del arte sobre evaluaciones de educación superior y artículos científicos.

Estos criterios (**Ver Tabla 3-1**) determinarán la eficiencia de la gestión de mantenimiento que se lleva dentro de la ESPOCH, en las diferentes edificaciones y equipos de laboratorios de la Facultad de Mecánica, por otra parte en la evaluación se identificará cuál es el estado de las edificaciones y equipos y como se podrá mejorar.

Tabla 3-1 Criterios de evaluación para edificios y equipos

Criterios		Subcriterios	
OM	Organización general del mantenimiento	OM1	Políticas de mantenimiento
		OM2	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento
RH	Recursos humanos de mantenimiento	RH1	Formación profesional
		RH2	Capacitación y entrenamiento
		RH3	Cantidad de personal de mantenimiento
CE	Control económico de mantenimiento	CE1	Presupuesto de mantenimiento
		CE2	Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado
PC	Planificación, programación y control	PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones a mantener.
		PC2	Plan de mantenimiento
		PC3	Programación de actividades de mantenimiento
		PC4	Documentos de mantenimiento
		PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado
TM	Tercerización de mantenimiento	TM1	Política de contratación
		TM2	Especificaciones técnicas de los trabajos
		TM3	Supervisión de los trabajos ejecutados
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	MI1	Maestro de ítems
		MI2	Control de existencias
		MI3	Inventario valorado de ítems

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Una vez establecidos los criterios de evaluación para el mantenimiento de las edificaciones y equipos de laboratorio, se aplicó el método AHP (Analytic Hierarchy Process), para definir los pesos de cada criterio y sub-criterio que se utilizará para la evaluación de la Gestión de Mantenimiento de las edificaciones y equipos del caso de estudio.

Modelación.

Los criterios seleccionados de evaluaciones de educación superior y artículos científicos pueden ser: organización general de mantenimiento, recursos humanos, control económico del mantenimiento, planificación, programación y control, tercerización del mantenimiento, manejo de inventario para mantenimiento.

Para priorizar estos criterios y sub-criterios de mantenimiento de edificaciones y equipos de laboratorios se utilizó el método AHP por medio de la determinación de los pesos.

En esta etapa se establecerá de una manera general una jerarquización para cada uno de los criterios y sub-criterios que serán evaluados **Ver Figura 3-1**

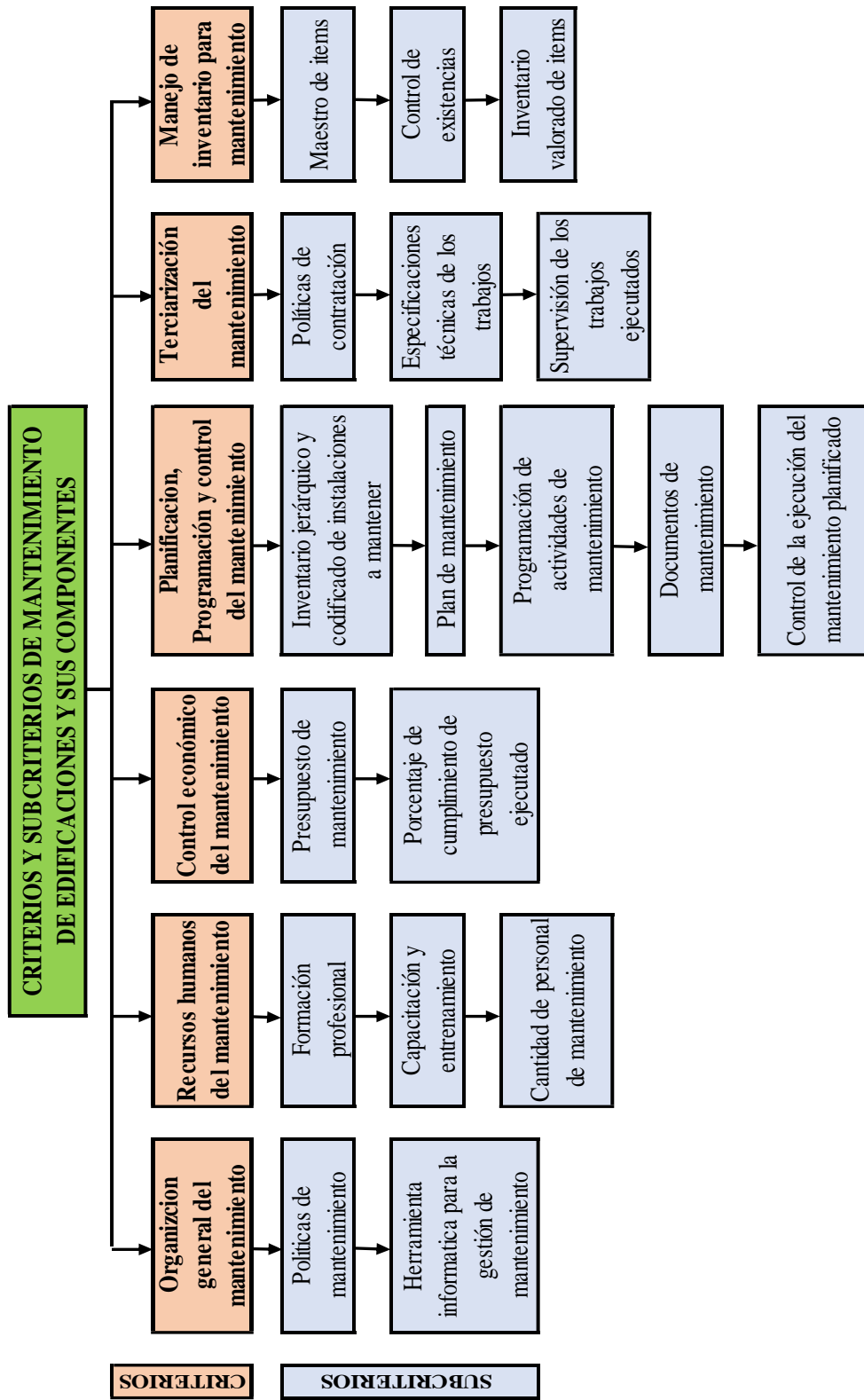


Figura 3.1 Criterios y Sub-criterios de Mantenimiento de Edificaciones y Equipos de la Facultad de Mecánica

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Valoración.

Para establecer los pesos de los criterios se realizó un instrumento de evaluación el mismo que fue aplicado a diferentes especialistas de mantenimiento como son: docentes, expertos y administradores de mantenimiento.

En el **Gráfico 3-1** muestra el número de especialistas encuestados para la determinación de los pesos siendo un total de 30 personas.

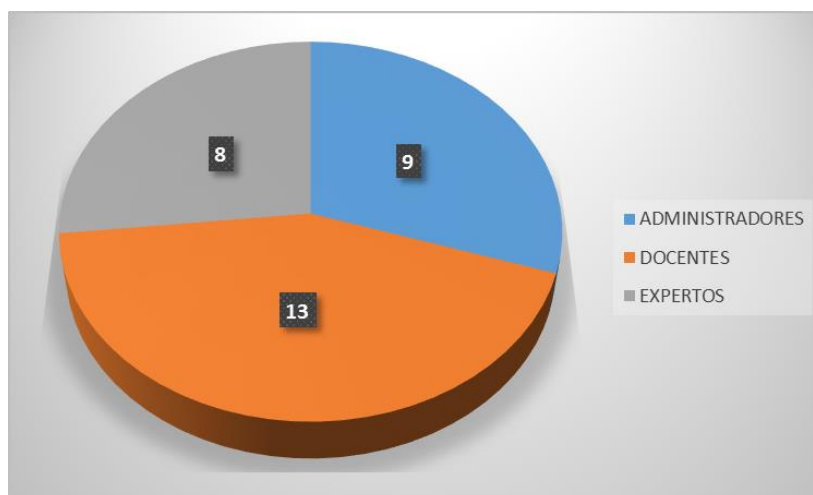


Gráfico 3-1 Grupo de especialistas

Fuente: Autores

La encuesta consta de dos etapas, la primera consiste en la obtención de datos personales del encuestado, como se muestra en la **Tabla 3-2**.

Tabla 3-2 Datos personales de los encuestados

ESPECIALISTAS: DOCENTES	PROFESIÓN	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE MAESTRÍA)	AÑOS DE EXPERIENCIA EJERCICIO PROFESIONAL	ACTIVIDAD PRINCIPAL
Ing. Eduardo Hernández	Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento	14	Docente
Ing. Mónica Orejuela	Ing. De Mantenimiento		10	Docente
Ing. Verónica Chávez	Ing. De Mantenimiento	Maestría en Seguridad Industrial	10	Docente
Ing. Ángel Larrea	Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento		Docente
Ing. Ángel Ramírez	Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento	30	Docente
Ing. Sergio Villacrés	Ing. Mecánico	Mgs. Gestión de Mantenimiento	24	Docente
Ing. César Gallegos	Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento	20	Docente
Ing. Mayra Viscaíno	Ingeniera Civil	Mgs. Gestión de Mantenimiento	7	Docente
Ing. César Arregui	Ing. Mecánico	Mgs. Gestión de Mantenimiento	15	Docente

Ing. Alex Tenicota	Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial	6	Docente
Ing. Stalin Nuela	Ing. Industrial	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial / Mgs. Seguridad Salud Y Ambiente Laboral	11	Docente
Ing. César Astudillo	Ingeniero Eléctrico		33	Docente
Dr. Marco Haro	Dr. Informático Educativo	Docencia e Investigación Universitaria	30	Docente
ESPECIALISTAS: EXPERTO EN MANTENIMIENTO	PROFESIÓN	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE MAESTRÍA)	AÑOS DE EXPERIENCIA EJERCICIO PROFESIONAL	ACTIVIDAD PRINCIPAL
Ing. José Zavala	Ing. De Mantenimiento	Ing. Mantenimiento	5	Supervisor de Mantenimiento
Ing. Mario Viera	Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial	10	Administrador
Ing. Oswaldo Quintana	Mecánico	Tercer Nivel	6	Mecánico
Ing. Danny LLamuca	Ing. De Mantenimiento	Tercer Nivel	2	Técnico de Mantenimiento
Ing. Pablo Moreno	Ing. De Mantenimiento	Tercer Nivel	10	Gerencia Mantenimiento
Ing. Julio López	Ing. De Mantenimiento	Mgs. Elaboración de Proyectos	9	Consultor senior
Ing. Hernán Suntasig	Ing. Electromecánico		8	Técnico de Mantenimiento
Ing. Mario Gualotuña	Ing. Eléctrico		8	Técnico de Mantenimiento
ESPECIALISTAS: ADMINISTRADORES DE MANTENIMIENTO	PROFESIÓN	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE MAESTRÍA)	AÑOS DE EXPERIENCIA EJERCICIO PROFESIONAL	ACTIVIDAD PRINCIPAL
Arq. Irina Tinoco	Arquitecta	MGS. Intervención Sostenible en el Medio Construido	14	Administrador DMDF
Ing. Mónica (Departamento de DMDF)	Ingeniera Civil		6	Especialista en Mantenimiento
Ing. Fabián Marcelo Fierro	Ing. Administración de Empresas		10	Administrador Universidad UNIANDES
Ing. Cristian Martínez Altamirano	Director de Talleres GAD Tena	Ingeniero Mecánico	3	Administrador de Talleres GAD Tena
Ing. Miguel Ángel Malavé	Ing. Finanzas		17	Administrador Colegio Chiriboga
Patricio Fernando Haro Arteaga	Ingeniero Industrial	Tercer nivel	19	Administrador de Mantenimiento

Fuente: Grupo de investigación "Gestión del mantenimiento"

En la segunda etapa, el especialista encuestado asignó una valoración a cada criterio y sub-criterio evaluando según su experiencia y conocimiento, o con valores del 1 al 9, donde: 1 es igual y 9 extremadamente fuerte. La jerarquización está constituida por 6 criterios y 18 sub-criterios.

3.1.2 Determinación de las ponderaciones de los criterios

Una vez establecida las valoraciones de los encuestados y utilizando el método AHP, se aplica el procedimiento que consta de las siguientes etapas.

3.1.2.1 Formación de matrices de comparación pareada

El instrumento realizado está constituido de una matriz de comparación pareada de criterios de mantenimiento, donde se comparan criterios vs criterios y sub-criterios vs sub-criterios, obteniendo los datos con preguntas correspondientes a elección forzosa. En la **Tabla 3-3** se muestra la matriz cuadrada de dimensión seis en donde se comparan criterios vs criterios, y en la **Tabla 3-4** se muestra la matriz cuadrada de comparación de sub-criterios vs sub-criterios.

Tabla 3-3 Matriz de comparación pareada de criterios.

INSTRUMENTO PARA EVALUAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LOS EDIFICIOS UNIVERCITARIOS																					
MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA DE CRITERIOS DE MANTENIMIENTO																					
CRITERIOS DE MANTENIMIENTO		Importancia									Importancia									CRITERIOS DE MANTENIMIENTO	
		Extrema	Muy fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	Fuerte	Muy fuerte	Extrema	Moderada	Fuerte	Muy fuerte	Extrema							
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
OM	Organización general del mantenimiento																		RH	Recursos humanos de mantenimiento	
																			CE	Control económico del mantenimiento	
																			PC	Planificación, programación y control	
																			TM	Tercerización del mantenimiento	
RH	Recursos humanos de mantenimiento																		MI	Manejo de inventario para mantenimiento	
																		CE	Control económico del mantenimiento		
																		PC	Planificación, programación y control		
																		TM	Tercerización del mantenimiento		
CE	Control económico del mantenimiento																	MI	Manejo de inventario para mantenimiento		
																		PC	Planificación, programación y control		
																		TM	Tercerización del mantenimiento		
																		MI	Manejo de inventario para mantenimiento		
PC	Planificación, programación y control																	TM	Tercerización del mantenimiento		
																		MI	Manejo de inventario para mantenimiento		
TM	Tercerización del mantenimiento																MI	Manejo de inventario para mantenimiento			

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-4: Matriz de comparación pareada de criterios vs. Sub-criterios.

MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA DE SUB-CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL																					
SUB-CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL		Importancia									Importancia									SUB-CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL	
		Extrema	Muy fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	Fuerte	Muy fuerte	Extrema	Moderada	Fuerte	Muy fuerte	Extrema							
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones a mantener.																	PC2	Plan de mantenimiento		
																			PC3	Programación de actividades de mantenimiento	
																			PC4	Documentos de mantenimiento	
																			PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado	
PC2	Plan de mantenimiento																	PC3	Programación de actividades de mantenimiento		
																		PC4	Documentos de mantenimiento		
																		PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado		
PC3	Programación de actividades de mantenimiento																	PC4	Documentos de mantenimiento		
																		PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado		
PC4	Documentos de mantenimiento																	PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado		

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

En la **Figura 3-2** se muestra la matriz de comparación pareada la cual debe cumplir con las siguientes propiedades, que se utilizan para la elaboración de la matriz.

DOC7	OM	RH	CE	PC	TM	MI
OM	1	2	1/2	2	3	8
RH	1/2	1	2	1/3	2	6
CE	2	1/2	1	1/2	3	4
PC	1/2	3	2	1	4	6
TM	1/3	1/2	1/3	1/4	1	2
MI	1/8	1/6	1/4	1/6	1/2	1

Figura 3-2 Ejemplo de matriz de comparación pareada

Fuente: Autores

3.1.2.2 Reciprocidad de la matriz de comparación pareada

Para los componentes de la matriz el encuestado ha contestado, que un criterio no es igual al otro, por lo tanto deberá optar por el más importante y establecer un valor. Por ejemplo en la **Figura 3-3** se ha comparado el criterio OM (Organización de mantenimiento) con el criterio TM (Tercerización de mantenimiento) y el encuestado ha decidido que los dos criterios no son iguales y entre los dos, el más importante es OM y ha establecido un valor de importancia igual a tres. La propiedad de reciprocidad establece que si $a_{ij} = x$, entonces $a_{ji} = 1/x$.

DOC7	OM	RH	CE	PC	TM	MI
OM	1	2	1/2	2	3	8
RH	1/2	1	2	1/3	2	6
CE	2	1/2	1	1/2	3	4
PC	1/2	3	2	1	4	6
TM	1/3	1/2	1/3	1/4	1	2
MI	1/8	1/6	1/4	1/6	1/2	1

Figura 3-3 Propiedad de reciprocidad de la matriz de comparación pareada
Fuente: Autores

3.1.2.3 Homogeneidad de la matriz de comparación pareada

Esta propiedad establece que, si el encuestado considera que los criterios son de igual importancia se le asignará el valor de uno. Por ejemplo, en la matriz de la **Figura 3-4**, el encuestado al comprar los criterios de CE (Control económico) y TM (Tercerización de mantenimiento) estableció según su juicio que estos son iguales, por lo tanto en la matriz de comparación se pondrá el valor de uno.

DOC2	OM	RH	CE	PC	TM	MI
OM	1	1/2	3	5	7	3
RH	2	1	4	3	2	3
CE	1/3	1/4	1	3	1	1
PC	1/5	1/3	1/3	1	2	1
TM	1/7	1/2	1	1/2	1	1
MI	1/3	1/3	1	1	1	1

Figura 3-4 Propiedad de homogeneidad de la matriz de comparación pareada
Fuente: Autores

3.1.2.4 Consistencia de la matriz de comparación pareada

Esta propiedad es de gran importancia, ya que permite determinar las inconsistencias en las comparaciones elaboradas por el encuestado. El grado de consistencia se establece a través del cálculo del Ratio de Consistencia (RC) y tiene que ser menor al diez por ciento (10%), para que sea considerado como una consistencia razonable.

Para determinar el RC se consideró los resultados de un encuestado, se elaboró la matriz de comparación pareada aplicando las propiedades de reciprocidad y homogeneidad como se muestra en la **Figura 3-5**.

DOC7	OM	RH	CE	PC	TM	MI
OM	1	2	1/2	2	3	8
RH	1/2	1	2	1/3	2	6
CE	2	1/2	1	1/2	3	4
PC	1/2	3	2	1	4	6
TM	1/3	1/2	1/3	1/4	1	2
MI	1/8	1/6	1/4	1/6	1/2	1
TOTAL	4,46	7,17	6,08	4,25	13,50	27,00

Figura 3-5 Matriz de comparación pareada
Fuente: Autores

Para obtener la matriz normalizada debemos observar la **Figura 3-6** partiendo de la matriz de comparación, de la cual se obtiene la sumatoria de cada una de las columnas y se divide cada celda para la sumatoria correspondiente a su columna.

DOC7	OM	RH	CE	PC	TM	MI
OM	0,2243	0,2791	0,0822	0,4706	0,2222	0,2963
RH	0,1121	0,1395	0,3288	0,0784	0,1481	0,2222
CE	0,4486	0,0698	0,1644	0,1176	0,2222	0,1481
PC	0,1121	0,4186	0,3288	0,2353	0,2963	0,2222
TM	0,0748	0,0698	0,0548	0,0588	0,0741	0,0741
MI	0,0280	0,0233	0,0411	0,0392	0,0370	0,0370

Figura 3-6 Matriz normalizada

Fuente: Autores

Una vez establecida la matriz normalizada se obtuvo la matriz promedio, mediante el cálculo del promedio de cada fila de la matriz normalizada, la sumatoria de la matriz promedio debe dar como resultado uno (1), como se puede ver en la **Figura 3-7**

MATRIZ NORMALIZADA							MATRIZ PROMEDIO	
DOC7	OM	RH	CE	PC	TM	MI		
OM	0,2243	0,2791	0,0822	0,4706	0,2222	0,2963	0,2624	
RH	0,1121	0,1395	0,3288	0,0784	0,1481	0,2222	0,1715	
CE	0,4486	0,0698	0,1644	0,1176	0,2222	0,1481	0,1951	
PC	0,1121	0,4186	0,3288	0,2353	0,2963	0,2222	0,2689	
TM	0,0748	0,0698	0,0548	0,0588	0,0741	0,0741	0,0677	
MI	0,0280	0,0233	0,0411	0,0392	0,0370	0,0370	0,0343	
							Σ	1,0000

Figura 3-7 Matriz promedio

Fuente: Autores

El siguiente paso es la obtención del vector fila total, el vector resultante es el producto de la matriz de comparación pareada y la matriz promedio, como se observa en la **Figura 3-8**.

MATRIZ NORMALIZADA							MATRIZ PROMEDIO	VECTOR FILA TOTAL
DOC7	OM	RH	CE	PC	TM	MI		
OM	0,2243	0,2791	0,0822	0,4706	0,2222	0,2963	0,2624	1,71825931
RH	0,1121	0,1395	0,3288	0,0784	0,1481	0,2222	0,1715	1,12376186
CE	0,4486	0,0698	0,1644	0,1176	0,2222	0,1481	0,1951	1,28050171
PC	0,1121	0,4186	0,3288	0,2353	0,2963	0,2222	0,2689	1,78153894
TM	0,0748	0,0698	0,0548	0,0588	0,0741	0,0741	0,0677	0,44179374
MI	0,0280	0,0233	0,0411	0,0392	0,0370	0,0370	0,0343	0,22313085

Figura 3-8 Vector fila total

Fuente: Autores

Una vez establecida la matriz promedio y el vector fila total, se obtuvo el vector cociente, que es el resultado de dividir la celda correspondiente del vector fila total con la celda correspondiente de la matriz promedio.

