



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
VINCULACIÓN Y POSGRADO**

Trabajo de Investigación previo a la obtención del Grado de Magister en Ingeniería  
Civil con mención en Gestión de la Construcción

Título del proyecto

**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS  
PARA EDIFICACIONES EXISTENTES EN UNA INSTITUCIÓN DE  
EDUCACIÓN SUPERIOR**

Autor:

María Daniela Heredia Vélez

Tutor:

Luis Patricio Tello Oquendo, PhD.

Riobamba – Ecuador

Año 2024

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, María Daniela Heredia Vélez, con cédula de ciudadanía 1716385818, autora del trabajo de investigación titulado “Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimientos para edificaciones existentes en una institución de educación superior”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 11 de septiembre del 2024.

---

María Daniela Heredia Vélez

C.I: 1716385818

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Luis Patricio Tello Oquendo PhD; catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado” Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimientos para edificaciones existentes en una institución de educación superior”, bajo la autoría de María Daniela Heredia Vélez; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 11 días del mes de septiembre de 2024



LUIS PATRICIO TELLO  
OQUENDO

---

Luis Patricio Tello Oquendo, PhD.

C.I:0604235242

## ACTAS DE SUPERACIÓN DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Riobamba, 4 de septiembre de 2024

### ACTA DE SUPERACIÓN DE OBSERVACIONES

En calidad de miembro del Tribunal designado por la Comisión de Posgrado, CERTIFICO que una vez revisado el Proyecto de Investigación y/o desarrollo denominado "**Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimientos para edificaciones existentes en una institución de educación superior**", dentro de la línea de investigación de **Ingeniería, construcción, industria y producción**, presentado por la maestrante **Heredia Vélez María Daniela**, portador de la CI. 1716385818, del programa de **Maestría en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción**, cumple al 100% con los parámetros establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



TITO OSWALDO  
CASTILLO CAMPOVERDE

Tito Oswaldo Castillo Campoverde

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Riobamba, 24 de julio de 2024

## ACTA DE SUPERACIÓN DE OBSERVACIONES

En calidad de miembro del Tribunal designado por la Comisión de Posgrado, CERTIFICO que una vez revisado el Proyecto de Investigación y/o desarrollo denominado "**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA EDIFICACIONES EXISTENTES EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**", dentro de la línea de investigación de Ingeniería, Industria y Construcción, **presentado por la maestrante Heredia Vélez María Daniela**, portador de la CI. 1716385818, del programa de **Maestría en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción**, cumple al 100% con los parámetros establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Es todo lo que podemos certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



**Mgs. Juan José Flores**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Riobamba, 4 de septiembre de 2024

## ACTA DE SUPERACIÓN DE OBSERVACIONES

En calidad de miembro del Tribunal designado por la Comisión de Posgrado, CERTIFICO que una vez revisado el Proyecto de Investigación y/o desarrollo denominado "**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA EDIFICACIONES EXISTENTES EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**", dentro de la línea de investigación de **Ingeniería, construcción, industria y producción, presentado por la maestrante Heredia Vélez María Daniela**, portador de la CI. 1716385818, del programa de **Maestría en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción**, cumple al 100% con los parámetros establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Es todo lo que podemos certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



Escaneado y certificado digitalmente por:  
**LUIS PATRICIO TELLO  
OQUENDO**

---

**Ing. Luis Tello Oquendo, PhD.  
TUTOR**

## CERTIFICADO ANTIPLAGIO

De mi consideración:

Yo **Luis Patricio Tello Oquendo**, certifico que **María Daniela Heredia Vélez** con cédula de identidad No. **1716385818** estudiante del programa de **Maestría en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción, cohorte Primera** presentó su trabajo de titulación bajo la modalidad de Proyecto de titulación con componente de investigación aplicada/desarrollo denominado: **Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimientos para edificaciones existentes en una institución de educación superior**, el mismo que fue sometido al sistema de verificación de similitud de contenido TURNITIN identificando el 4% de porcentaje de similitud en el texto.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



LUIS PATRICIO TELLO  
OQUENDO

---

Ing. Luis Patricio Tello Oquendo, PhD.