VECTOR COCIENTE
6,547132482
6,550934805
6,562375906
6,625555555
6,524150858
6,509104487
$\lambda_{\text{máx}} = 6,553209015$

Figura 3-9 Vector cociente

Fuente: Autores

$\lambda_{\text{máx}}$, se obtiene realizando el promedio del vector cociente.

Para determinar el índice de consistencia (IC), el cual está en función de $\lambda_{\text{máx}}$ y de n (dimensión de la matriz de comparación), en el caso de los criterios, todas las matrices son de dimensión seis (6).

Tamaño de la matriz (n)	6
IA(6)	1,252

Índice de consistencia

$$CI = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

IC	0,110641803
----	-------------

Para determinar el RC se debe conocer el Índice de Consistencia Aleatoria (IA), el cual se determinó una tabla de valores para matrices de diferentes dimensiones, dicha tabla se obtuvo de revisiones de literatura e investigaciones realizadas.

Debido que son seis criterios que se consideraron para evaluar la gestión, la matriz es de dimensión seis (6), y el valor que le pertenece es de 1,252.

Una vez conocida las variables del RC se obtiene el siguiente valor:

Ratio de consistencia

$$CR = \frac{CI}{\text{Consistencia aleatoria}}$$

RC	0,0884	9%
----	--------	----

El valor de RC cumple la condición establecida, menor o igual al diez por ciento (10%).

En la **Tabla 3-5** se establece un resumen de los Ratios de Consistencia de los encuestados.

Tabla 3-5: Resumen de los ratios de consistencia

ESPECIALISTAS DOCENTES	RATIOS DE CONSISTENCIA												
	DOC1	DOC2	DOC3	DOC4	DOC5	DOC6	DOC7	DOC8	DOC9	DOC10	DOC11	DOC12	DOC13
	0,0347	0,0794	0,0901	0,097	0,0811	0,0361	0,0884	0,0414	0,0828	0,0934	0,1024	0,0519	0,091
ESPECIALISTAS EXPERTOS EN MANTENIMIENTO	RATIOS DE CONSISTENCIA												
	ESP1	ESP2	ESP3	ESP4	ESP5	ESP6	ESP7	ESP8					
	0,0947	0,0795	0,0489	0,061	0,0909	0,0637	0,0836	0,0622					
ESPECIALISTAS EN ADMINISTRADORES DE MANTENIMIENTO	RATIOS DE CONSISTENCIA												
	ADM1	ADM2	ADM3	ADM4	ADM5	ADM6	ADM7	ADM8	ADM9				
	0,0883	0,063	0,0598	0,085	0,0914	0,0933	0,0923	0,0847	0				

Fuente: Grupo de investigación "Gestión del mantenimiento"

Anteriormente se verificó el grado de consistencia que se requiere para que se cumplan las matrices de comparación pareada, se procede a determinar los pesos de cada criterio y sub-criterio, en este paso se calcula el vector propio de la matriz de comparación pareada. Este resultado se obtiene multiplicando la matriz de comparación pareada por sí mismo el número de veces que sean necesarios, hasta obtener el mismo resultado en las cuatro primeras cifras del vector obtenido con las cifras del vector resultante de la multiplicación anterior.

El cálculo de los vectores propios realizados para cada especialista se ejemplifica en la **Figura 3-10** mismos que sirvieron para obtener las ponderaciones que ayudó a la determinación de la importancia de todos los criterios expuestos, el cálculo de los vectores propios realizados de todos los especialistas, el mismo que se cumple en la cuarta multiplicación, donde los valores del tercer y cuarto vector coinciden en los cuatro primeros valores decimales.

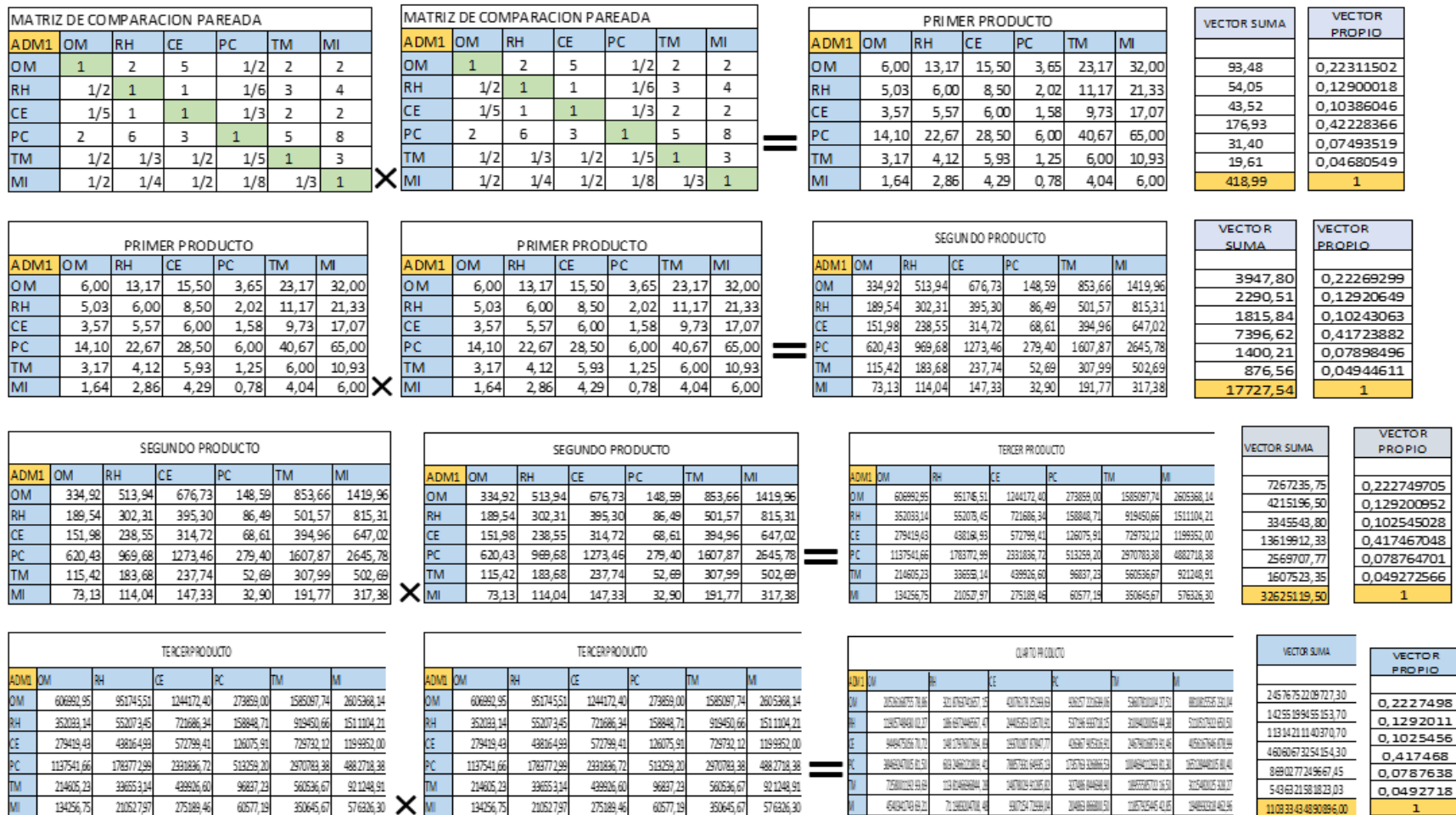


Figura 3-10 Ejemplo de cálculo de vectores propios para cada especialista
Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

El procedimiento para todos los grupos especialistas encuestados para obtener la matriz de comparación pareada es el mismo que se detalló, en la **Figura 3-11** se toma como grupo de especialistas a los siguientes.

Grupo 1. Especialistas Docentes		
PROFESIÓN	NIVEL ACADÉMICO	AÑOS DE
Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento	14
Ing. De Mantenimiento		10
Ing. De Mantenimiento	Maestría en Seguridad Industrial	10
Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento	
Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento	30
Ing. Mecánico	Mgs. Gestión de Mantenimiento	24
Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento	20
Ingeniera Civil	Mgs. Gestión de Mantenimiento	7
Ing. Mecánico	Mgs. Gestión de Mantenimiento	15
Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial	6
Ing. Industrial	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial / Mgs. Seguridad Salud Y Ambiente Laboral	11
Ingeniero Eléctrico		33
Dr. Informático Educativo	Docencia e Investigación Universitaria	30
Grupo 2. Especialistas Expertos en Mantenimiento		
PROFESIÓN	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE	AÑOS DE
Ing. De Mantenimiento	Ing. Mantenimiento	5
Ing. De Mantenimiento	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial	10
Mecánico	Tercer Nivel	6
Ing. De Mantenimiento	Tercer Nivel	2
Ing. De Mantenimiento	Tercer Nivel	10
Ing. De Mantenimiento	Mgs. Elaboración de Proyectos	9
Ing. Electromecánico		8
Ing. Eléctrico		8
Grupo 3. Especialistas Administradores de Mantenimiento		
PROFESIÓN	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE	AÑOS DE
Arquitecta	MGS. Intervención Sostenible en el Medio Construido	14
Ingeniera Civil		6
Ingeniero Civil	Mgs. Riesgos Laborales, Prevención y Salud	25
Ing. Administración de Empresas		10
Director de Talleres GAD Tena	Ingeniero Mecánico	3
Ing. Finanzas		17
Ingeniero Industrial	Tercer nivel	19
Ing. Civil		4
Ing. Civil		28

Figura 3-11 Grupos de especialistas encuestados para la evaluación.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Una vez determinados los valores de los vectores propios de todos los especialistas docentes encuestados es decir: grupo N°1, inmediatamente se obtiene los valores de agregación, mediante el cálculo de la media geométrica. La normalización de los vectores propios de los encuestados del grupo N°1, son las ponderaciones asignadas por el grupo a todos los criterios de mantenimiento analizados. En la mayoría de respuestas de este grupo de encuestados se identificó que la Organización general de Mantenimiento es de más importancia.

El mismo procedimiento indicado para el grupo N° 1 se realizó para el grupo N° 2 y grupo N°3, para determinar los valores propios, la agregación y la normalización. En las **Tablas 3-6; 3-7; 3-8** se muestran los valores de los vectores propios así como la agregación y la normalización, de los grupos de especialistas encuestados.

Tabla 3-6 Valores de los vectores propios de encuestados grupo N° 1

VALORES DE VECTOR PROPIO GRUPO No.1																
		Ing. Eduardo Hernández	Ing. Mónica Orejuela	Ing. Verónica Chávez	Ing. Ángel Lanrea	Ing. Ángel Ramírez	Ing. Sergio Villacrés	Ing. César Gallegos	Ing. Mayra Viscaino	Ing. César Arregui	Ing. Alex Tenicota	Ing. Stalin Nuela	Ing. César Astudillo	Dr. Marco Haro	AGREACIÓ	NORMALIZACIÓN
	CRITERIOS	DOC1	DOC2	DOC3	DOC4	DOC5	DOC6	DOC7	DOC8	DOC9	DOC10	DOC11	DOC12	DOC13		
OM	Organización general del mantenimiento	0,2770	0,3171	0,2258	0,4149	0,4486	0,2594	0,2619	0,3972	0,4757	0,0890	0,2826	0,3605	0,1673	0,2821	0,3198
RH	Recursos humanos de mantenimiento	0,1011	0,3194	0,3573	0,1550	0,1551	0,3764	0,1709	0,1456	0,1441	0,1428	0,3270	0,1136	0,1342	0,1834	0,2080
CE	Control económico de mantenimiento	0,2445	0,1103	0,0978	0,1230	0,2017	0,0306	0,1949	0,2029	0,1651	0,2182	0,0304	0,0950	0,0867	0,1163	0,1319
PC	Planificación, programación y control	0,2190	0,0833	0,1732	0,2315	0,0908	0,1793	0,2711	0,1201	0,0488	0,4734	0,1281	0,1488	0,4835	0,1676	0,1900
TM	Tercerización de mantenimiento	0,0792	0,0812	0,0681	0,0326	0,0555	0,0306	0,0672	0,0783	0,0559	0,0266	0,0789	0,2066	0,0519	0,0609	0,0691
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	0,0792	0,0887	0,0777	0,0431	0,0485	0,1238	0,0340	0,0560	0,1104	0,0500	0,1530	0,0756	0,0764	0,0716	0,0812
	SUMATORIA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8821297	1

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-7 Valores de vectores propios del grupo N°2

VALORES DE VECTOR PROPIO GRUPO No.2												
		Ing. José Zavala	Ing. Mario Viera	Ing. Oswaldo Quintana	Ing. Danny LLamuca	Ing. Eduardo Arias	Ing. Julio López	Ing. Hernán Suntasig	Ing. Mario Gualotuña	AGREACIÓ	NORMALIZACIÓN	
	CRITERIOS	ESP1	ESP2	ESP3	ESP4	ESP5	ESP6	ESP7	ESP8			
OM	Organización general del mantenimiento	0,403146	0,38493	0,35553	0,350579	0,498739	0,091145	0,038405	0,327503	0,24014	0,28757	
RH	Recursos humanos de mantenimiento	0,253781	0,184044	0,185041	0,251354	0,246711	0,307257	0,051911	0,303546	0,200338	0,239907	
CE	Control económico de mantenimiento	0,093308	0,241279	0,193115	0,121602	0,085683	0,31299	0,079696	0,138837	0,141074	0,168937	
PC	Planificación, programación y control	0,125583	0,065419	0,128981	0,173551	0,07526	0,213671	0,127946	0,129915	0,122025	0,146126	
TM	Tercerización de mantenimiento	0,05143	0,076862	0,074884	0,044428	0,045153	0,031788	0,177242	0,053425	0,060468	0,072412	
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	0,072752	0,047467	0,06245	0,058487	0,048455	0,043149	0,524799	0,046773	0,071022	0,085049	
	SUMATORIA	1	1	1	1	1	1	1	1	0,835066	1	

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-8 Valores de vectores propios del grupo N°3

VALORES DE VECTOR PROPIO GRUPO No.3												
		Arq. Irina Tinoco	Ing. Mónica (Departamento de Salto/Dpto. de la U.)	Isaías Alfredo Grazón	Administrador del mantenimiento de la U.	Administrador del mantenimiento de la U.	Administrador del mantenimiento de la U.	Patricio Fernando Haro	Administrador del mantenimiento de la U.	Administrador del mantenimiento de la U.	AGREACIÓ	NORMALIZACIÓN
	CRITERIOS	ADM1	ADM2	ADM3	ADM4	ADM5	ADM6	ADM7	ADM8	ADM9		
OM	Organización general del mantenimiento	0,22275	0,298124	0,312147	0,228213	0,35543	0,174013	0,177967	0,378532	0,166667	0,245882	0,267012
RH	Recursos humanos de mantenimiento	0,129201	0,244483	0,124793	0,187622	0,141952	0,212761	0,117087	0,173744	0,166667	0,161737	0,175636
CE	Control económico de mantenimiento	0,102546	0,126998	0,094589	0,354002	0,12097	0,260396	0,118364	0,245148	0,166667	0,159399	0,173097
PC	Planificación, programación y control	0,417468	0,116816	0,312147	0,125866	0,280745	0,20097	0,324588	0,108176	0,166667	0,204757	0,222353
TM	Tercerización de mantenimiento	0,078764	0,040721	0,070081	0,077327	0,049071	0,067929	0,106857	0,036075	0,166667	0,069375	0,075337
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	0,049272	0,172857	0,086244	0,02697	0,051832	0,083931	0,155138	0,058324	0,166667	0,079714	0,086565
	SUMATORIA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,920864	1

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Las ponderaciones de los criterios de los diferentes grupos de especialistas encuestados en la evaluación de mantenimiento, se presentan en la

Tabla 3-9 Los valores encontrados se utilizaron para la evaluación de la planificación de los edificios y equipos del caso de estudio.

Tabla 3-9 Resultado de ponderación de criterios según especialistas.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO JERARQUIZADOS		Grupo N° 1		Grupo N° 2		Grupo N° 3	
		PESOS	%	PESOS	%	PESOS	%
OM	Organización general del mantenimiento	0,3198462	32%	0,2875697	29%	0,2670122	27%
RH	Recursos humanos de mantenimiento	0,2079522	21%	0,2399069	24%	0,1756362	18%
CE	Control económico de mantenimiento	0,1318746	13%	0,168937	17%	0,173097	17%
PC	Planificación, programación y control	0,190022	19%	0,1461259	15%	0,2223531	22%
TM	Tercerización de mantenimiento	0,0690854	7%	0,0724115	7%	0,0753367	8%
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	0,0812196	8%	0,085049	9%	0,0865648	9%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

En el **Gráfico 3-2** se muestran los resultados y se relacionan las respuesta de los especialistas encuestados, en los tres grupos se puede observar que el criterio, organización del mantenimiento es el más importante para todos los grupos de especialistas encuestados y la tercerización de mantenimiento es el menos importante.

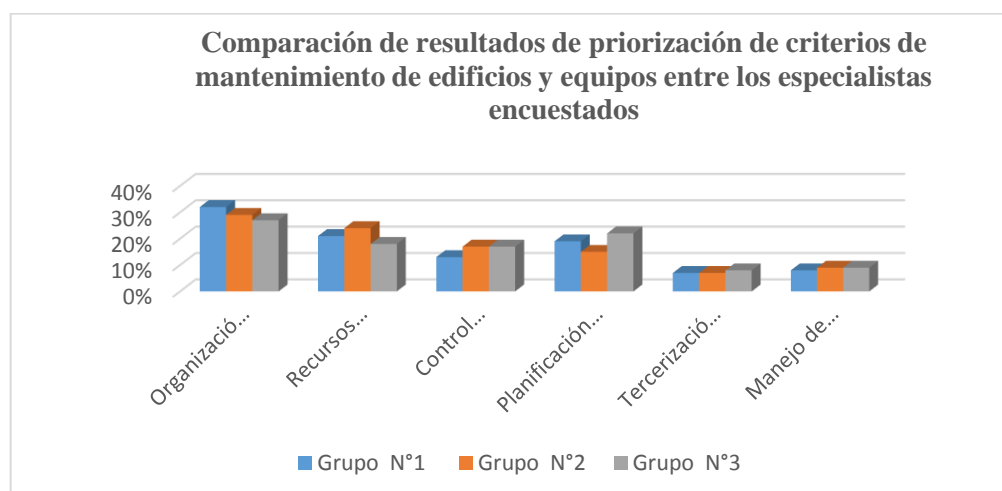


Gráfico 3-2 Priorización de criterios de Mantenimiento según especialistas.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Con lo analizado se puede concluir, que los tres grupos de especialistas han concordado con sus ponderaciones de los criterios de evaluación; por lo tanto se utilizó el criterio de los tres grupos de especialistas.

3.1.3 Determinación de ponderaciones de sub-criterios.

Para encontrar las ponderaciones de los sub-criterios, resulta del procedimiento similar que se utilizó para la determinación de los criterios estos se detallan a continuación:

1. Se forma la matriz de comparación pareada y se verifica el grado de consistencia.
2. Para determinar las ponderaciones: se deduce del mismo procedimiento de la determinación de ponderación de criterios

Con el procedimiento explicado, se alcanzaron los resultados de las ponderaciones de los sub-criterios, en la **Tabla 3-10** se muestran el resultado de la ponderación padre y el peso relativo de los sub-criterios.

Tabla 3-10 Ponderación de sub-criterios del criterio OM.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO JERARQUIZADOS		SUBCRITERIOS		PORCENTAJE	PONDERACION PADRE	PESO RELATIVO
OM	Organización general del mantenimiento	OM1	Políticas de mantenimiento	0,5	29%	0,146
		OM2	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	0,5		0,146
RH	Recursos humanos de mantenimiento	RH1	Formación profesional	0,436	21%	0,091
		RH2	Capacitación y entrenamiento	0,377		0,078
CE	Control económico de mantenimiento	CE1	Presupuesto de mantenimiento	0,5	16%	0,079
		CE2	Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	0,5		0,079
PC	Planificación, programación y control	PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones a mantener.	0,222	18%	0,041
		PC2	Plan de mantenimiento	0,273		0,05
		PC3	Programación de actividades de mantenimiento	0,182		0,034
TM	Tercerización de mantenimiento	TM1	Política de contratación	0,329	7%	0,024
		TM2	Especificaciones técnicas de los trabajos	0,324		0,024
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	MI1	Maestro de ítems	0,346	8%	0,029
		MI2	Control de existencias	0,372		0,032
		MI3	Inventario valorado de ítems	0,283		0,024

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Discusión de resultados de la evaluación de la gestión de mantenimiento

Definitivamente como se muestra en el **Gráfico 3-3** con lo analizado anteriormente se tiene que los tres grupos coinciden de forma general, de entre todos los criterios expuestos los más importantes son: organización de general de mantenimiento, recursos humanos de mantenimiento, la planificación organización y control, cabe mencionar que no concuerdan en el mismo grado de importancia.