CI: 0604235242

Adj.-

- Resultado del análisis de similitud

## **AGRADECIMIENTO**

Les agradezco a mis padres por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles, por brindarme una vida llena de felicidad, experiencias y sobre todo de aprendizaje. Por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Luis Tello, PhD; por brindarme sus conocimientos valiosos, consejos y sugerencias durante el desarrollo de este proyecto de Tesis.

A todos quienes de una u otra forma fueron parte de este proyecto.

*María Daniela Heredia Vélez*



## CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	
ÍNDICE DE FIGURAS .....	
RESUMEN .....	
ABSTRACT .....	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General .....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. ESTADO DEL ARTE .....	4
4. METODOLOGÍA.....	17
4.1. Identificación de factores y componentes ligados a la gestión de mantenimientos .	18
4.1.1. Estructura organizacional, niveles de Gestión y Objetivos .....	18
4.1.2. Organización de mantenimiento en las edificaciones. ....	20
a) Planificación del mantenimiento. ....	20
b) Responsabilidad en el mantenimiento.....	21
4.1.3. Factores que priorizan la ejecución de un mantenimiento .....	21
4.1.3.1 Factor de durabilidad en los mantenimientos de edificaciones .....	22
4.1.3.2 Factor de Periodicidad de mantenimientos.....	23
a) Mantenimiento planificado.....	23
4.1.3.3 Los costos de mantenimiento de edificaciones .....	23
4.1.4. Ciclo de trabajo del mantenimiento.....	26
4.2. Definición del Modelo de Gestión de Mantenimiento y Descripción de las etapas propuestas .....	28
5. CASO DE ESTUDIO .....	39
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45

6.1. Contraste del modelo de gestión de mantenimiento propuesto y el plan de mantenimiento de la Universidad Nacional de Chimborazo.....	45
6.2. Discusión .....	50
7. CONCLUSIONES.....	53
8. RECOMENDACIONES .....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> LISTADO DE MANTENIMIENTOS RECURRENTE. (MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL ECUADOR,2013) .....	9
<b>TABLA 2.</b> LISTADO DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS MENORES. (MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL ECUADOR, 2013) .....	10
<b>TABLA 3.</b> PLAN DE MANTENIMIENTOS RECURRENTE. (MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL ECUADOR, 2013) .....	11
<b>TABLA 4.</b> PRESUPUESTO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO. (MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL ECUADOR, 2013).....	12
<b>TABLA 5.</b> LINEAMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE LA COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y MANTENIMIENTO, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO .....	39
<b>TABLA 6.</b> CONTRASTE DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. (GARCÍA RODRÍGUEZ, 2008).....	7
<b>FIGURA 2.</b> ESTRATEGIA DE FUNCIONAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO. (GARCÍA, 2014) .....	8
<b>FIGURA 3.</b> FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA. (UNIVERSIDAD UNIANDES, 2021) .....	14
<b>FIGURA 4.</b> CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL. (UNIVERSIDAD UNIANDES, 2021) .....	15
<b>FIGURA 5.</b> PROCESO METODOLÓGICO .....	17
<b>FIGURA 6.</b> OBJETIVOS SEGÚN JERARQUÍA ORGANIZACIONAL .....	20
<b>FIGURA 7.</b> LEY DE EVOLUCIÓN DE COSTOS .....	26
<b>FIGURA 8.</b> CICLO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO.....	27
<b>FIGURA 9.</b> MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	28
<b>FIGURA 10.</b> MODELO PARA LA DEFINICIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO .....	29
<b>FIGURA 11.</b> DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO .....	41
<b>FIGURA 12.</b> DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.....	42
<b>FIGURA 13.</b> DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.....	43
<b>FIGURA 14.</b> MODELO DE GESTIÓN PROPUESTO APLICADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.....	49