Gráfico 3-3 Jerarquización de criterios según su importancia.



Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

En la **Tabla 3-11** se muestra la jerarquización definitiva obtenida, para cada uno de los criterios y sub-criterios, para el caso de estudio se utilizará la jerarquización que incumbe al criterio PC: Planificación, Programación y Control del mantenimiento. Para la evaluación del caso, estos valores pueden ser utilizados para valorar diferentes áreas de la gestión de mantenimiento de las edificaciones y equipos del caso.

Tabla 3-11 Criterios y sub-criterios de edificios jerarquizados.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO JERARQUIZADOS		PESOS
OM	Organización general del mantenimiento	0,2926
OM1	Políticas de mantenimiento	0,146
OM2	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	0,146
RH	Recursos humanos de mantenimiento	0,2075
RH1	Formación profesional	0,091
RH2	Capacitación y entrenamiento	0,078
RH3	Cantidad de personal de mantenimiento	0,039
CE	Control económico de mantenimiento	0,1578
CE1	Presupuesto de mantenimiento	0,079
CE2	Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	0,079
PC	Planificación, programación y control	0,1846
PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones a mantener.	0,041
PC2	Plan de mantenimiento	0,050
PC3	Programación de actividades de mantenimiento	0,034
PC4	Documentos de mantenimiento	0,026
PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado	0,033
TM	Tercerización de mantenimiento	0,0727
TM1	Política de contratación	0,024
TM2	Especificaciones técnicas de los trabajos	0,024
TM3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento	0,025
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	0,0848
MI1	Maestro de ítems	0,029
MI2	Control de existencias	0,032
MI3	Inventario valorado de ítems	0,024

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

3.5 Evaluación de la planificación de mantenimiento del caso de estudio

De manera que se ha indicado, un punto importante para establecer el entorno inicial en el que se halla la gestión de mantenimiento de las edificaciones y equipos, es la evaluación en el caso de estudio las edificaciones y equipos del: M06; M07; M08; M10; M24; M28, se podrán identificar también los aspectos que pueden ser perfeccionados. La metodología aplicada para la evaluación de es de tipo cualitativo, mediante un instrumento de interrogación que se indica en el (Ver anexo A) mismo que ha sido

aplicado a los administradores de las edificaciones, en el caso al DMDF (Departamento de Mantenimiento y Desarrollo Físico) y a los técnicos docentes responsables de los laboratorios de cada una de las edificaciones ya mencionadas, donde se dan valores a cada criterios de evaluación con sus respectivos sub-criterios, midiendo así en qué medida se cumplen los requerimientos. Los valores que se dan son: deficiente 0; poco satisfactorio 0,35; casi satisfactorio 0,7; satisfactorio 1. Un ejemplo de una parte del instrumento se muestra en la **Figura 3-12**.

INSTRUMENTO PARA EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS UNIVERSITARIOS

1. REQUERIMIENTO OM: Organización general del mantenimiento

1.1 **OM1**: Políticas de mantenimiento

Tabla 1: Descripción del criterio de evaluación: políticas de mantenimiento.

Criterio de evaluación:	OM1: Políticas de mantenimiento		
Objetivo:	Establecer un compromiso por parte de todos los involucrados para impulsar la conservación del edificio a través del mantenimiento.		
Método de evaluación:	Se evalúan las evidencias físicas a través de documentos impresos o digitales que demuestren la disposición de políticas de mantenimiento.	Tipo de evaluación:	Características
Niveles de referencia	Exigencias del criterio		Puntuación
Deficiente	No se dispone.		0
Poco satisfactorio	Documento con la política de mantenimiento.		0,35
Cuasi satisfactorio	Documento actualizado en los últimos 5 años		0,7
Satisfactorio	Se está aplicando la política de mantenimiento.		1
Comentario: Se asignará la puntuación respectiva de cada nivel, al cumplimiento de todas las exigencias.			
Elaborado por: Ing. Sergio Villacrés e Ing. Mayra Viscaíno			

Figura 3-12 Ejemplo de instrumento de evaluación para edificaciones y equipos

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

3.1.4 Aplicación del Instrumento de Evaluación de la Gestión de Mantenimiento

3.1.4.1 Resultados de la evaluación

Para obtener los resultados de la evaluación se elaboró una plantilla, en donde se mide el nivel de cumplimiento y el nivel exigible de cada sub-criterio, con este punto se puede conocer cómo se encuentra cada uno de los criterios en la gestión de mantenimiento como se muestra en **Tabla 3-12**, para asignar los valores se evalúan evidencias, presentadas por los técnicos docentes o administradores de las edificaciones mismas que pueden ser: documentación digital o impresos que demuestren el cumplimiento del criterio.

El mismo procedimiento descrito de evaluación se aplica para todos los laboratorios y edificaciones del caso

Tabla 3-12 Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento en el DMDF

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	26,03
CUASI SATISFACTORIO	70	52,05
SATISFACTORIO	100	34,92

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Gráficamente se indica el nivel de desempeño que tiene la gestión de mantenimiento, en las edificaciones, donde se puede observar los valores obtenidos. Es decir los valores que se dieron en la evaluación y los valores que se debería tener, definido como umbral de desempeño, como se muestra en el **Gráfico 3-4**.

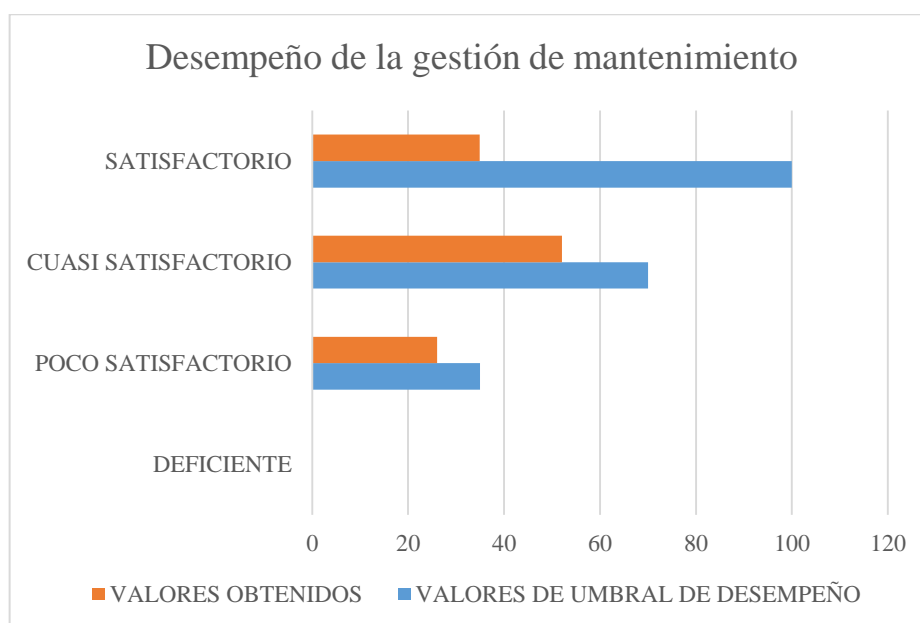


Gráfico 3-4 Ejemplo Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Los resultados de la evaluación se muestran en las **Tabla 3-13** en el que el cumplimiento, es la suma de los valores que se dan en deficiente, poco satisfactorio, cuasi satisfactorio y satisfactorio, obteniendo así la medida en que se cumplen los criterios de mantenimiento.

Tabla 3-13 Requerimientos con nivel exigido y cumplimiento en las edificaciones

EQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CRUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	5,12	10,24	14,63	15%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	7,22	14,44	3,86	12%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	2,76	5,52	0,00	4%
Planificación, programación y control	18%	0,00	6,36	12,73	8,23	13%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	1,69	3,37	0,00	2%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	2,87	5,75	8,21	8%
TOTAL						55%

Fuente: Grupo de investigación "Gestión del mantenimiento"

En el **Gráfico 3-5** Nivel de cumplimiento y exigido de los criterios de mantenimiento.

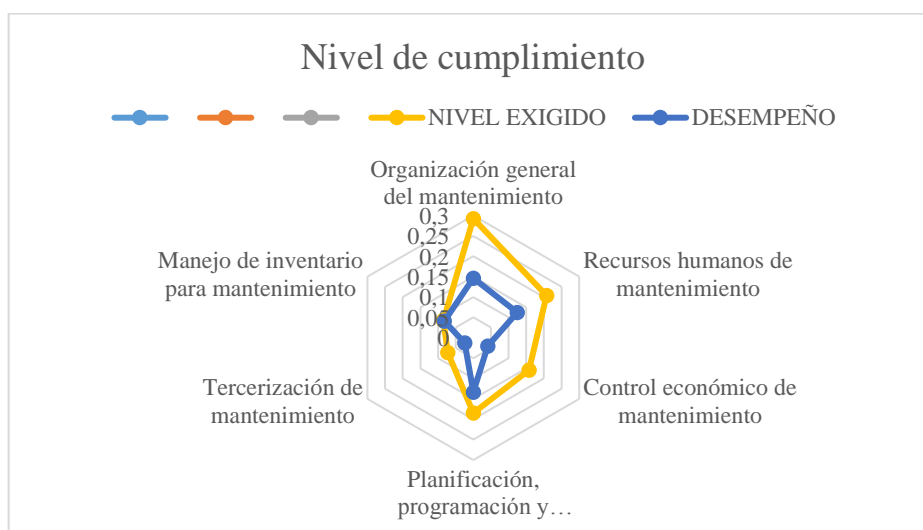


Gráfico 3-5 Ejemplo de nivel de los requerimientos

Fuente: Grupo de investigación "Gestión del mantenimiento"

En cuanto a los equipos de los laboratorios existentes en cada edificación como son: ML115, ML120, ML125, ML130, ML140, ML150, ML155 se realizó la misma evaluación descrita anteriormente aplicando los criterios y sub-criterios ya citados.

Como se puede observar en las **Tablas 3-14; 3-15; 3-16; 3-17; 3-18; 3-19** se muestran los valores de umbral y los valores obtenidos de los laboratorios mencionados, con sus respectivas gráficas (**Ver Gráficos 3-7; 3-8; 3-9; 3-10; 3-11; 3-12**) donde se indica el nivel de desempeño de cada uno de los equipos de laboratorios de acuerdo a la evaluación de la gestión de mantenimiento de cada técnico docente responsable de los equipos de los laboratorios.

Tabla 3-14 Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos del ML115

TABLA DE COMPARACIÓN		
DESCRIPCIÓN DEL NIVEL DE CUMPLIMIENTO	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	4,57
CUASI SATISFACTORIO	70	9,13
SATISFACTORIO	100	0,00

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

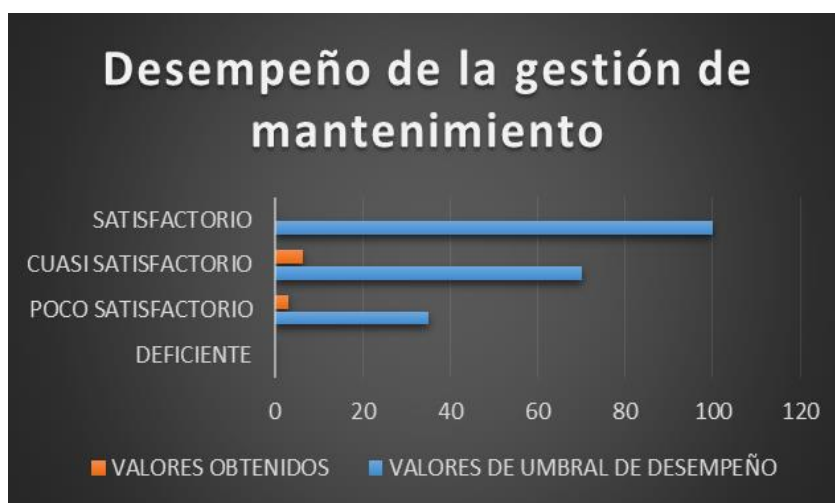


Gráfico 3-6 Desempeño de la gestión de mantenimiento del ML115

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-15 Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos ML120

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	8,27
CUASI SATISFACTORIO	70	6,30
SATISFACTORIO	100	0,00

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

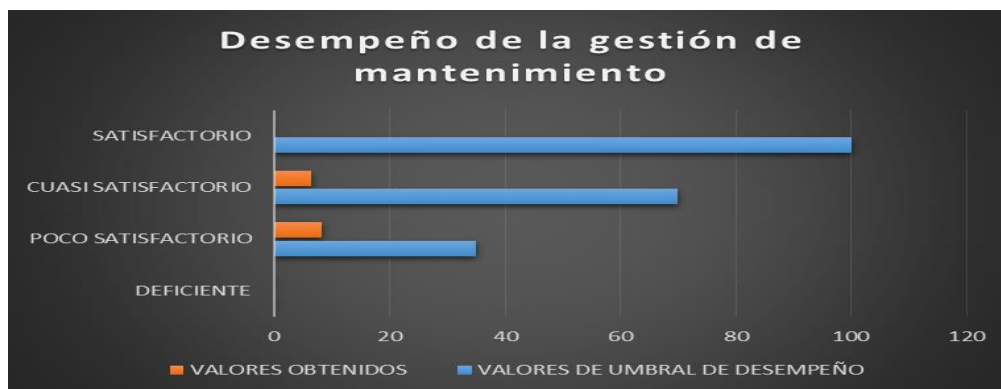


Gráfico 3-7 Nivel de los requerimientos en los equipos del laboratorio ML120
Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-16 Desempeño de la gestión de mantenimiento del laboratorio ML125

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	3,15
CUASI SATISFACTORIO	70	6,30
SATISFACTORIO	100	0,00

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

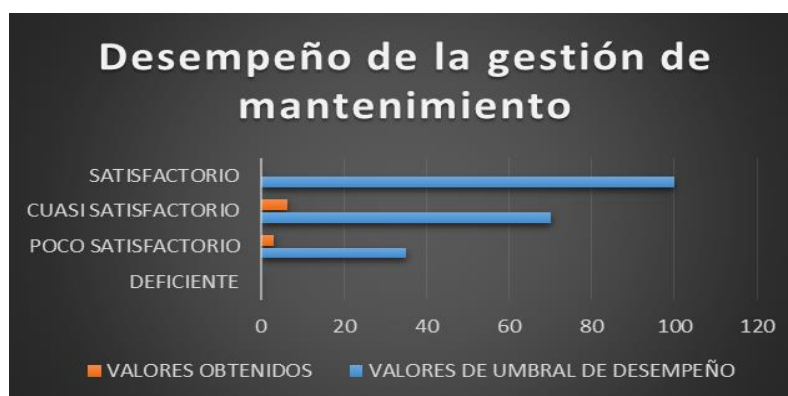


Gráfico 3-8 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML125
Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-17 Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento ML130

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	13,40
CUASI SATISFACTORIO	70	26,80
SATISFACTORIO	100	3,32

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

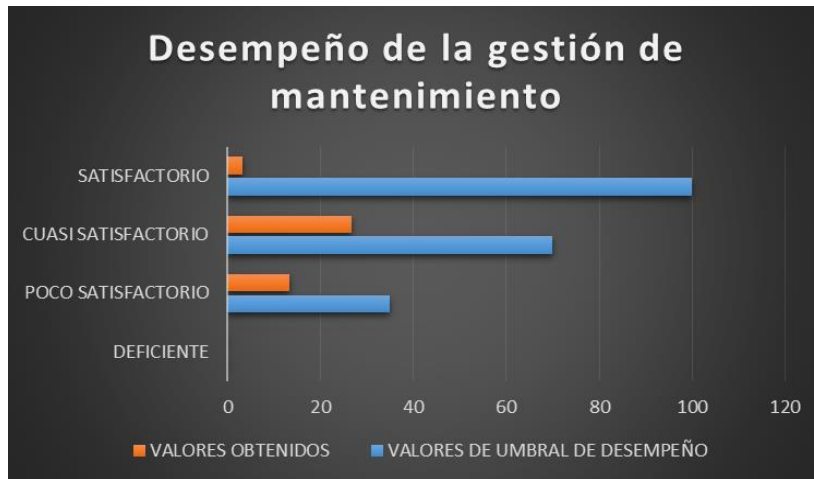


Gráfico 3-9 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML130
Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-18 Nivel de desempeño de la gestión de mantenimiento en ML140

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	3,15
CUASI SATISFACTORIO	70	6,30
SATISFACTORIO	100	0,00

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”



Gráfico 3-10 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML140
Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-19 Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos ML150

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	11,42
CUASI SATISFACTORIO	70	12,61
SATISFACTORIO	100	4,04

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

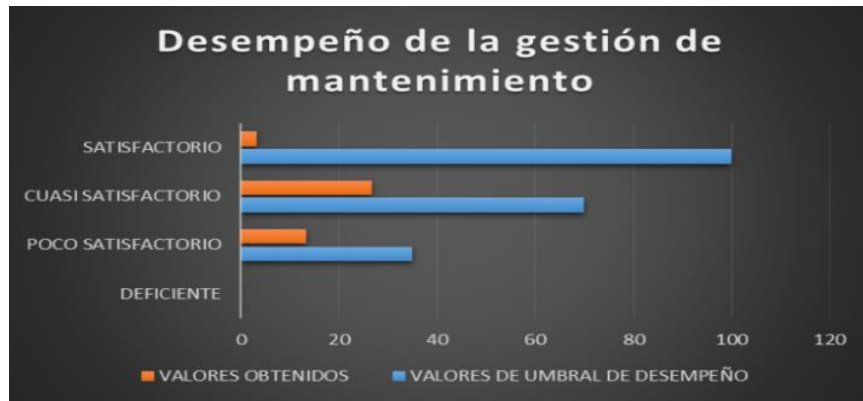


Gráfico 3-11 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML150

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-20 Desempeño de la gestión de mantenimiento en los equipos ML155

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0	0,00
POCO SATISFACTORIO	35	21,72
CUASI SATISFACTORIO	70	33,19
SATISFACTORIO	100	18,93

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

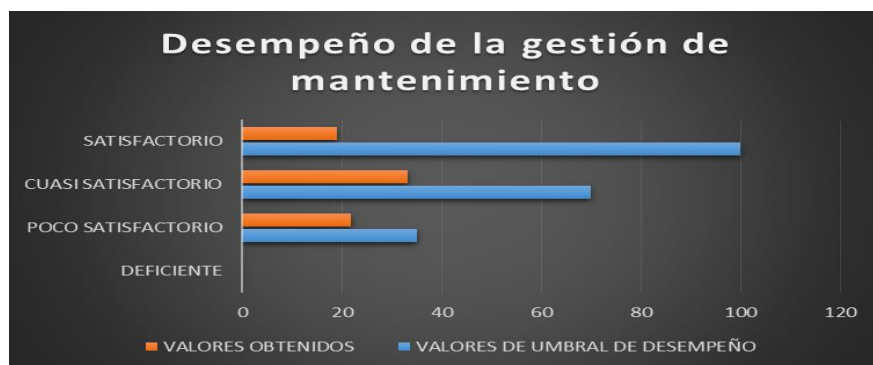


Gráfico 3-12 Requerimientos en los equipos del laboratorio ML150

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

En las **Tablas 3-21; 3-22; 3-23; 3-24; 3-25; 3-26; 3-27** con sus respectivas graficas (**Ver Gráficos 3-13; 3-14; 3-15; 3-16; 3-17; 3-18; 3-19**) se muestran los valores exigidos que se requieren para tener una buena gestión de mantenimiento, junto con los valores de desempeño que cumple cada uno de los laboratorios: ML115, ML120, ML125, ML130, ML140, ML150, ML155

Tabla 3-21 Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML115

REQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	3,15	6,30	0,00	5%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Planificación, programación y control	18%	0,00	1,42	2,83	0,00	2%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
TOTAL						7%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”



Gráfico 3-13 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML115

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-22 Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML120

REQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	5,12	0,00	0,00	2%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	3,15	6,30	0,00	5%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Planificación, programación y control	18%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
TOTAL						7%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”



Gráfico 3-14 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML120

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-23 Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML125

REQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	3,15	6,30	0,00	5%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Planificación, programación y control	18%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
TOTAL						5%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”



Gráfico 3-15 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML125

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-24 Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento del ML130

REQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	5,12	10,24	0,00	7%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	3,15	6,30	0,00	5%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Planificación, programación y control	18%	0,00	4,31	8,63	3,32	8%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	0,82	1,63	0,00	1%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
TOTAL						21%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”



Gráfico 3-16 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML130

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-25 Requerimientos con su nivel exigido y cumplimiento ML140

REQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	3,15	6,30	0,00	5%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Planificación, programación y control	18%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
TOTAL						5%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”



Gráfico 3-17 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML140

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-26 Requerimientos con su nivel exigido, y cumplimiento del ML150

REQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	5,12	0,00	0,00	2%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	3,15	6,30	0,00	5%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Planificación, programación y control	18%	0,00	3,15	6,30	4,04	7%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
TOTAL						14%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

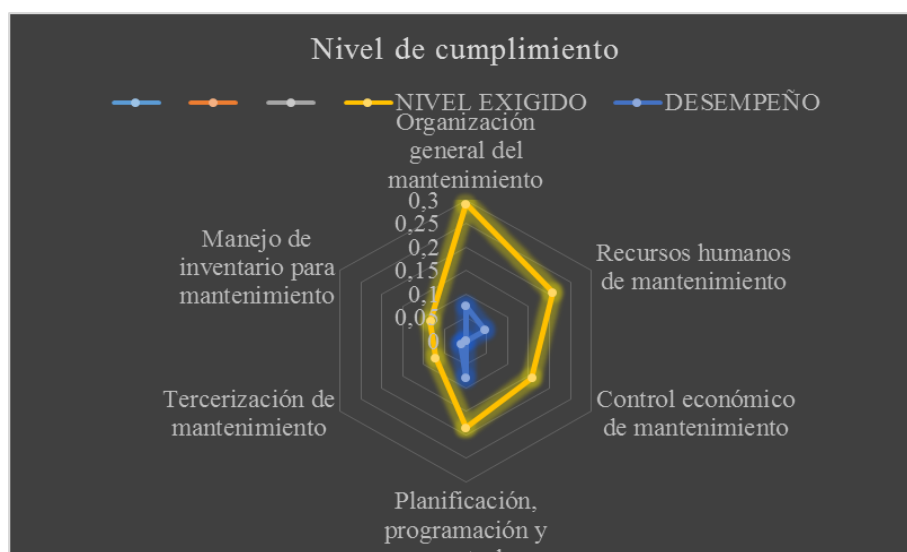


Gráfico 3-18 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML150

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Tabla 3-27 Requerimientos con su nivel exigido, y cumplimiento del ML155

REQUERIMIENTOS	NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	10,24	10,24	0,00	10%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	3,15	6,30	9,00	9%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Planificación, programación y control	18%	0,00	5,45	10,91	4,04	10%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	2,87	5,75	5,89	7%
TOTAL						36%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

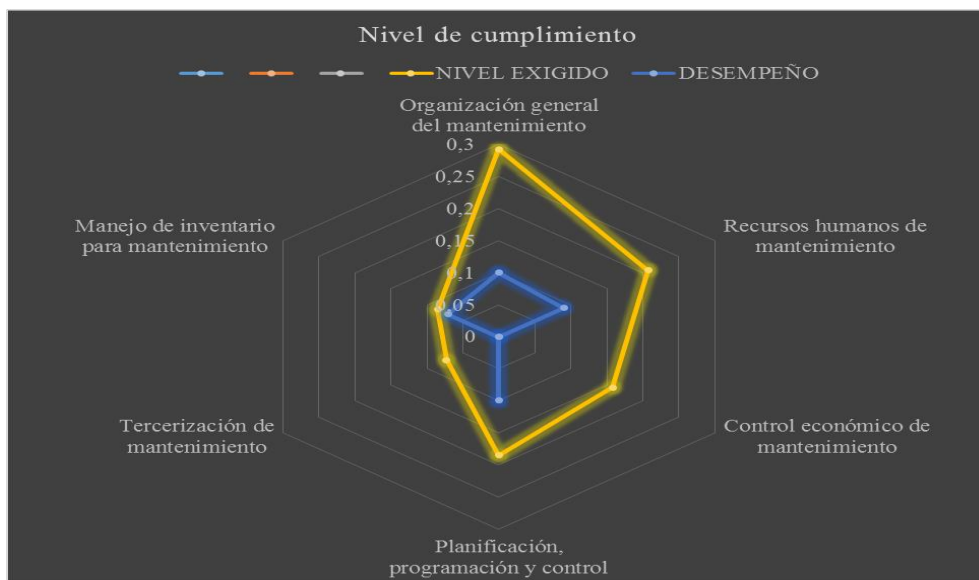


Gráfico 3-19 Nivel de cumplimiento del laboratorio ML155

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Como resultado de la evaluación se obtuvo que el laboratorio con mayor rendimiento de la gestión de mantenimiento es el ML155 con 36 puntos que corresponden a un nivel de ‘‘poco satisfactorio’’ y el laboratorio con menor desempeño es el ML125 con un nivel de 5 puntos que corresponde a un nivel deficiente en la gestión de desempeño.

De esta manera se evidencia que de los siete laboratorios evaluados seis tienen un nivel deficiente de la gestión de mantenimiento y uno un nivel poco satisfactorio ya que no cumple con los requerimientos exigidos para una buena gestión de mantenimiento.

Con el presente proyecto, se pretende a través de su aplicación mejorar la gestión de mantenimiento, para la mejora continua en las edificaciones y equipos de laboratorios de la facultad de Mecánica de la ESPOCH

3.2 Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

3.2.1. Planificación y aplicación al caso de estudio

Basados en normativas y literatura se establece una guía para realizar la planificación del mantenimiento de edificios universitarios y equipos, el cual consta de los siguientes puntos:

- ✓ Inventario de equipos a mantener
- ✓ Análisis de criticidad
- ✓ Plan de Mantenimiento

Inventario de equipos a mantener: Este aspecto debe constar de una estructura en la cual pueda enlazar toda la instalación en distintos niveles, de modo que se pueda identificar un equipo a qué sistema, área y localización corresponde. La codificación puede ser alfanumérica en donde cada código debe definir su significado.

Estructura jerárquica.

Para realizar el inventario de equipos se establecen 4 niveles jerárquicos:

Nivel 1. Localización; corresponde la facultad la cual está compuesta por una letra que lo identifique. “M”

Nivel 2. Área; Se enlistan todos los laboratorios y talleres de la Facultad de Mecánica en la que se controla el mantenimiento de sus equipos eléctricos y mecánicos, su denominación esta con la letra “L”. Se ha tomado en cuenta que para la codificación de los sistemas se utilizarán el sistema quinario como se muestra en la **Tabla 3-28**)

Tabla 3-28 Inventario de laboratorios a nivel de áreas

CÓDIGO		DESCRIPCIÓN
M	L115	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO: M07
M	L120	LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL EDIFICIO: M07
M	L125	LABORATORIO DE ERGONOMÍA DEL EDIFICIO: M07
M	L130	LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO: M10
M	L135	LABORATORIO DE TRIBOLOGÍA DEL EDIFICIO: M10
M	L140	LABORATORIO DE PROTOTIPADO CAD-CAM DEL EDIFICIO: M10
M	L145	LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DEL EDIFICIO: M10
M	L150	LABORATORIO DE SISTEMAS OLEOHIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS DEL EDIFICIO: M10
M	L155	TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DEL EDIFICIO: M28

Fuente: Autores

Nivel 3. Sistema; se refiere a las máquinas que se encuentran en el área; en los cuales se encuentran físicamente los diferentes equipos mecánicos y eléctricos en el cual se asigna un código numérico a cada sistema como se muestra en **Tabla 3-29**

Tabla 3-29 Inventario de laboratorios a nivel de sistemas

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
M-L130-001	MÓDULO MOTOR-GENERADOR DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-002	MECANISMO BANDA-POLEAS.-DE SUJECCIÓN TROQUELADA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-003	MÓDULO DE RESISTENCIAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-004	MÓDULO DE ALINEACIÓN DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-005	MÓDULO DE DESBALANCEO 01 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-006	MÓDULO DE RESONANCIA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-007	MÓDULO MOTOR-BOMBA 01 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-008	MÓDULO MOTOR-BOMBA 02 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-009	MÓDULO BOMBA PERIFÉRICA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-010	MÓDULO MOTOR-ALTERNADOR 01 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-011	MÓDULO MOTOR-RODAMIENTO DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-012	BANCO DE PRUEBAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-013	MÓDULO BANDA TRANSPORTADORA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-014	MÓDULO DE DESBALANCEO 02 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-015	MÓDULO MOTOR-DISCO DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-016	MÓDULO DE PRUEBAS DE AIRE COMPRIMIDO DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-017	MÓDULO MOTOR-BOMBA 03 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-018	SISTEMA DIDÁCTICO EN ENERGÍAS SOLAR/EÓLICA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-019	MÓDULO MOTOR-VENTILADOR DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-020	MÓDULO MOTOR-PLATO DE BALANCEO.-DE SUJECCIÓN TROQUELADA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-021	MÓDULO MOTOR-CAJA DE RUEDAS DENTADAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-022	MÓDULO MOTOR-ACOPLE DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-023	CÁMARAS TERMOGRÁFICAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-024	EQUIPO PARA EL DIAGNÓSTICO DE VIBRACIONES DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-025	EQUIPO ANALIZADOR DE ENERGÍA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-026	ALINEADOR LASER DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-027	EQUIPO PARA REALIZAR ULTRASONIDO DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-028	DETECTOR DE FUGAS ELÉCTRICAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

M-L130-029	ANEMÓMETROS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-030	TERMÓMETRO DIGITAL DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-031	ALINEADORES DE POLEAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-032	TACÓMETRO DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-033	LÁMPARA ESTROBOSCÓPICA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-034	MÓDULOS PARA ENSAYOS DE TERMOGRAFÍA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-035	VARIADORES DE FRECUENCIA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-036	TRANSFORMADOR DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-037	RELOJES COMPARADORES DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-038	CALEFACTORES DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-039	MÓDULO TENSADO DE CORREAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-040	MÓDULO MOTOR-ALTERNADOR 02 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-041	MÓDULO MOTOR-BANDA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-042	MOTORES ELÉCTRICOS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-043	GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M-L130-044	MÓDULO MOTOR-ENGRANAJE DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Fuente: Autores

Nivel 4. Equipos; se enlistan los equipos mecánicos y eléctricos que se indican en la **Tabla 3-30**. En donde se establece la familia, el tipo, el código numérico y la clase de equipo.

Tabla 3-30 Inventario de laboratorios a nivel de equipos.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
M-L130-001-T-MT-1	Módulo motor-generator
M-L130-001-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 5 HP del módulo motor-generator
M-L130-001-E-GE-1	Generador STAMFORD del módulo motor-generator
M-L130-001-M-ST-1-1	Eje de transmisión del módulo motor-generator
M-L130-001-E-TC-1	Tablero de control del módulo motor-generator
M-L130-001-E-VF-1	Variador de frecuencia AF-60 LP del módulo motor-generator
M-L130-002-T-MT-1	Mecanismo banda-poleas.-de sujeción troquelada
M-L130-002-E-ME-1	Motor eléctrico BP de 3 HP del mecanismo banda-poleas
M-L130-002-M-TF-1-2	Tornillo sin fin del mecanismo banda-poleas
M-L130-002-M-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del mecanismo banda-poleas
M-L130-002-E-IM-1	Interruptor magnético GMW-32B del mecanismo banda-poleas
M-L130-003-T-MT-1	Módulo de resistencias

M-L130-003-M-VV-1-4	Ventilador industrial Blower de 2" del módulo de resistencias
M-L130-003-E-CR-1-3	Caja de Resistencias de potencia del módulo de resistencias
M-L130-003-E-TC-1	Tablero de control eléctrico del módulo de resistencias
M-L130-004-T-MT-1	Módulo de alineación
M-L130-004-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo de alineación
M-L130-004-M-ST-1 -1	Eje de transmisión por acople del módulo de alineación
M-L130-004-T-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del módulo de alineación
M-L130-005-T-MT-1	Módulo de desbalanceo 01
M-L130-005-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo de desbalanceo 01
M-L130-005-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo de desbalanceo 01
M-L130-006-T-MT-1	Módulo de resonancia
M-L130-006-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo de resonancia
M-L130-006-E-AR-1	Arrancador de 3 A del módulo de resonancia
M-L130-007-T-MT-1	Módulo motor-bomba 01
M-L130-007-M-BB-1-1	Bomba centrífuga CP 660 de 2 HP del módulo motor-bomba 01
M-L130-007-E-TC-1	Tablero de control eléctrico del módulo motor-bomba 01
M-L130-007-M-EQ-1-1	Tuberías, válvulas y accesorios del módulo motor-bomba 01
M-L130-008-T-MT-1	Módulo motor-bomba 02
M-L130-008-M-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 2 HP del módulo motor-bomba 02
M-L130-008-E-BB-1-1	Bomba centrífuga HU2 de 2" NPT del módulo motor-bomba 02
M-L130-008-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo motor-bomba 02
M-L130-008-M-EQ-1-1	Tuberías, válvulas y accesorios del módulo motor-bomba 02
M-L130-008-M-TC-1	Tablero de control eléctrico del módulo motor-bomba 02
M-L130-009-M-MT-1	Módulo bomba periférica
M-L130-009-M-BB-1-1	Bomba centrífuga QB60 de 0,37 KW del módulo bomba periférica
M-L130-009-E-AR-1	Arrancador del módulo bomba periférica
M-L130-009-M-EQ-1-2	Tuberías, válvulas y accesorios del módulo bomba periférica
M-L130-010-T-MT-1	Módulo motor-alternador
M-L130-010-M-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1 HP del módulo motor-alternador
M-L130-010-M-GE-1-2	Alternador Yokobo 23100-U0100 de 12V del módulo motor-alternador
M-L130-010-M-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del módulo motor-alternador
M-L130-011-T-MT-1	Módulo motor-rodamiento
M-L130-011-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo motor-rodamiento
M-L130-011-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo motor-rodamiento
M-L130-012-P-MP-1	Banco de pruebas
M-L130-012-E-TC-1	Tablero de control del banco de pruebas
M-L130-012-E-TM-1	Tomacorrientes (1 trifásico variador, 1 monofásico, 1 trifásico) del banco de pruebas
M-L130-013-T-MT-1	Módulo banda transportadora
M-L130-013-E-TC-1	Tablero de control del módulo banda transportadora
M-L130-013-E-ME-1-3	Motor de 110V CA del módulo banda transportadora
M-L130-013-E-ME-2-3	Motor de 110V del módulo banda transportadora
M-L130-013-E-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del módulo banda transportadora
M-L130-014-T-MT-1	Módulo de desbalanceo 02

M-L130-014-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo de desbalanceo 02
M-L130-014-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo de desbalanceo 02
M-L130-015-T-MT-1	Módulo motor-disco
M-L130-015-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1 HP del módulo motor-disco
M-L130-015-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo motor-disco
M-L130-016-P-MP-1	Módulo de pruebas de aire comprimido
M-L130-016-M-MQ-1-2	Tuberías, válvulas y accesorios del módulo de pruebas de aire comprimido
M-L130-016-M-CP-1-2	Compresor PC0-0224X de 2 HP del módulo de pruebas de aire comprimido
M-L130-017-T-MT-1	Módulo motor-bomba 03
M-L130-017-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg de 5 HP del módulo motor-bomba 03
M-L130-017-M-BB-1-1	Bomba del módulo motor-bomba 03
M-L130-017-E-TC-1	Tablero de control del módulo motor-bomba 03
M-L130-017-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo motor-bomba 03
M-L130-018-P-MP-1	Sistema didáctico en energías solar/eólica
M-L130-018-E-CR-1-2	Caja de conexiones del banco de baterías del sistema didáctico en energías solar/eólica
M-L130-018-E-DI-1	Panel de disyuntores del circuito CA del sistema didáctico en energías solar/eólica
M-L130-019-T-MT-1	Módulo motor-ventilador
M-L130-019-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg de 1/4 HP del módulo motor-ventilador
M-L130-019-M-VV-1-1	Ventilador del módulo motor-ventilador
M-L130-019-M-ST-1-10	Eje de transmisión por acople del módulo motor-ventilador
M-L130-019-E-AR-1	Arrancador del módulo motor-ventilador
M-L130-020-T-MT-1	Módulo motor-plato de balanceo
M-L130-020-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg de 1 HP del módulo motor-plato de balanceo
M-L130-020-M-PB-1	Plato de balanceo del módulo motor-plato de balanceo
M-L130-020-M-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del módulo motor-plato de balanceo
M-L130-020-E-IM-1	Interruptor magnético GMW-22B del módulo motor-plato de balanceo
M-L130-021-T-MT-1	Módulo motor- caja de ruedas dentadas
M-L130-021-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg de 1HP del módulo motor- caja de ruedas dentadas
M-L130-021-M-ST-1-6	Caja de ruedas dentadas (engranes) del módulo motor- caja de ruedas dentadas
M-L130-021-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo motor- caja de ruedas dentadas
M-L130-021-E-AR-1	Arrancador del módulo motor- caja de ruedas dentadas
M-L130-022-T-MT-1	Módulo motor-acople
M-L130-022-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg de 1/4 HP del módulo motor-acople
M-L130-022-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo motor-acople
M-L130-022-E-IM-1	Interruptor magnético GMW-22B del módulo motor-acople
M-L130-023-I-CG-1	Cámara termográfica FLIR E5
M-L130-023-I-CG-2	Cámara termográfica SATIR E8

M-L130-024-I-VC-1	Vibra CHECK ABG 200
M-L130-025-K-AM-1	Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica FLUKE 435-II
M-L130-026-I-AL-1	Alineador laser FAG ACIDA
M-L130-027-I-EU-1	Ultraprobe (ultrasonido)
M-L130-028-I-FE-1	Detector de fugas eléctricas
M-L130-029-K-AM-1-11	Anemómetro digital HoldPeak HP-856A
M-L130-029-K-AM-2-11	Anemómetro EXTECH 45170
M-L130-029-K-AM-3-11	Anemómetro EXTECH 45170
M-L130-030-K-AM-1-12	Termómetro digital FLUKE VT04
M-L130-030-K-AM-2-12	Termómetro digital 1
M-L130-030-K-AM-3-12	Termómetro digital 2
M-L130-030-K-AM-4-12	Termómetro digital 3
M-L130-030-K-AM-5-12	Termómetro digital 4
M-L130-031-I-AP-1	Alineador de poleas FixturLaser
M-L130-031-I-AP-2	Alineador de poleas FAG Top-Laser Smarty 2
M-L130-032-K-AM-1-13	Tacómetro digital DT-2236A
M-L130-033-I-LS-1	Lámpara Estroboscópica
M-L130-034-M-TC-1	Modulo para ensayo de termografía 01
M-L130-034-M-TC-2	Modulo para ensayo de termografía 02
M-L130-034-M-TC-3	Modulo para ensayo de termografía 03
M-L130-034-M-TC-4	Modulo para ensayo de termografía 04
M-L130-035-E-VF-1	Variador de frecuencia 01
M-L130-035-E-VF-2	Variador de frecuencia 02
M-L130-036-E-TR-1	Transformador
M-L130-037-K-RP-1	Reloj comparador 01
M-L130-037-K-RP-2	Reloj comparador 02
M-L130-037-K-RP-3	Reloj comparador 03
M-L130-037-K-RP-4	Reloj comparador 04
M-L130-038-M-IC-1	Calefactor 01
M-L130-038-M-IC-2	Calefactor 02
M-L130-039-T-MT-1	Módulo tensado de correas
M-L130-039-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo tensado de correas
M-L130-039-T-GE-1-2	Alternador Yokobo 23100-U0100 de 12V del módulo tensado de correas
M-L130-039-M-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del módulo tensado de correas
M-L130-039-M-TC-1	Tensor de correas del módulo tensado de correas
M-L130-040-T-MT-1	Módulo motor-alternador 02
M-L130-040-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo motor-alternador 02
M-L130-040-E-RV-1	Regulador de voltaje electrónico del módulo motor-alternador 02
M-L130-040-E-GE-1-2	Alternador Yokobo 23100-U0100 de 12V del módulo motor-alternador 02
M-L130-040-M-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del módulo motor-alternador 02
M-L130-041-T-MT-1	Módulo motor-banda
M-L130-041-E-ME-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo motor-banda

M-L130-041-M-ST-1-1	Eje de transmisión por acople del módulo motor-banda
M-L130-041-M-ST-1-2	Mecanismo de transmisión por banda del módulo motor-banda
M-L130-042-E-ME-1-1	Motor eléctrico 01 Weg-22 de 1/2 HP
M-L130-042-E-ME-2-1	Motor eléctrico 02 Weg-22 de 0,37 Kw
M-L130-043-E-GE-1-2	Alternador 01 23100-UD100W
M-L130-043-E-GE-2-2	Alternador 02 23100-UD100W
M-L130-044-T-MT-1	Módulo motor-engranaje
M-L130-044-E-ME-1-1	Motor eléctrico Weg-22 de 1/2 HP del módulo motor-engranaje
M-L130-044-E-GE-1-2	Alternador 23100-UD100W del módulo motor-engranaje
M-L130-044-M-ST-1-6	Transmisión por engranajes del módulo motor-engranaje

Fuente: Autores

La codificación de la infraestructura civil.

Para ilustrar la codificación de la infraestructura civil se tomó el Edificio M10 Decanato y Laboratorios de la Facultad De Mecánica como ejemplo.

Nivel 1: Se codificó la localización denominada “Facultad de Mecánica” el código que se establece es la letra “M”.

Nivel 2: Para el nivel de áreas, que es el segundo nivel se considerará un área a un edificio específico, que se enlistan en la **Tabla 3-31** el número asignado a cada edificio corresponde al predio dentro de la manzana en el que está ubicado.

Tabla 3-31 Codificación e inventario de la infraestructura civil a nivel de área

CÓDIGO		DESCRIPCIÓN
M	06	EDIFICIO M06: BLOQUE DE AULAS CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
M	07	EDIFICIO M07: CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
M	08	EDIFICIO M08: BLOQUE DE AULAS CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
M	10	EDIFICIO M10: DECANATO Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M	24	EDIFICIO M24: AUDITORIO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M	28	EDIFICIO M28: TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

Fuente: Autores

Nivel 3: Para codificar los sistemas (áreas arquitectónicas) del edificio se emplearon tres códigos numéricos, los mismos que se han dividido según el nivel del edificio al que corresponda, esto se especifica en la **Tabla 3-32**.

Tabla 3-32 Codificación de la infraestructura civil a nivel de áreas

Código	Áreas
000-099	Planta baja
100-199	Primera planta alta
200-299	Segunda planta alta
300-399	Tercera planta alta

Fuente: Autores

La codificación de cada sistema como se muestra en el **Tabla 3-33** corresponde a cada hall, pasillo, archivo, aula, oficina, S.S.H.H, bodega, laboratorios, sala de reuniones, etc. que se encuentre en cada nivel de la edificación. Se ha tomado en cuenta que para la codificación de los sistemas se utilizarán los números pares, para dejar un código disponible, en el caso de realizar nuevas subdivisiones.

Tabla 3-33 Codificación de la infraestructura civil a nivel de sistemas

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
M10-002	LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
M10-004	LABORATORIO DE TRIBOLOGÍA
M10-006	LABORATORIO DE PROTOTIPADO CAD-CAM
M10-010	LABORATORIO DE MATERIALES
M10-012	OFICINA DE CONSERJE
M10-012	CUARTO HIDRONEUMÁTICO
M10-014	HALL DE INGRESO PLANTA BAJA
M10-102	CUARTO DE CONTROL 1
M10-104	AULA 104
M10-106	AULA 106
M10-108	AULA 108
M10-110	LABORATORIO 1
M10-112	LABORATORIO 2
M10-114	S.S.H.H. HOMBRES
M10-116	S.S.H.H. MUJERES
M10-118	HALL DE INGRESO PRIMERA PLANTA ALTA
M10-120	PASILLOS PRIMERA PLANTA ALTA
M10-202	CUARTO DE CONTROL 2
M10-204	ARCHIVO 1
M10-206	AULA 206
M10-208	LABORATORIO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS
M10-210	VICEDECANATO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M10-212	DECANATO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M10-214	SALA DE REUNIONES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M10-216	HALL DE INGRESO SEGUNDA PLANTA ALTA
M10-218	PASILLOS SEGUNDA PLANTA ALTA
M10-900	EDIFICIO M10: DECANATO Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M10-910	GRADAS DEL EDIFICIO DECANATO Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M10-920	ASCENSOR DEL EDIFICIO DECANATO Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M10-930	CISTERNA DEL EDIFICIO DECANATO Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Fuente: Autores

Nivel 4: corresponde a los equipos que conformarán el inventario de los activos a mantener, serán codificados de acuerdo a una lista de tipos de equipos, clasificados según la familia a la que pertenecen, de esa manera, se establece que E: Familia de equipos eléctricos; IL: Iluminación.

En éstas familias existen varios tipos de equipos que se encontraron en la inspección a la edificación, para los cuales se le ha asignado de un código. (Ver **Tabla 3-34**)

Tabla 3-34 Tipo de equipos

Equipos Civiles		
Familia	Tipo de Equipos	
Código	Código	Descripción
C	BÑ	Baño
C	CB	Cubierta
C	CR	Cielo raso
C	CS	Cisterna
C	CU	Aula, Laboratorio, Oficina, Bodega, Cuarto, Sala, etc.
C	DU	Ducha
C	ED	Edificio
C	FA	Fachada
C	GR	Gradas, plataforma, pasamano
C	HA	Hall
C	IA	Instalaciones para agua potable
C	IE	Instalaciones eléctricas
C	IS	Instalaciones para aguas servidas
C	LO	Losas
C	LV	Lavabo
C	IN	Inodoro
C	PA	Pasillos
C	PR	Paredes
C	RJ	Reja metálica
C	TA	Taller
C	TC	Techo
C	VT	Ventanas

Fuente: Autores

En la **Tabla 3-35** se muestra como ejemplo la codificación e inventario de los equipos del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética

Tabla 3-35 Codificación de la infraestructura civil a nivel de equipos.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
M-10-002-C-CU-1-3	Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética
M-10-002-E-IL-1-2	Iluminación del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (17 Lámparas fluorescentes 3x32W)
M-10-002-E-IN-1	Interruptor del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (1 doble)
M10-002-E-TM-1	Tomacorrientes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (10 de 110V, 9 de 220V monofásico, 2 de 220V trifásico)
M-10-002-D-PR-1	Puntos de red del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (4 puntos de red)
M-10-002-S-E-1-1	Extintor 1 tipo ABC del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética
M-10-002-S-SH-1	Sensores de humo del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (2 sensores de humo)

M-10-002-S-SM-1	Sensor de movimiento del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (1 sensor de movimiento)
M-10-002-S-CV-1	Cámaras de vigilancia del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (2 cámaras de vigilancia)
M-10-002-C-CU-2-2	Oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética
M-10-002-E-IL-2-2	Iluminación de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (2 Lámparas fluorescentes 3x32W)
M-10-002-E-IN-2	Interruptor de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (1 simple)
M-10-002-E-TM-2	Tomacorrientes de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (5 de 110V)
M-10-002-D-PR-2	Puntos de red de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (2 puntos de red)
M-10-002-E-CB-2	Caja de breakers de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (16 breakers)
M-10-002-C-CU-3-4	Bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética
M-10-002-E-IL-3-2	Iluminación de la bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (4 Lámparas fluorescentes 3x17W)
M-10-002-E-IN-3	Interruptor de la bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (1 simple)
M-10-002-E-TM-3	Tomacorrientes de la bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (3 de 110V)

Fuente: Autores

En el **Anexo B y C** se muestran los inventarios y codificación de cada uno de los equipos civiles, mecánicos y eléctricos del caso de estudio.

Análisis de criticidad:

Análisis de criticidad de infraestructura civil.

El análisis de criticidad es una parte fundamental del RCM para evaluar el estado actual de los equipos civiles, mecánicos y eléctricos, se buscó establecer el grado de criticidad que una falla genera a un equipo en el espacio de trabajo.

En las edificaciones se determinó las consecuencias que tienen las fallas para que los equipos civiles dejen de cumplir con su función. Entre las funciones más importantes se tiene el confort de la infraestructura civil, este puede verse afectado por la mala iluminación, ventanas rotas, puertas en mal estado, humedad en el aula, etc. Estos aspectos reducen el confort en los edificios.

Se estableció una matriz de evaluación de criticidad para las edificaciones del caso de estudio en donde los factores evaluados son: Medio ambiente, Seguridad, Calidad, Tiempo de trabajo, Impacto operacional, Fiabilidad y Mantenimiento. Como se muestra en la **Figura 3-13**.

CRITICIDAD	MEDIO AMBIENTE	SEGURIDAD	CALIDAD	TIEMPO DE TRABAJO	IMPACTO OPERACIONAL	FIABILIDAD	MANTENIBILIDAD
(A) CRITICO	Si un fallo del mismo puede provocar que la institución tenga que recurrir a dar aviso a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y el medio ambiente.	Serán aquellos cuyos fallos puedan producir accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	Es clave para la calidad del proceso, enseñanza aprendizaje.	Corresponderá a esta categoría las áreas arquitectónicas utilizadas en jornada matutina, vespertina y fines de semana.	Cuando un fallo provoca el cierre del área y el desalojo de más de 40 usuarios.	Los activos con frecuencia de fallo menor a 5 horas.	Las áreas arquitectónicas que requieran un tiempo medio de reparación de más de 24 horas.
(B) IMPORTANTE	Si un fallo del mismo provocase una contaminación o afección que pudiera gestionarse al interior de la institución.	Podría causar daños menores a las personas, no produce ausencia.	Afecta la calidad del proceso, enseñanza-aprendizaje, pero habitualmente no es problemático.	Las áreas arquitectónicas utilizadas en jornada matutina y vespertina.	Cuando un fallo provoca el cierre del área y el desalojo entre 20 a 40 usuarios.	Los activos con frecuencia de fallo mayor de 5 horas y menor de 10 horas.	Las áreas arquitectónicas que requieran un tiempo medio de reparación entre 6 y 12 horas.
(C) PRESCINDIBLE	Si un fallo del mismo no produjese ningún tipo de contaminación medio ambiental.	Son activos cuyos fallos no pueden crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	No afecta a la calidad del proceso, enseñanza-aprendizaje	Las áreas arquitectónicas utilizadas en jornada.	Cuando un fallo provoca el cierre del área y el desalojo de menos de 20 usuarios.	Los activos con frecuencia de fallo superiores a 10 horas.	Aquellas áreas arquitectónicas cuyo tiempo medio de reparación es inferior a 6 horas.

Figura 3-13 Matriz de criticidad para edificaciones

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Análisis de criticidad de equipos de laboratorios

En los equipos mecánicos y eléctricos se determinó las consecuencias de fallas para que los equipos dejen de cumplir con su función. Se estableció una matriz de evaluación de criticidad; donde los factores evaluados son: Seguridad y Medio ambiente, Impacto operacional, Calidad del proceso de enseñanza y Mantenimiento. Como se muestra en la **Figura 3-14**.

TIPO DE EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	IMPACTO OPERACIONAL	CALIDAD DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	MANTENIMIENTO
A) CRITICO	Puede originar un accidente muy grave	Su parada afecta en la planificación de prácticas de laboratorio y talleres	Es clave para la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje	Alto costo de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes			Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra o materiales)
B) IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas anuales de seguridad	Su parada afecta al desarrollo de las prácticas pero pueden ser recuperadas no (afecta a los ocupantes ni su planificación)	Afecta la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje pero no es problemático	Coste medio de mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave pero las posibilidades son remotas			
C) PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad	Poca influencia en la ejecución de prácticas	No afecta a la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje	Bajo costo de mantenimiento

Figura 3-14 Matriz de evaluación de criticidad para equipos de laboratorios

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Realizada la codificación e inventario de los equipos civiles, mecánicos y eléctricos se aplica el modelo de flujograma de criticidad como se muestra en la **Figura 3-15** de cada criterio evaluado, se tiene tres posibles respuestas A, B o C.

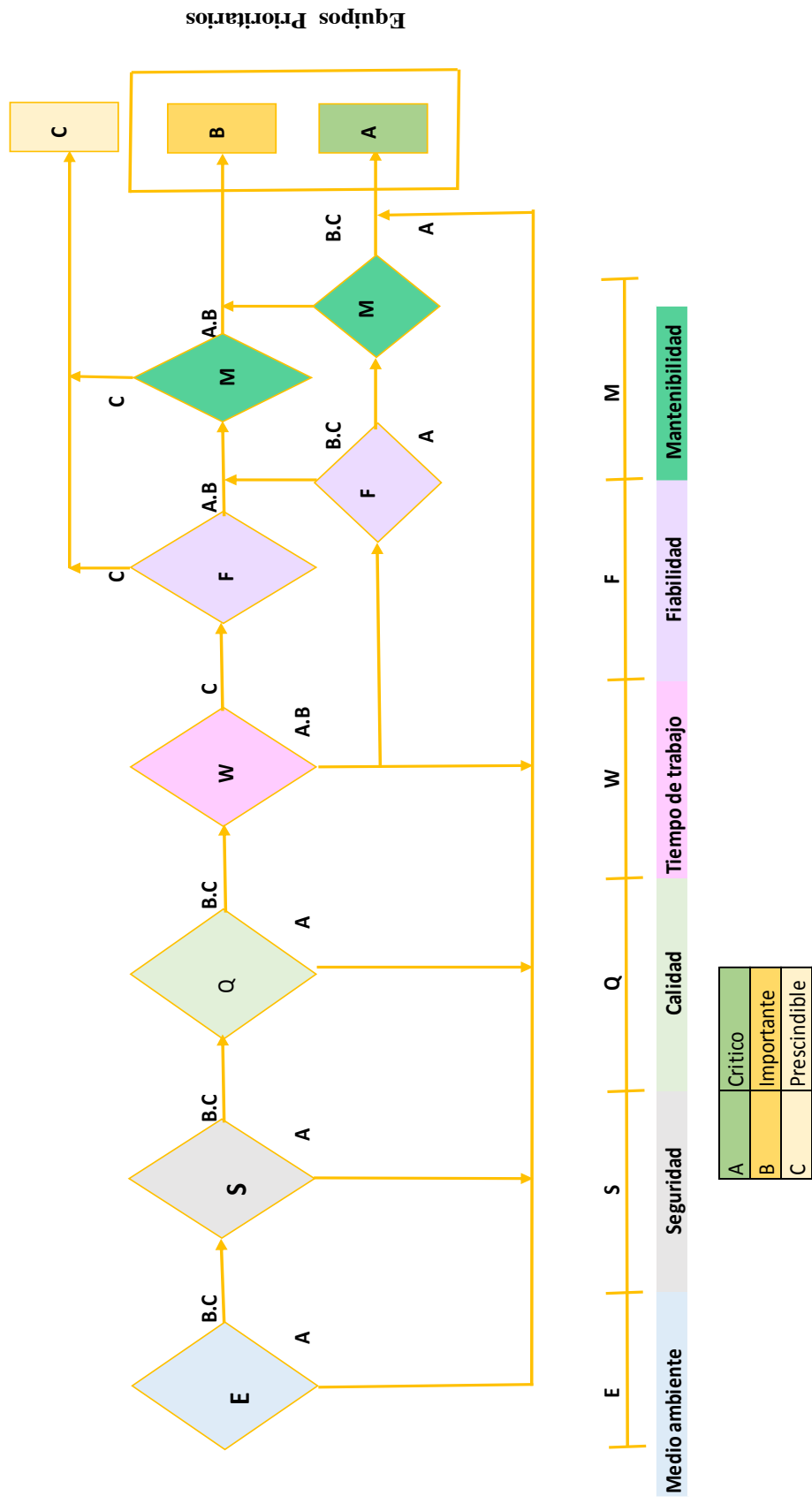


Figura 3-15 Modelo de flujograma de criticidad
Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Una vez que se aplicó el flujograma de criticidad, se obtuvo el nivel de criticidad de cada equipo, aplicando el flujograma para definir el modelo de mantenimiento como se muestra en la **Figura 3-16**, se establece el modelo a ser aplicado.

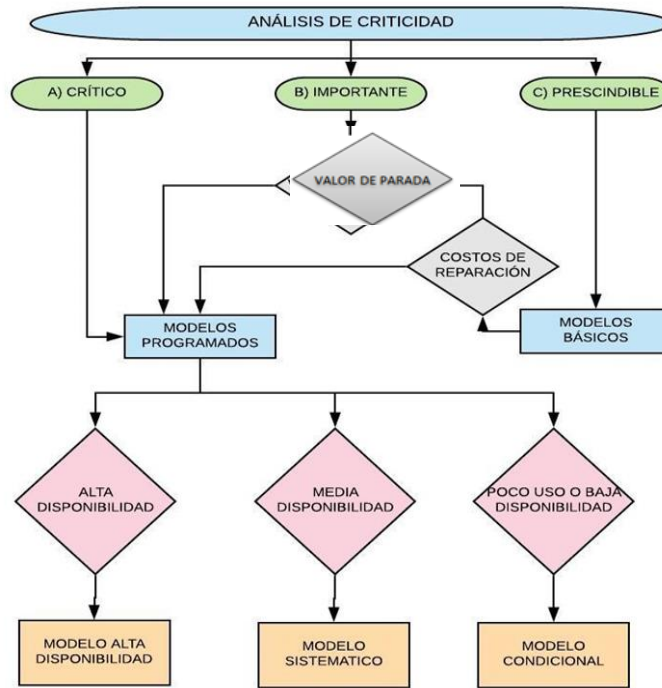


Figura 3-16 Flujograma para definir el modelo de mantenimiento
Fuente: (García, 2003)

Con el análisis de éste flujograma se obtuvo el modelo de mantenimiento, el cual puede caer en modelo básico o modelo programado, si el equipo tiene un nivel de criticidad C) “prescindible” le corresponde el modelo básico. Si el equipo tiene un nivel de criticidad B) “importante” se evalúa el valor de parada, si el valor es bajo se evalúa el costo de reparación, comparando el equipo evaluado con el equipo de mayor costo de reparación, si el valor de reparación es bajo se elige el modelo básico de mantenimiento, y si el valor de reparación es alto se elige “modelos programados”, si el valor de parada es alto inmediatamente se elige el “modelo programado” de mantenimiento el cual evalúa la disponibilidad del equipo si esta es alta, media o baja.

Considerando el requerimiento de disponibilidad de los equipos a evaluar:

Alta disponibilidad: si el equipo trabaja más del 90%

Media disponibilidad: si el equipo trabaja entre el 40% -90%

Baja disponibilidad: si el equipo trabaja menos del 40%

Estrategias de Mantenimiento

Modelo Básico

- ✓ Inspecciones visuales
- ✓ Lubricación
- ✓ Reparación de averías

Modelo Programados

1. Alta Disponibilidad

- ✓ Inspecciones visuales
- ✓ Lubricación
- ✓ Reparación de averías
- ✓ Mantenimiento condicional
- ✓ Mantenimiento preventivo sistemático
- ✓ Puesta a cero en fecha determinada (Parada)

2. Media disponibilidad

Modelo sistemático

- ✓ Inspecciones visuales
- ✓ Lubricación
- ✓ Reparación de averías
- ✓ Mantenimiento condicional
- ✓ Mantenimiento preventivo sistemático

3. Poco uso o baja disponibilidad

Modelo condicional

- ✓ Inspecciones visuales
- ✓ Lubricación
- ✓ Reparación de averías
- ✓ Mantenimiento condicional

En las **Tablas 3-36; 3-37; 3-38** se establece el nivel de criticidad de cada equipo tanto civiles, mecánicos y eléctricos. (**Ver Anexo D** aplicación del análisis de criticidad de los equipos civiles eléctricos y mecánicos).

Aplicación del análisis de criticidad

Tabla 3-36 Análisis de criticidad de equipos civiles

ANÁLISIS DE CRITICIDAD			FACTORES EVALUADOS																		CRITICIDAD	MODELO DE MANTENIMIENTO		
CÓDIGO	ACTIVOS CIVILES	MEDIO AMBIENTE			SEGURIDAD			CALIDAD			TIEMPO DE TRABAJO			IMPACTO OPERACIONAL			FIABILIDAD			MANTENIBILIDAD				
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A			B	C
M06-010	S.S.H.H. DE HOMBRES		X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO	
M06-012	S.S.H.H. DE MUJERES		X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO	
M07-002	SALÓN ROSADO			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M07-004	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M07-010	ARCHIVO 1			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M07-122	HALL DE INGRESO PLANTA ALTA			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M07-124	PASILLOS PLANTA ALTA			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M07-900	EDIFICIO M07: CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M07-910	GRADAS DE LA PLANTA BAJA			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M07-930	CISTERNA		X			X			X			X			X			X		X		IMPORTANTE	MODELO BÁSICO	
M08-002	AULA 002			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M10-002	LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M10-004	LABORATORIO DE TRIBOLOGÍA			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M10-006	LABORATORIO DE PROTOTIPADO CAD-CAM			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M10-010	LABORATORIO DE MATERIALES			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M10-920	ASCENSOR DEL EDIFICIO DECANATO Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA			X		X			X			X			X		X		X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO	
M24-010	AUDITORIO			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M24-900	EDIFICIO M24: AUDITORIO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M28-002	ÁREA DE PRÁCTICA			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M28-004	S.S.H.H.			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M28-006	BODEGA 1			X			X			X			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO

Fuente. Autores

Tabla 3-37 Análisis de criticidad de activos de Edificios

ANÁLISIS DE CRITICIDAD		FACTORES EVALUADOS												CRITICIDAD	MODELO DE MANTENIMIENTO
CODIGO	ACTIVOS DE LOS EDIFICIOS	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE			IMPACTO OPERACIONAL			CALIDAD DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE			MANTENIMIENTO				
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
M07-930-C-CS	Cisterna del Edificio M07		X				X			X			X	PRECINDIBLLE	MODELO BÁSICO
M07-930-M-BB	Bomba de la cisterna del Edificio M07		X				X			X			X	PRECINDIBLLE	MODELO BÁSICO
M07-930-M-SH	Tanque de presión de la cisterna del Edificio M07		X				X			X			X	PRECINDIBLLE	MODELO BÁSICO
M10-920-M-EC	Ascensor electromecánico del Edificio M10		X				X			X	X			CRÍTICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M10-920-M-ME	Motor del ascensor electromecánico del Edificio M10		X				X			X	X			CRÍTICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M10-920-M-RD	Reductor del ascensor electromecánico del Edificio M10		X				X			X	X			CRÍTICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M10-920-M-ST	Sistema de transmisión por cable del ascensor electromecánico del Edificio M10		X				X			X	X			CRÍTICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M10-920-M-TC	Tablero de control del ascensor electromecánico del Edificio		X				X			X	X			CRÍTICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M10-012-C-CU	Cuarto Hidroneumático		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-M-BB	Bomba del sistema contra incendio		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-M-SH	Tanque de presión del sistema contra incendio		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-E-TC	Tablero de control del sistema contra incendio		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-M-MQ	Tuberías, válvulas y accesorios del sistema contra incendio		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-M-BB	Bomba del sistema de bombeo hidroneumático		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-M-SH	Tanque hidroneumático del sistema de bombeo		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-M-TC	Tablero de control del sistema de bombeo hidroneumático		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M10-012-M-MQ	Tuberías, válvulas y accesorios del sistema de bombeo hidroneumático		X				X			X	X			IMPORTANTE	MODELO BÁSICO

Fuente: Autores

Tabla 3-38 Análisis de criticidad de activos de Laboratorios

ANÁLISIS DE CRITICIDAD		FACTORES EVALUADOS												CRITICIDAD	MODELO DE MANTENIMIENTO
CODIGO	ACTIVOS DE LOS LABORATORIOS	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE			IMPACTO OPERACIONAL			CALIDAD DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE			MANTENIMIENTO				
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
M-L115-002-T-MT	Módulo didáctico para el proceso de llenado de envases			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L115-002-M-BB	Bomba centrífuga del módulo didáctico para el proceso de llenado de envases			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L115-002-M-ST	Mecanismo de transmisión por banda del módulo didáctico para el proceso de llenado de envases			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L115-002-E-ME	Motor electrico 110 VAC del módulo didáctico para el proceso de llenado de envases			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L115-002-M-RD	Reductor de velocidad del módulo didáctico para el proceso de llenado de envases			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L115-002-M-ST	Mecanismo de transmisión rueda dentada-cadena del módulo didáctico para el proceso de llenado de envases			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L115-002-E-TC	Tablero de control del módulo didáctico para el proceso de llenado de envases			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-001-T-MT	Módulo motor-generator			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-001-E-ME	Motor eléctrico Weg-22 de 5 HP del módulo motor-generator			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-001-E-GE	Generador STAMFORD del módulo motor-generator			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-001-M-ST	Eje de transmisión del módulo motor-generator			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-001-E-TC	Tablero de control del módulo motor-generator			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-001-E-VF	Variador de frecuencia AF-60 LP del módulo motor-generator			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-023-I-CG	Cámara termográfica FLIR E5			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-024-I-VC	Vibra CHECK ABG 200			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-025-K-AM	Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica FLUKE 435-II			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L130-026-I-AL	Alineador laser FAG ACIDA			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L155-004-M-EB	Esmeril 2367		X			X				X		X		IMPORTANTE	MODELO BÁSICO
M-L155-006-M-FR	Fresadora			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L155-006-E-ME	Motor de la fresadora 11244			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L155-006-M-RD	Caja de velocidades engranajes de la fresadora 11244			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L155-006-E-TC	Tablero de control de la fresadora 11244			X			X			X			X	PRESCINDIBLE	MODELO BÁSICO
M-L155-014-M-TO	Torno		X			X			X		X			CRITICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M-L155-014-E-ME	Motor del torno Storebro 1937		X			X			X		X			CRITICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M-L155-014-M-RD	Caja de velocidades (norton) del torno Storebro 1937		X			X			X		X			CRITICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M-L155-014-E-TC	Tablero de control del torno Storebro 1937		X			X			X		X			CRITICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD
M-L155-014-M-ST	Sistema de transmisión por bada del torno Storebro 1937		X			X			X		X			CRITICO	MODELO DE MEDIA DISPONIBILIDAD

Fuente: Autores

En el caso de estudio, se obtuvo que entre los equipos críticos se encuentren los tornos y el ascensor.

La mayoría de los equipos tanto civiles, mecánicos y eléctricos representan un riesgo prescindible.

Estudio de las consecuencias de fallo

Una vez que se realizó el análisis de criticidad se puede determinar el tipo de fallo, la descripción del fallo, el modo de fallo, y la clasificación del fallo en el caso de estudio los equipos analizados tienen un modelo básico dentro de este no se estudia la clasificación del fallo. Como se muestra en la **Tabla 3-39 y 3-40**.

En el caso de ascensor y tornos se obtuvo un modelo de media disponibilidad, en donde se deben estudiar la clasificación del fallo que puede ser:

- ✓ **A evitar:** cuando los fallos son funcionales es decir la máquina deja de cumplir la función para la cual fue adquirida
- ✓ **A amortiguar:** cuando los fallos son técnicos es decir la máquina sigue cumpliendo la función para la cual fue adquirida a pesar del fallo parcial que esta pueda tener.

Como se puede observar en la **Tabla 3-41** en el estudio de consecuencia de fallo se obtuvo fallos funcionales por tal motivo la consecuencia del fallo es a evitar.

Para poder determinar si un fallo es funcional o técnico tenemos que buscar una fuente que nos permita estudiar el historial de los equipos las mis pueden ser:

- ✓ Bitácoras del equipo (historial de fallas)
- ✓ Operadores del equipo en el caso de estudio técnico docente responsable de la máquina y personal que ocupa a diario el ascensor.
- ✓ Personal de mantenimiento.
- ✓ Documentación técnica del equipo.

Tabla 3-39 Estudio de las consecuencias de fallo de equipos civiles.

CÓDIGO	EQUIPO	DESCRIPCION DE FALLO	TIPO DE FALLO	DESCRIPCION DEL MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN
C-CU	Aula, Laboratorio etc.	No presta condiciones de alojamiento y confort para estudiantes y equipos de laboratorio	Funcional	✓ Piso y cielo raso deteriorados Rotura en ventanas y puertas	No se estudia
C-BÑ	S.S.H.H	No presta condiciones de confort para los estudiantes y personal docente etc.	Funcional	✓ Piso y cielo raso deteriorados - Rotura en ventanas y puertas -Instalaciones hidrosanitarias en mal estado	No se estudia
C-CU	Edificio	No presta condiciones de confort para los estudiantes, docentes y personal administrativo	Funcional	✓ Pintado del exterior del edificio deteriorado	No se estudia
C-CB	Cubierta	No presta condiciones de seguridad a las personas y equipos dentro de cada edificio	Funcional	✓ Cubierta y base estructural deteriorados	No se estudia
C-CN	Canaletas agua	No presta condiciones de seguridad e higiene para los usuarios	Funcional	✓ Canaletas de agua taponadas	No se estudia
C-GR	Gradas	No prestan condiciones de seguridad para el personal administrativo y estudiante	Funcional	✓ Piso y pasamanos en mal estado	No se estudia
C-FA	Fachada	No prestan condiciones de confort	Funcional	✓ Exteriores del edificio en mal estado	No se estudia
C-HA	Hall	No presta condiciones de confort, seguridad y alojamiento	Funcional	✓ Roturas de puertas y ventanas Piso y cielo raso en mal estado	No se estudia
C-CS	Cisterna	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Paredes y piso deterioradas Tapa de la cisterna en mal estado	No se estudia

E-IL	Iluminación	No presenta condiciones de confort y alojamiento	Funcional	✓ Lámparas rotas	No se estudia
E-IN	interruptores	No presenta condiciones de servicio	Funcional	✓ Interruptor en mal estado	No se estudia
E-TM	Tomacorrientes	No presenta condiciones de servicio	Funcional	✓ Tomacorriente sin intensidad	No se estudia
E-CB	Caja de breakers	No presenta condiciones de seguridad y servicio	Funcional	✓ Terminales flojos	No se estudia
E-LE	Lámparas de emergencia	No cumple la función requerida	Funcional	✓ Lámpara en mal estado	No se estudia
S-CV	Cámara de vigilancia	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Cámara de vigilancia trizado	No se estudia
S-ET	Extintor	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Extintor caducado	No se estudia
S-SH	Sensor de humo	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Sensor de humo en mal estado	No se estudia
S-SM	Sensor de movimiento	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Sensor de movimiento en mal estado	No se estudia
S-BT	Botón de accionamiento de alarma contraincendios	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Botón enclavado	No se estudia
S-HD	Hidrante	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Hidrante con fugas	No se estudia
D-RB	Reloj biométrico	No presenta condiciones de seguridad	Funcional	✓ Reloj Biométrico en mal estado	No se estudia

Fuente: Autores

Tabla 3-40 Estudio de las consecuencias de fallo de equipos mecánicos y electricos

CÓDIGO	EQUIPO	DESCRIPCION DE FALLO	TIPO DE FALLO	DESCRIPCION DEL MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN
T-MT	Módulo didácticos	Los módulos didácticos no cumplen su función	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terminales de tableros desgastados ✓ Conexiones deterioradas 	No se estudia
M-ST-9	Mecanismo de transmisión piñón-cremallera	No existe trasmisión de potencia	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dientes del piñón y cremallera se encuentran desgastados 	No se estudia
M-ST-3	Mecanismo de transmisión catalina-cadena	No existe trasmisión de movimiento y fuerza	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desgaste de los dientes de la catalina ✓ Pasadores de la cadena flojos ✓ Eslabones desgastados 	No se estudia
M-ST	Mecanismo de transmisión tuerca-tornillo	Elementos de la trasmisión separados	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aislamiento de la rosca de la tuerca ✓ Pandeo del tornillo 	No se estudia
E-TC	Tablero de control	La conexiones eléctricas no funciona de manera adecuada	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los pulsantes del tablero de control se encuentran en mal estado 	No se estudia
M-BB-2	Bomba centrífuga	No entrega el caudal adecuado No enciende	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Impulsor desgastado ✓ Devanados quemados 	No se estudia
M-ST-2	Mecanismo de transmisión por banda	Trasmisión de movimiento inadecuado	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desalineamiento de poleas ✓ Banda desgastadas ✓ Poleas flojas 	No se estudia
E-ME-1	Motor Eléctrico	No enciende el motor	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema eléctrico deteriorado ✓ Bobinado quemado ✓ Terminales rotos o flojos 	No se estudia

M-ST-5	Mecanismo de transmisión biela-manivela	No existe transmisión de movimiento y potencia	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bulón desgastado ✓ Falta de lubricación ; 	No se estudia
M-RD-1	Reductor de velocidad	No transmite potencia	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tren de engranajes desgastados ✓ Falta de lubricación ✓ Engranajes flojos 	No se estudia
E-FB	Fuente reguladora de voltaje	Regulador de voltaje no enciende	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fusible quemado ✓ Terminales flojos ✓ Bobinados quemados 	No se estudia
M-VV	Ventilador 12V	Ventilador no funciona	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fusibles quemados ✓ Terminales flojos 	No se estudia
E-TR-1	Transformador de voltaje	Trasformador de voltaje no enciende	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termínale flojos ✓ Fusibles quemados ✓ Bobinados quemados 	No se estudia
E-CB-1	Caja de Breaker simple	Breaker enclavado	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terminales fusionados 	No se estudia
E-VF-1	Variador de frecuencia	No enciende el variador	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tarjeta electrónica quemada ✓ Fusible quemado ✓ Terminales flojos 	No se estudia
E-IM-1	Interruptor magnético	No funciona el interruptor magnético	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pulsador enclavado ✓ Resorte en mal estado 	No se estudia
M-VV-4	Ventilador industrial	Ventilador no enciende	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terminales flojos ✓ Bobinados quemados 	No se estudia
E-CR-3	Caja de Resistencias de potencia	No funciona el banco de resistencias	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resistencias quemadas ✓ Terminales rotos o flojos 	No se estudia
E-AR-1	Arrancador	No cumple la función requerida	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Botones sucios ✓ Muelle en mal estado ✓ Contactos flojos 	No se estudia
M-EQ-1	Tuberías, válvulas y accesorio	Filtraciones y goteos de fluidos	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Roscas deterioradas ✓ Accesorios en mala estado Tuberías cavitadas 	No se estudia

M-GE-1-2	Alternador	No genera electricidad	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Devanados quemados ✓ Escobillas desgastadas ✓ Contactos flojos 	No se estudia
M-CP-2	Compresor	No genera aire comprimido	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Filtro de aire sucio ✓ Anillos de pistón desgastado ✓ Banda rota ✓ Poleas flojas ✓ Exceso de condensado en el tanque 	No se estudia
E-DI	Panel de disyuntores	No funciona el Panel de disyuntores	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bobinas quemadas; Muelle en mal estado; Terminales flojos; 	No se estudia
I-CG	Cámara termográfica	Lecturas erróneas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lente defectuoso ✓ Software desactualizado 	No se estudia
I-VC	Vibra CHECK	Emisión de espectros erróneos	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sensores descalibrados Terminales flojos ✓ Cables transmisores deteriorados Software desactualizado 	No se estudia
K-AM	Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica	Mediciones erróneas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sensores dañados ✓ Terminales desajustados ✓ Sensores sucios 	No se estudia
I-AL	Alineador laser	No existe emisión de haz de luz	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lente dañado ✓ Lente sucio ✓ Terminales flojos 	No se estudia
I-EU	Ultraprobe (ultrasonido)	Espectros defectuosos	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sensores dañados ✓ Terminales desajustados ✓ Sensores sucios 	No se estudia
I-FE	Detector de fugas eléctricas	No detecta presencia de electricidad	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terminales flojos ✓ Sensores sucios, 	No se estudia
K-AM-11	Anemómetro digital	Proporciona Lectura erróneas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terminales flojos ✓ Cables deteriorados ✓ Sensor dañado 	No se estudia
K-AM-12	Termómetro digital	Emite Mediciones erróneas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lente sucio, ✓ Sensor dañado 	No se estudia

I-AP	Alineador de poleas	No realiza el alineamiento adecuado	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mecanismos flojos ✓ Lente sucio ✓ Lente defectuoso 	No se estudia
K-AM-13	Tacómetro digital	Emite Mediciones erróneas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sensor flojo ✓ Mecanismos dañados ✓ Sensor dañado ✓ Equipo sucio 	No se estudia
I-LS	Lámpara Estroboscópica	Emite Mediciones erróneas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lente sucio ✓ Sensor dañado 	No se estudia
E-VF	Variador de frecuencia	No controla adecuadamente el motor	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terminales flojos ✓ Tarjeta electrónica sulfatada Cables de conexión dañados 	No se estudia
E-TR	Transformador	Aumento deficiente de corriente	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bobinado quemado ✓ terminales en mal estado ✓ Núcleo sucio 	No se estudia
M-IC	Calefactor	No aumenta la temperatura ambiental	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ventilador dañado ✓ Cables quemados, ✓ Niquelina quemada 	No se estudia
M-TC	Tensor de correas	No realiza el torque adecuado	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mecanismos flojos ✓ Equipo sucio, 	No se estudia
E-RV	Regulador de voltaje electrónico	no existe corte de picos	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bobinado dañado ✓ Terminales flojos ✓ Suciedad en el núcleo 	No se estudia
M-ST-6	Transmisión por engranajes	No existe transmisión de potencia	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dientes de engranaje desgastados ✓ Engranajes flojos ✓ Desalineamiento de engranajes Falta de lubricación ✓ Suciedad en el tren. 	No se estudia
X-ID	Impresora 3D	Mal mecanizado de partes	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cables de transmisión dañados Mala calibración de ejes de corte Suciedad en los terminales 	No se estudia

M-CT	Sierra - para cortar metal	Cortes mal ejecutados	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sierra sin dientes de corte ✓ Pernos de arco flojos ✓ Falta de lubricación ✓ Sierra con escoria 	No se estudia
M-EB	Esmeril	Falta de velocidad en los discos de desbaste	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eje flojo ✓ Bobinados quemados ✓ Suciedad en el núcleo 	No se estudia
M-LI	Limadora de precisión	Trabajos de terminado mal ejecutados	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mordaza de sujeción floja ✓ Mesa desgastada ✓ Husillo flojo ✓ Torpedo en mal estado 	No se estudia
M-FR	Fresadora	Trabajos mecanizados mal	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Árbol del motor flojo ✓ Mesa desgastada ✓ Husillo flojo ✓ Motor en mal estado 	No se estudia
M-TA	Taladro radial	Perforaciones mal realizadas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Banda de transmisión floja, mandril desgastado, mesa sucia. 	No se estudia
M-CT	Sierra sin fin para metales	Cortes mal realizados	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Motor en mal estado ✓ Sierra sin fin desgastada ✓ Mordaza floja 	No se estudia
M-AU	Afiladora Universal	Trabajos de terminado mal ejecutados	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mordaza de sujeción floja ✓ Mesa desgastada ✓ Husillo flojo ✓ Torpedo en mal estado 	No se estudia
M-LI	Limadora (rectificadora)	Trabajos de presión con errores	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Árbol del motor flojo ✓ Caja de velocidad desgastada ✓ Eje de reglaje desgastado 	No se estudia
M-TO	Torno	Trabajos de desbaste con fallas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Husillo flojo ✓ Torreta en mal estado ✓ Mecanismos de transmisión de potencia desgastados ✓ Guías de carros desgastados 	No se estudia

Fuente: Autores

Tabla 3-41 Estudio de las consecuencias de fallo de equipos criticos.

CÓDIGO	EQUIPO	DESCRIPCION DE FALLO	TIPO DE FALLO	DESCRIPCION DEL MODO DE FALLO	CLASIFICACION DE FALLO
M10-920-M-EC	Ascensor electromecánico del Edificio M10				
M10-920-M-TC	Tablero de control	La conexiones eléctricas no funciona de manera adecuada	Funcional	✓ Los pulsantes del tablero de control se encuentran en mal estado	A evitar
M10-920-M-ST	Mecanismo de trasmisión por cable del ascensor	No existe transmisión de potencia	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Poleas desalineadas ✓ Poleas desajustadas ✓ Falta de lubricación 	A evitar
M10-920-M-ME	Motor Eléctrico	No enciende el motor	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema electico deteriorado ✓ Bobinado quemado ✓ Terminales rotos o flojos 	A evitar
M10-920-M-RD	Reductor de velocidad	No trasmite potencia	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tren de engranajes desgastados ✓ Falta de lubricación ✓ Engranajes flojos 	A evitar
M-L155-M-TO	Torno	Trabajos de desbaste con fallas	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Husillo flojo ✓ Torreta en mal estado ✓ Mecanismos de transmisión de potencia desgastados ✓ Guías de carros desgastados 	A evitar
M-L155-E-ME	Motor del torno Storebro 1937	No enciende el motor	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema electico deteriorado ✓ Bobinado quemado ✓ Terminales rotos o flojos 	A evitar
M-L155-M-RD	Caja de velocidades (norton) del torno Storebro 1937	No reduce la velocidad de maquinado	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Engranajes desgastados ✓ Engranajes desalineados ✓ Tornillo de sujeción de engranaje flojo ✓ Falta de lubricación 	A evitar
M-L155-E-TC	Tablero de control del torno Storebro 1937	La conexiones eléctricas no funciona de manera adecuada	Funcional	✓ Los pulsantes del tablero de control se encuentran en mal estado	A evitar
M-L155-M-ST	Sistema de trasmisión por banda del torno Storebro 1937	Trasmisión de movimiento inadecuado		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desalineamiento de poleas ✓ Banda desgastadas ✓ Poleas flojas 	A evitar

Fuente: Autores

Plan de Mantenimiento:

Una vez que se realizó el inventario y análisis de criticidad, el siguiente paso a seguir es la realización del plan de mantenimiento para infraestructura civil y equipos de laboratorio (**Ver anexo E y F**) mismo que cuenta con componentes como:

- ✓ **Tareas:** se establecen tareas para cada uno de los equipos ya sean civiles eléctricos o mecánicos de acuerdo a la necesidad del mismo para este caso se han asignado tareas que sean factibles para los equipos y para el personal a cargo de los equipos.
- ✓ **Frecuencias:** en el caso de estudio se asignó frecuencias de ejecución, las cuales puedan ser realizadas a inicio o final de cada semestre, tomando como referencia para infraestructura civil el último día de ejecución de mantenimiento, que se dio durante las dos primeras semanas del mes de mayo del año en curso según información del DMDF, y para equipos mecánicos y eléctricos las últimas semanas de abril.
- ✓ **Personal especializado:** para este ítem en el caso de infraestructura civil el departamento encargado de designar el especialista adecuado para la realización de la tareas de mantenimiento es el DMDF, en equipos mecánicos y eléctricos de laboratorios sería el técnico docente a cargo del mismo.

En las **Tabla 3-42** se muestra un ejemplo del plan de mantenimiento de infraestructura civil para el Edificio M10, y en la **Tabla 3-43** el plan de mantenimiento para equipos eléctricos y mecánicos del Laboratorio ML130, en donde se puede observar, el código y descripción del equipo, código y descripción de tarea de mantenimiento, la frecuencia para la realización de la tarea, la fecha próxima para la ejecución del plan, el especialista que como ya mencionó anteriormente en el caso de infraestructura civil es un técnico del DMDF, y en el caso de los equipos de laboratorios es el técnico docente a cargo del laboratorio.

Tabla 3-42 Ejemplo plan de mantenimiento infraestructura civil del edificio M: 10

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA INFRAESTRUCTURA CIVIL DEL EDIFICIO M: 10							
Código Equipo	Equipo	Código de tarea	Tarea	Frecuencia	Fecha próxima de ejecución	Especialista	
M-10-002-CCU01	Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	T:C07	Inspección del estado de paredes, puertas, ventanas, piso y cielo raso	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-CCU02	Oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	T:C07	Inspección del estado de paredes, puertas, ventanas, piso y cielo raso	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-CCU03	Bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	T:C07	Inspección del estado de paredes, puertas, ventanas, piso y cielo raso	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-ECB02	Caja de breakers de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (16 breakers)	T:C04	Inspección del estado del centro de carga del edificio	364 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-EIL01	Iluminación del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (17 Lámparas fluorescentes 3x32W)	T:C01	Inspección del estado de las lámparas	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-EIL02	Iluminación de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (2 Lámparas fluorescentes 3x32W)	T:C01	Inspección del estado de las lámparas	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-EIL03	Iluminación de la bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (4 Lámparas fluorescentes 3x17W)	T:C01	Inspección del estado de las lámparas	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-EIN01	Interruptor del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (1 doble)	T:C01	Inspección del correcto funcionamiento del interruptor	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-EIN02	Interruptor de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (1 simple)	T:C01	Inspección del correcto funcionamiento del interruptor	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-EIN03	Interruptor de la bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (1 simple)	T:C01	Inspección del correcto funcionamiento del interruptor	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-ETM01	Tomacorrientes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (10 de 110V, 9 de 220V monofásico, 2 de 220V trifásico)	T:C02	Verificación del correcto funcionamiento del tomacorriente	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-ETM02	Tomacorrientes de la oficina de docentes del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (5 de 110V)	T:C02	Verificación del correcto funcionamiento del tomacorriente	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-ETM03	Tomacorrientes de la bodega del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (3 de 110V)	T:C02	Verificación del correcto funcionamiento del tomacorriente	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-SCV01	Cámaras de vigilancia del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética (2 cámaras de vigilancia)	T:C01	Verificación del funcionamiento de la cámara de vigilancia	182 Días	15/11/2018	Técnico DMDF	del
M-10-002-SET01	Extintor 1 tipo ABC del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética	T:C01	Inspección del estado de la carga del extintor	182 Días	08/11/2018	Técnico DMDF	del

Fuente: Autores

Tabla 3-43 Plan de mantenimiento para equipos mecánicos y eléctricos del ML130

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE LABORATORIO ML:130						
Código del Equipo	Equipo	Código de tarea	Tarea	Frecuencia	Fecha próxima de ejecución	Especialista
M-L130-001-EGE01	Generador STAMFORD del módulo motor-generator	T:C02	Comprobar estado de carcasa generador y sist. de ventilación	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
		T:E04	Limpieza exterior e interior (carcasa devanados).	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
M-L130-001-EME01	Motor eléctrico Weg-22 de 5 HP del módulo motor-generator	T:C02	Comprobar estado de carcasa motor y sistema de ventilación	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
		T:E03	Comprobar y ajustar conexiones en borneras	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
		T:E04	Limpieza exterior e interior (carcasa-devanados)	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
M-L130-001-ETC01	Tablero de control del módulo motor-generator	T:C02	Inspección y ajuste de conexiones	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
		T:E01	Limpieza de los componentes del tablero	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
M-L130-001-EVF01	Variador de frecuencia AF-60 LP del módulo motor-generator	T:E01	Ajuste de terminales	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
		T:F01	Cambio de fusibles y tarjeta electrónica	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
M-L130-001-MST01	Eje de transmisión del módulo motor-generator	T:C06	Inspección del estado del mecanismo de trasmisión	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
		T:E05	Limpieza y lubricación del sistema de trasmisión	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
M-L130-001-TMT01	Módulo motor-generator	T:C01	Inspección de correcto funcionamiento de los módulos de practicas	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio
		T:E01	Limpieza de los módulos de practicas	182 Días	22/10/2018	Técnico docente encargado del laboratorio

Fuente: Autores

3.3 Capacitación al personal responsable de la gestión de mantenimiento

Con el programa de capacitación se pretende instruir al personal a cargo del mantenimiento de infraestructura civil como es el DMDF, equipos eléctricos y mecánicos cuyos responsables son los técnicos docentes de cada laboratorio del caso de estudio, acerca del manejo del software empleado para la realización del plan de mantenimiento como es SisMAC, desarrollando la gestión de mantenimiento con herramientas informáticas y tecnológicas dentro de la ESPOCH. En la **Tabla 3-44** se presentan los datos generales de la capacitación.

Tabla 3-44 Datos generales del programa de capacitación

FACULTAD	MECÁNICA	
CARRERA	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO	
SEDE	ESPOCH	
TEMA	SISTEMA DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR	
TIEMPO DE CAPACITACION	DIRIGIDO A:	IMPARTIDO POR
10 horas	PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA	CARMEN MOYÓN GABRIELA RUIZ

Fuente: Grupo de investigación "Gestión del mantenimiento"

3.3.1 Cumplimiento del plan de capacitación

Para desarrollar el plan de capacitación se desarrolló los siguientes parámetros:

Cronograma: se efectuó un cronograma con los temas a ser tratados con el personal técnico y administrativo. Como se muestra en la **Tabla 3-45**.

Tabla 3-45 Temas tratados durante la capacitación de manejo de software

FECHA	TEMAS
2018-10-02	1. Introducción al software SisMAC 2. Visualización de activos en la base de datos del software.
2018-10-03	3. Generación y recepción de solicitudes de trabajo 4. Generación de órdenes de trabajo correctivas
2018-10-04	5. Generación de solicitud de materiales 6. Generación de órdenes de trabajo preventivas

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del mantenimiento”

Metodología: durante la capacitación se empleó métodos pedagógicos y didácticos como son: exposición por parte de instructores y la intervención de cada uno de los participantes, además se emplearon herramientas audiovisuales como sustento para el proceso de aprendizaje

Recursos: se les entregó un manual de aprendizaje en donde se detalla paso a paso la utilización del software, se utilizaron como recursos reales una computadora, un proyector, y los mismos instructores.

En el Anexo H. se muestra las evidencias de capacitación al personal técnico y administrativo.

CAPÍTULO IV

4. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO)

Introducción

Para implementar GMAO en la ESPOCH dentro de la Facultad de Mecánica se ha optado por el software SisMAC ya que es un software muy versátil y reconocido a nivel nacional, así mismo su uso no es complicado y es de fácil entendimiento para diferentes profesionales y no profesionales en el campo, se ha tenido contacto con su proveedor, quien supo indicar que SisMAC tiene implementaciones por más de catorce años en gestión de mantenimiento, en distintos activos físicos como: edificios, equipos eléctricos, mecánicos, electrónicos, etc. Es decir SisMAC tiene gran experiencia en la gestión de mantenimiento.

4.1 Implementación del Software SisMAC

Para adquirir los conocimientos indispensables para el manejo del software se tuvo distintas capacitaciones con los proveedores de SisMAC, en donde se logró conocer los diferentes módulos y funciones del software.

4.1.1 Inicio de sesión en SisMAC

Para tener acceso a la sesión de trabajo del software se debe tener un computador con internet ya que se trabaja desde la nube y se puede ingresar sin complicación alguna, se ingresa a la sesión de trabajo digitando la página web <https://cloud.sismac.net/>, donde genera una pantalla que pide ingresar usuario y contraseña como se observa en la **Figura 4-1**

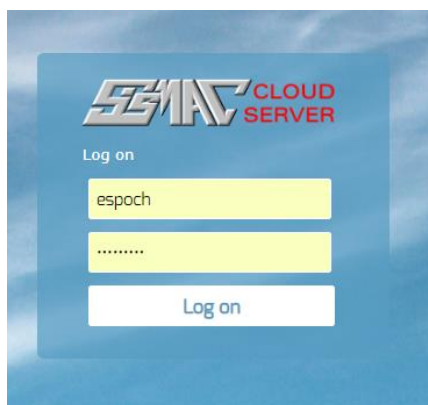


Figura 4-1 Inicio de sesión SisMAC
Fuente: Software SisMAC

Una vez ingresado el usuario y contraseña que solicita se abre una nueva pantalla en donde nuevamente pide usuario y contraseña como se muestra en la **Figura 4-2** pero esta vez es del responsable de cada sistema con funciones específicamente asignadas de acuerdo a su rol, dependiendo del tipo de usuario que va a ingresar éste tendrá diferentes restricciones ya que el software permite limitar al personal trabajar solamente en el área que le corresponde.



Figura 4-2 Inicio de la sesión de trabajo SisMAC
Fuente. Software SisMAC

4.1.2 Representación general del software SisMAC

Una vez iniciada la sesión de trabajo aparece la ventana principal del Software SisMAC donde se puede visualizar el menú de opciones del mismo, en la parte superior izquierda se puede visualizar el ícono de vista global que permite observar la pantalla general del software. Como se muestra en la **Figura 4-3**.

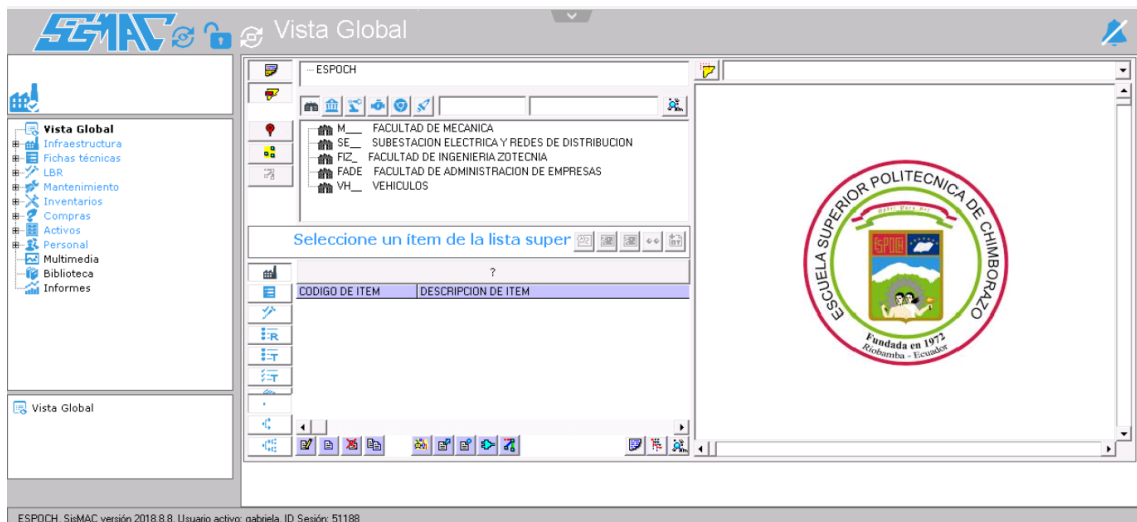


Figura 4-3 Vista global del Software

Fuente: Software SisMAC




En la opción vista global se pueden observar los distintos módulos y al dar doble clic se tendrán los sub-módulos: parámetros ingreso y consulta en los que se puede trabajar. Como se muestra en la **Figura 4-4**.



Figura 4-4 Módulos de trabajo del software

Fuente: Software SisMAC

En la selección de los módulos se despliegan sub-módulos secundarios para el ingreso de datos en el SisMAC, como se muestra en la **Figura 4-5**.

	Editar
	Nuevo
	Eliminar




	Copiar
	Referencias graficas
	Mover
	Ubicar
	Suspender
	Referencias de ubicación

Figura 4-5 Sub-módulos de trabajo del software
Fuente: Autores

4.1.3 Ingreso de datos en el SisMAC.

Para ingresar datos en SisMAC, previamente se debe realizar la recolección de los mismos es decir un inventario técnico de las instalaciones a ser mantenidas, en éste caso de las edificaciones de la Escuela de Ingeniería Industrial, Auditorio, Taller de Máquinas herramientas y Decanato de la Facultad de Mecánica, ya sean de equipos civiles, mecánicos y eléctricos. Para esto el software permite jerarquizar en seis niveles a cada uno de los equipos a ser mantenidos. Como se muestra en la **Figura 4-6**.

NIVEL	NOMBRE
1	Localización
2	Área
3	Sistema
4	Equipo
5	Componente
6	Elemento

Figura 4-6 Niveles en los que permite jerarquizar SisMAC
Fuente. Autores

El procedimiento que se sigue para el ingreso de los datos es el siguiente:

- ✓ Para ingresar la localización se da clic en el ícono vista global al lado izquierdo de la pantalla.
- ✓ Clic en el sub-módulo nuevo, aparece una ventana en donde se ingresa la localización para el caso de estudio Facultad de Mecánica con su código M.
- ✓ Se da clic en el visto que se muestra en la parte inferior derecha y automáticamente se crea y se guarda la localización. Como se muestra en la **Figura 4-7**.

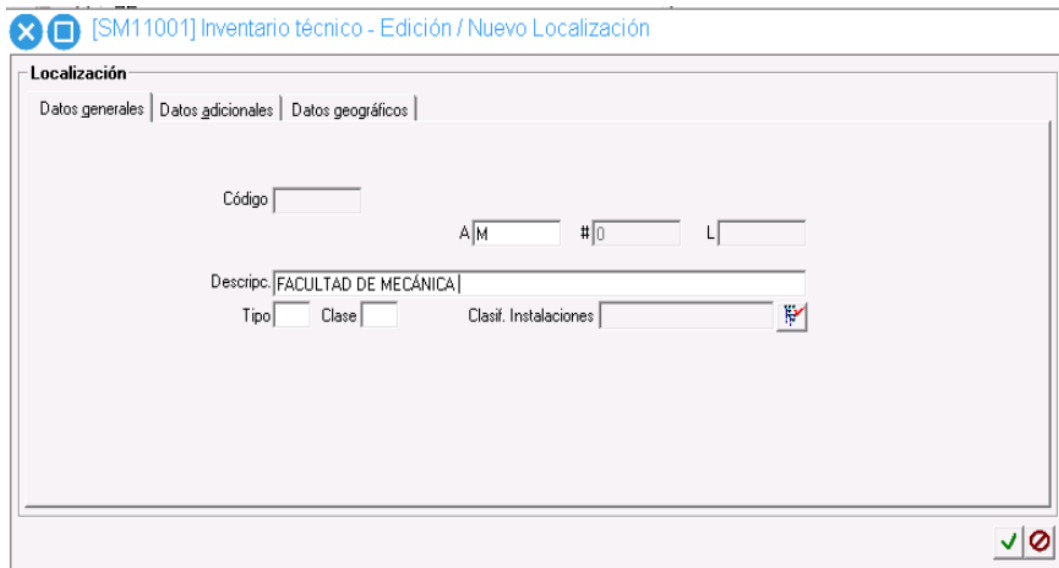


Figura 4-7 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de localización
Fuente: Software SisMAC

Con el procedimiento mencionado anteriormente dando doble clic en la localización Facultad de Mecánica se puede continuar ingresando el área que corresponde al nivel dos Como se muestra en la **Figura 4-8**.

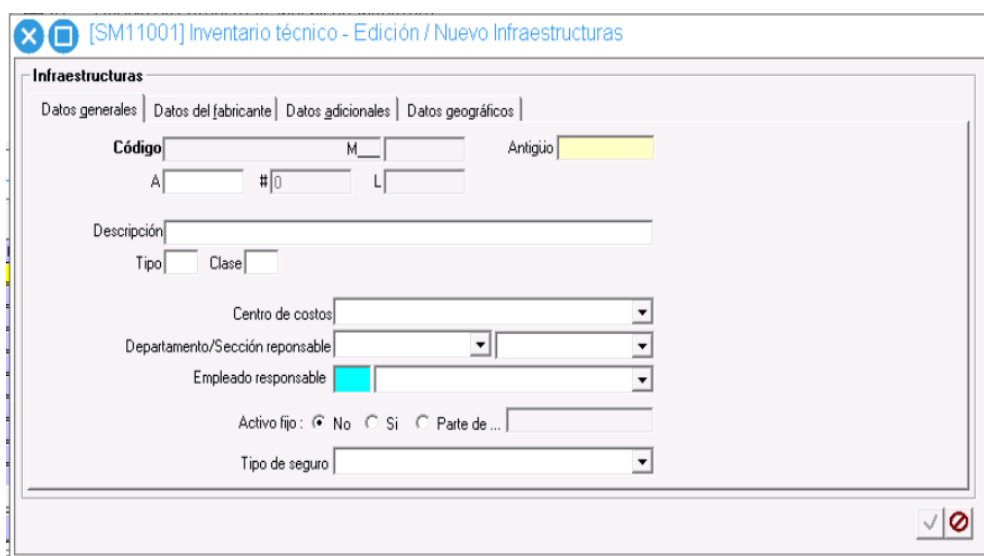


Figura 4-8 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de área
Fuente: Software SisMAC

Una vez creada el área, dar doble clic en la misma para continuar ingresando el tercer nivel que es el sistema. Como se muestra en la **Figura 4-9**.

Figura 4-9 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de sistema
Fuente: Software SisMAC

Para crear el cuarto nivel como es el de equipo en SisMAC automáticamente se presenta una nueva pantalla, la cual exige que se ingrese la familia, el tipo y la clase de equipo al que corresponde; una vez ingresado lo solicitado se continúa con la descripción del equipo. Como se muestra en la **Figura 4-10**.

Figura 4-10 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de equipo
Fuente: Software SisMAC.

Para el ingreso del quinto y sexto nivel se utiliza el procedimiento que se indica para el nivel uno; ingresando la descripción del componente y elemento del equipo (Ver **Figura 4-11** y **4-12**)

[SM11001] Inventario técnico - Edición / Nuevo Componente

Componente

Datos generales | Datos del fabricante | Datos adicionales

Código M__-06_-002_-CCU01 # 7

Descripción Componente #

Tipo Clase

Cantidad 0 Cód.Invt. ...

Departamento/Sección responsable

Empleado responsable

✓ ✗

Figura 4-11 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de componente
Fuente: Software SisMAC

[SM11001] Inventario técnico - Edición / Nuevo Elemento

Elemento

Datos generales | Datos del fabricante | Datos adicionales

Código M__-06_-002_-CCU01-0001 # 1

Descripción

Cantidad 0 Cód.Invt. ...

Departamento/Sección responsable

Empleado responsable

✓ ✗

Figura 4-12 Ventana que muestra el SisMAC para ingreso de elemento
Fuente: Software SisMAC.

Otra manera de ingresar datos al software, es mediante la importación o migración de datos desde el Excel, este método es el más utilizado, cuando se tiene una elevada cantidad de sistemas, se debe tener una plantilla la misma que se descarga directamente del software.

4.1.4 Asignación de tareas de mantenimiento

Con el inventario de equipos a ser mantenidos se asignan tareas, para la infraestructura civil, equipos mecánicos y eléctricos. Las tareas se han asignado a nivel de equipo para cada uno, para esta asignación se siguen los siguientes pasos:

- ✓ Se da clic en el equipo al cual se le va asignar la tarea.
- ✓ Seguidamente se da clic en el módulo tareas de mantenimiento asignadas.
- ✓ Clic en el ícono nuevo.
- ✓ Se selecciona el tipo de mantenimiento a realizar. Como se muestra en la **Figura 4-13**.

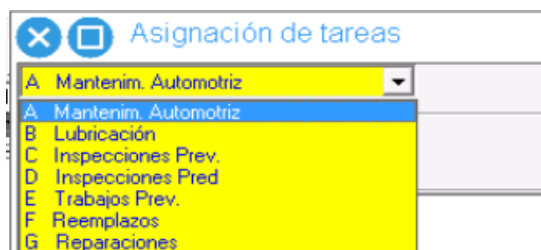


Figura 4-13 Tipos de mantenimiento del SisMAC
Fuente: Software SisMAC

- ✓ Seleccionado el tipo de mantenimiento que se va a realizar, automáticamente se despliega una lista de tareas para ser asignadas (**Ver Figura 4-14**), según el tipo de equipo y el tipo de mantenimiento, se asigna la tarea o tareas que se van a realizar.

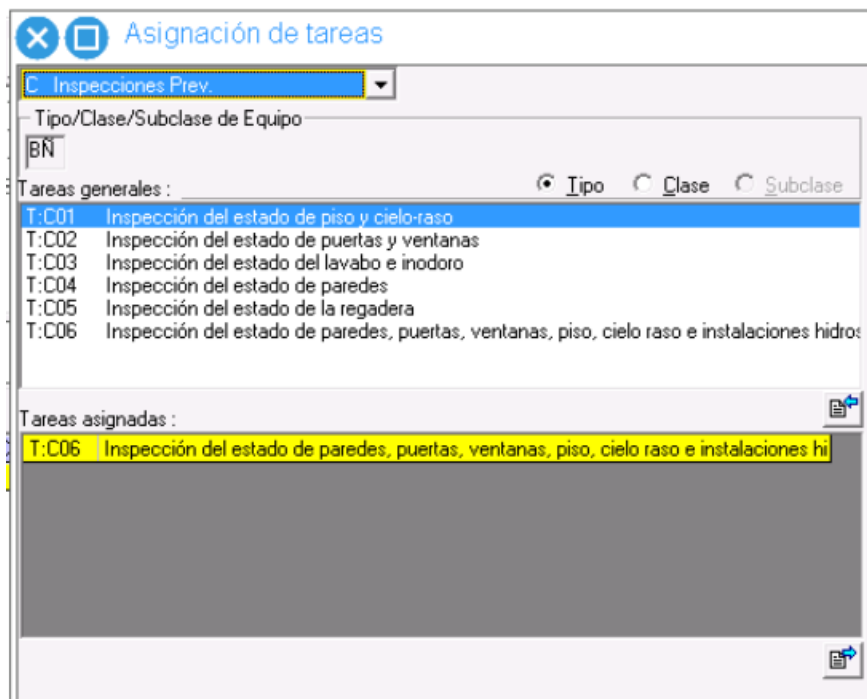


Figura 4-14 Tareas a ser asignadas según el tipo de mantenimiento
Fuente: Software SisMAC

Las tareas asignadas deben ser lo más precisas y claras; se deben considerar tareas que puedan cumplirse.

4.1.5 Programación de tareas de mantenimiento

Ya con las tareas asignadas en el software, se deben programar las frecuencias con las que se realizará cada tarea. Se pueden realizar a través de rutinas cíclicas y rutinas de servicio.

- ✓ Para dar la frecuencia a cada tarea de manera general se sigue los siguientes pasos:
- ✓ Se da clic en el equipo que se va a dar la frecuencia.
- ✓ Clic en el módulo tareas de mantenimiento asignadas.
- ✓ Clic en el sub-módulo editar automáticamente, se despliega una pantalla (Ver **Figura 4-15**)

Figura 4-15 Ventana para editar las frecuencias de las tareas
Fuente: Software SisMAC

Como se puede observar en la figura se tienen varias opciones para asignar las frecuencias, se pueden dar frecuencias en días o en semanas lo más aconsejable es que

se de en semanas, se digita la fecha de última ejecución y automáticamente SisMAC calcula la próxima fecha para la realización de la tarea o tareas para ese equipo.

SisMAC es un software muy versátil que nos permite asociar tareas convirtiéndose estas en rutinas de mantenimiento como se muestra en la **Tabla 4-1**. En el anexo H se muestra la lista de rutinas, que consisten en la asociación de las diferentes tareas establecidas dentro del plan de mantenimiento, las mismas que pueden ser:

Cíclicas: en el caso de estudio se aplicó este tipo de rutina a la infraestructura civil ya que se puede aplicar a varios sistemas.

De servicio: este tipo de rutina se puede aplicar a un solo sistema, en este caso se le aplico a los equipos de laboratorio.

Tabla 4-1 Ejemplo de rutinas de mantenimiento del Laboratorio ML130

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PARA LABORATORIO ML130								
Código de Infraestructura	Descripción de Infraestructuras	Código de Sistema	Descripción de Sistema	#R	Rutina	Frecuencia	Fecha última ejecución	Fecha próxima de Ejecución
M- L130	LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	001	MÓDULO MOTOR-GENERADOR DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	1	Mantenimiento del módulo motor-generador de las 26 semanas	182 Días	23/04/2018	22/10/2018
		002	MECANISMO BANDA-POLEAS.-DE SUJECIÓN TROQUELADA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	2	Mantenimiento del mecanismo banda-poleas de sujeción troquelada de las 26 semanas	182 Días	23/04/2018	22/10/2018
		003	MÓDULO DE RESISTENCIAS DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	3	Mantenimiento del módulo de resistencias de las 26 semanas	182 Días	23/04/2018	22/10/2018
		004	MÓDULO DE ALINEACIÓN DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	4	Mantenimiento del módulo de alineación de las 26 semanas	182 Días	23/04/2018	22/10/2018
		005	MÓDULO DE DESBALANCEO 01 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	5	Mantenimiento del módulo de desbalanceo 01 de las 26 semanas	182 Días	23/04/2018	22/10/2018
		006	MÓDULO DE RESONANCIA DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	6	Mantenimiento del módulo de resonancia de las 26 semanas	182 Días	24/04/2018	23/10/2018
		007	MÓDULO MOTOR-BOMBA 01 DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	7	Mantenimiento del módulo motor-bomba 01 de las 26 semanas	182 Días	24/04/2018	23/10/2018

Fuente. Autores

4.1.6 Generación de solicitudes y órdenes de trabajo

Dentro de la gestión de mantenimiento es muy importante la generación de solicitudes y órdenes de trabajo. Para este caso los directores de escuela y el decano son los encargados de generar solicitudes de trabajo si se presentara algún daño en la infraestructura civil de la edificación a su cargo. A su vez el Departamento de Mantenimiento y Desarrollo Físico (DMDF) serán los encargados de recibir tales solicitudes y generar la orden de trabajo respectiva para atender los requerimientos de la solicitud. Así también se generará la solicitud de trabajo respectiva dentro de los laboratorios, para esto el encargado será el técnico docente a cargo del mismo.

Solicitud de trabajo

Para generar una orden de trabajo se siguen los siguientes pasos:

- ✓ Se da doble clic en el módulo mantenimiento.
- ✓ Clic en el sub-módulo ingreso.
- ✓ Se busca la opción solicitud de trabajo y dar clic, automáticamente aparecerá la ventana para la creación de una nueva solicitud de trabajo (Ver **Figura 4-16**).

Figura 4-16 Ventana creación de nueva solicitud de trabajo

Fuente: Software SisMAC

Como se observa en la figura entre las cosas más importantes que se debe llenar son:

- ✓ La descripción del trabajo solicitado,
- ✓ Quién solicita,
- ✓ El motivo del daño,
- ✓ Una descripción adicional en donde se agrega lo que desee el solicitante,
- ✓ La prioridad que puede ser: normal, importante y urgente.

Se debe ingresar también quien emitió, la fecha y el destino.

Orden de trabajo

El software SisMAC ayuda con diferentes tipos de órdenes de trabajo como son (Ver **Figura 4-17**):

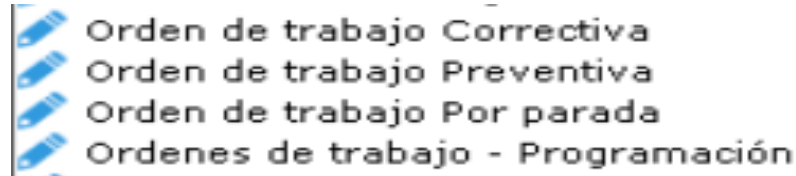


Figura 4-17 Tipos de órdenes

Fuente: Software SisMAC

Para generar una orden de trabajo se debe seguir los siguientes pasos:

- ✓ Se da doble clic en el módulo mantenimiento.
- ✓ Clic en el sub-módulo ingreso.
- ✓ Se busca el tipo de orden de trabajo que se desee generar, automáticamente aparecerá la ventana para la creación de una nueva orden de trabajo según su tipo. (Ver **Figura 4-18**; **4-19**; **4-20**; **4-21**).

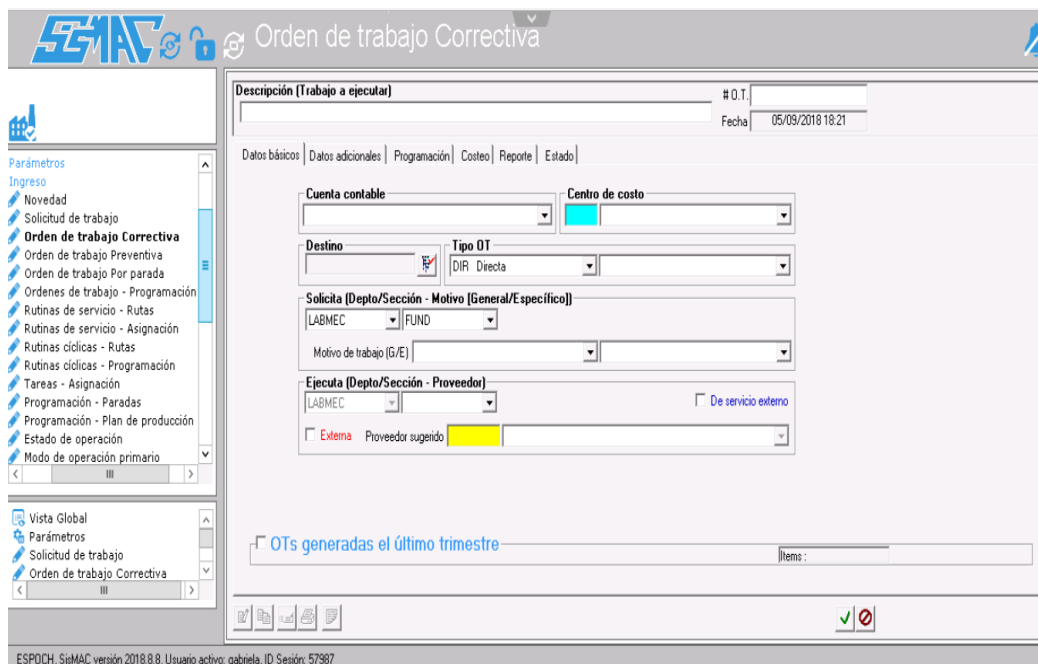
Una captura de pantalla de la interfaz de usuario de SisMAC. El título de la ventana es 'Orden de trabajo Correctiva'. A la izquierda hay un menú de navegación con opciones como 'Ingreso', 'Novedad', 'Solicitud de trabajo', 'Orden de trabajo Correctiva' (seleccionado), 'Orden de trabajo Preventiva', 'Orden de trabajo Por parada', 'Ordenes de trabajo - Programación', 'Rutinas de servicio - Rutas', 'Rutinas de servicio - Asignación', 'Rutinas cíclicas - Rutas', 'Rutinas cíclicas - Programación', 'Tareas - Asignación', 'Programación - Paradas', 'Programación - Plan de producción', 'Estado de operación' y 'Modo de operación primario'. El área principal de la ventana contiene un formulario con los siguientes campos: 'Descripción (Trabajo a ejecutar)', '# O.T.', 'Fecha' (05/09/2018 18:21), pestañas ('Datos básicos', 'Datos adicionales', 'Programación', 'Costeo', 'Reporte', 'Estado'), 'Cuenta contable', 'Centro de costo', 'Destino', 'Tipo OT' (DIR Directa), 'Solicita (Depto/Sección - Motivo [General/Específico])' (LABMEC, FUND), 'Motivo de trabajo (G/E)', 'Ejecuta (Depto/Sección - Proveedor)' (LABMEC), 'De servicio externo', 'Externa', 'Proveedor sugerido'. En la parte inferior hay un botón 'OTs generadas el último trimestre' y una barra de herramientas con íconos de impresión, borrado y validación. El pie de página muestra 'ESPOCH, SisMAC versión 2018.8.8, Usuario activo: gabriela, ID Sesión: 57987'.

Figura 4-18 Ventana para orden de trabajo correctiva

Fuente: Software SisMAC

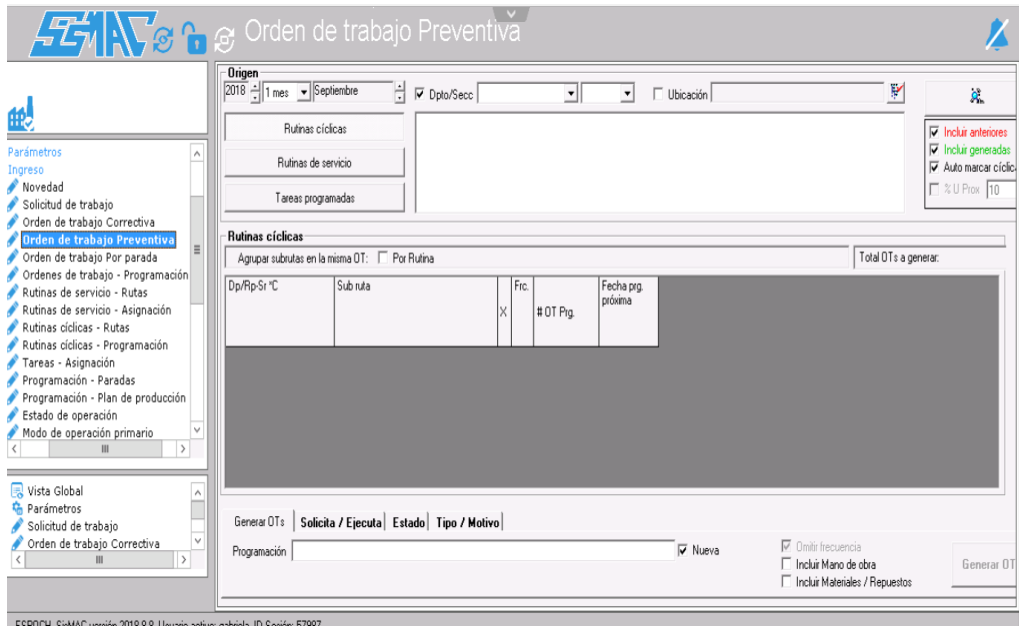


Figura 4-19 Ventana para orden de trabajo preventiva
Fuente: Software SisMAC

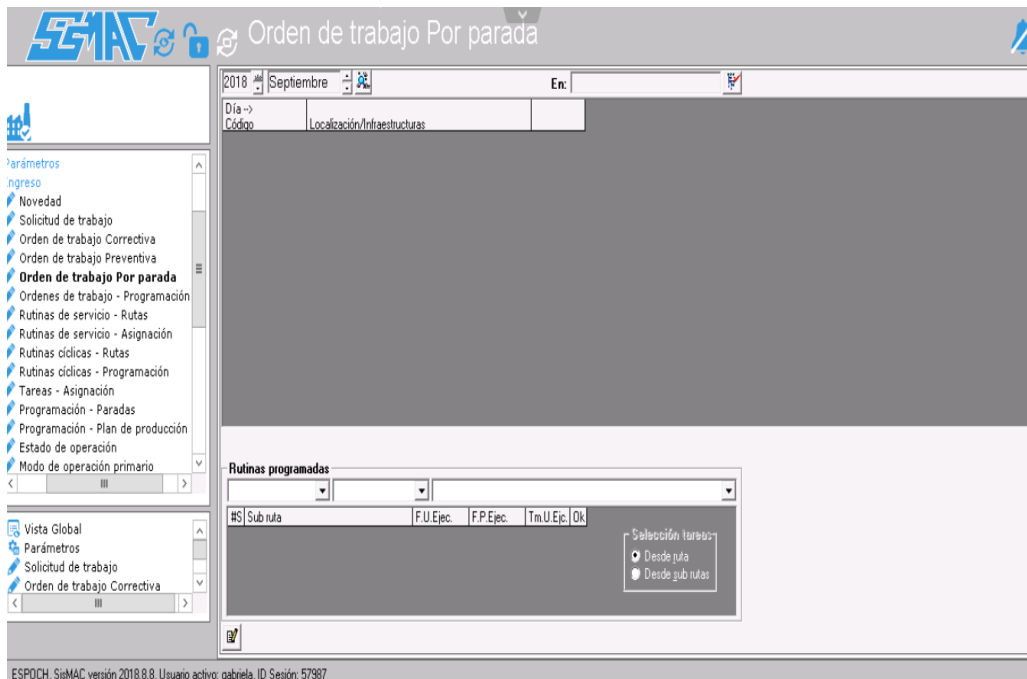


Figura 4-20 Ventana para orden de trabajo por parada
Fuente: Software SisMAC

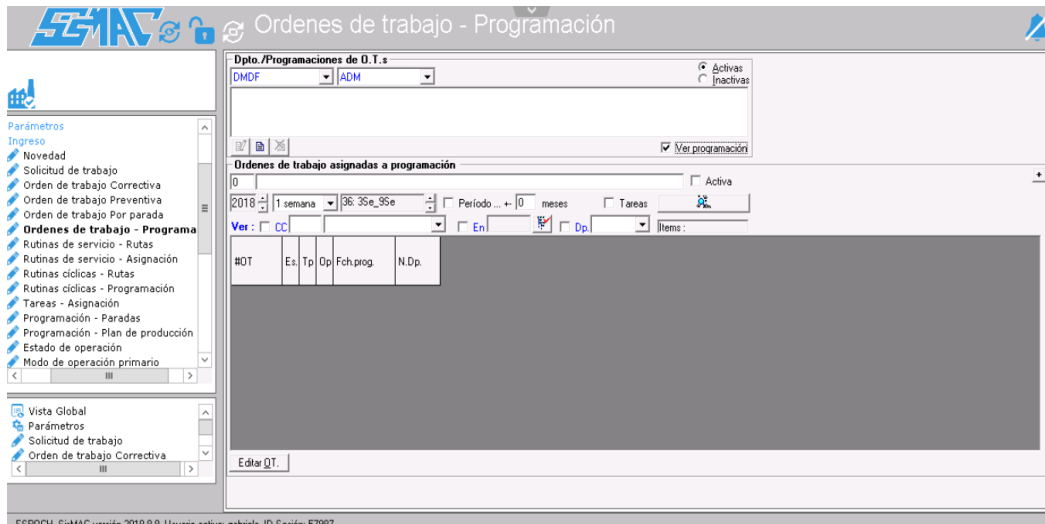


Figura 4-21 Ventana para orden de trabajo por programación
Fuente: Software SisMAC

Una vez que se hayan realizado las tareas de mantenimiento, se procede al cierre de la orden de trabajo, este cierre incluye cerrar: mano de obra, materiales, tareas asignadas a la orden de trabajo, cambiar al estado cerrado la orden de trabajo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En la evaluación realizada, seis laboratorios tienen un nivel deficiente con un porcentaje entre 5% y 7%, y uno cumple con un nivel poco satisfactorio con un porcentaje de 36% concluyendo así que existe un nivel deficiente de gestión de mantenimiento dentro de los laboratorios estudiados y para el DMDF un 55% donde se puede decir que la gestión de mantenimiento es poco satisfactoria en cuanto a infraestructura civil.

Se estableció un inventario jerárquico y análisis de criticidad para infraestructura civil y equipos de laboratorio, en cual contiene la información necesaria para la fácil ubicación del equipo a ser mantenido, entre los equipos críticos del caso de estudio está el ascensor de la Facultad de Mecánica y los tornos del Taller de Máquinas Herramientas.

Se estableció tareas y frecuencias para la ejecución de mantenimiento mediante la utilización de GMAO en equipos civiles eléctricos y mecánicos del caso de estudio.

Se capacito al personal del DMDF y los técnicos docentes para que conozcan la importancia de la aplicación del plan de mantenimiento mediante el manejo del software SisMAC, en el cual se optimizara los tiempos de ejecución.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda la implementación del plan de mantenimiento para la preservación y mejor funcionamiento de los equipos tanto civiles como eléctricos y mecánicos

Se recomienda aplicar las codificaciones establecidas tanto para infraestructura civil como equipos de laboratorio ya que existe dificultad de aplicación en la institución por los permisos necesarios para ser implementado.

Se recomienda establecer un departamento de mantenimiento para la aplicación del plan de mantenimiento para los equipos de laboratorio y talleres.

BIBLIOGRAFÍA

BARRIOS, Aracelli. *El mantenimiento en el desarrollo de la gestión empresarial.* [En línea] 2008. [Consultado el: 30 de 05 de 2018.] Disponible en <https://buenvivir.eumed.net/eumednet/coursecon/ecolat/ve/2012/abmo.zip>.

CARDENAS, Romel. *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el sistema de bombeo “el socavón de la ep-emapa ambato”.* [En línea] 2018. [Consultado el: 29 de 05 de 2018.] Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8046/1/25T00321.pdf>.

COVENIN 3049. *Mantenimiento definiciones.*

CRESPO Adolfo, Parra Carlos. *Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos.* Valencia : INGEMAN, 2012. págs. 40 - 120

EMERSON PROCESS MANGEMENT. *Reducción de costos de operación y de mantenimiento.* [En línea] 2003. [Consultado el: 02 de 05 de 2018.] Disponible en: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/EspanolPlantWeb-ops-maint.pdf>.

GARCIA, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Madrid. 2003. págs. 35 - 200

MANAGEMENT, EMERSON PROCESS. *Estrategias de mantenimiento y practicas de trabajo para reducir los costos.* [En línea] 2003. [Consultado el: 02 de 07 de 2017.] Disponible en: <http://www2.emersonprocess.com/es-ES/Pages/Home.aspx>.

MARQUEZ, Miguel. *Manual de ingeniería de la calidad.* Táchira-Venezuela. 2010. págs. 6 - 100

MATULIONIS, R y FREITAG, J. *Preventive maintenance of buildings*. Nueva York : Editorial Van Nostrand, 1990. págs. 20 - 80

MOUBRAY, John. *Introducción al mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Buenos Aires, Argentina - Madrid, España : Aladon Ltda., 2004. págs. 29 - 211

SAE JA 1011. 1999. *Evaluation criteria for reliability-centered*.

SEGOB Guanajuato. *Implementación del proceso capacitador*. [En línea] 2008. [Consultado: 15 de Junio del 2018.] Disponible en: http://segob.guanajuato.gob.mx/sil/docs/capacitacion/La_funcion_de_la_capacitacion.pdf

UNE-EN 13306. 2010. *Terminología del Mantenimiento*.

VISCAINO, Mayra. *desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de Cuenca*. [En línea] 2016. [Consultado el: 26 de Mayo de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4752/1/20T00718.pdf>.

ANEXOS