## RESUMEN

El mantenimiento de edificaciones se relaciona directamente con las condiciones y la calidad de una edificación, ya que influye en su vida útil; pero el deterioro es un problema frecuente que enfrenta cualquier tipo de construcción por un proceso natural de envejecimiento. Con el fin de evitar el deterioro en cualquier construcción, se deberá determinar la frecuencia con la que se han intervenido las edificaciones existentes, identificar si existen procesos con los que se priorizan los mantenimientos y los recursos necesarios. Para ello, en esta investigación se desarrolla un modelo de gestión de mantenimientos requeridos por los usuarios de las edificaciones. En particular, se profundiza sobre el proceso adecuado para la gestión de mantenimientos en edificaciones existentes. La investigación se desarrollará en tres fases: primero una recopilación de información y revisión de normativas vigentes; segundo, desarrollo del modelo de gestión de mantenimientos para edificaciones existentes y, por último, la aplicación y evaluación del modelo de gestión de mantenimiento propuesto considerando como caso de estudio una Institución de Educación Superior que permitirá la discusión de resultados y sacar conclusiones.

**Palabras claves:** Modelo de gestión, procesos, normativa, mantenimiento, recursos.

## ABSTRACT

Building maintenance is directly related to the conditions and quality of a building, since it influences its useful life; However, deterioration is a frequent problem that any type of construction faces due to a natural aging process. In order to avoid deterioration in any construction, the frequency with which existing buildings have been intervened must be determined, identifying whether there are processes with which maintenance and the necessary resources are prioritized. To this end, in this research a maintenance management model required by building users is developed. In particular, the appropriate process for managing maintenance in existing buildings is discussed in depth. The research will be developed in three phases: first a collection of information and review of regulations, second development of the maintenance management model for the existing buildings and finally the evaluation and discussion of results of the buildings that belong to a Higher Education institution. The results will allow us to draw conclusions considering public buildings as a case study. Also, the results will allow applying the proposed maintenance management model.

Keywords: Management model, processes, regulations, maintenance, resources.

Reviewed by: Armijos Jacqueline



## 1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento y las reparaciones son las tareas fundamentales que garantizan la prolongación de la vida útil de viviendas existentes y de las edificaciones, evitando con ello su deterioro y finalmente su destrucción (Babé, 1986) (Moreno, 2007). Las prácticas tradicionales de mantenimiento fueron en un inicio reactivas (Muthu, 2019), es decir se enfocaban en reparaciones de fallas a medida que estas surgían. Con el tiempo, debido a la necesidad de métodos más eficientes, se introdujo los enfoques de mantenimientos preventivos y predictivos.

Debido a la necesidad de custodiar y perdurar las edificaciones hasta que cumplan su utilidad (Lecca, 2019), se desarrollaron modelos teóricos referentes a los mantenimientos productivos totales y a los basados en su condición, que permitieron mejorar la eficiencia y reducir costos de reparación. Estos modelos introdujeron conceptos claves como la optimización del ciclo de vida de la edificación y la integración de mantenimientos en el proceso de gestión general dentro de una institución (Moblely, 2002). En cuanto a las estrategias de mantenimiento (Díaz et al; 2017), estas van dirigidas a perfeccionar el estado de la gestión de mantenimiento y a garantizar el cumplimiento de estándares, normativas y regulaciones que aseguren la prolongación y durabilidad de una edificación (Jones, 2023).

Sin embargo, se ha evidenciado la carencia de modelos de gestión de mantenimientos en edificaciones existentes a través del planteamiento de indicadores y procesos; esto podría tener como repercusión la operatividad del edificio en cuanto a sus costos a largo plazo, reparaciones de emergencia y mantenimientos reactivos. Este tipo de reparaciones están relacionados a aquellas que tienen una falla imprevista que puede llegar a ser más costosa en comparación con mantenimientos preventivos y predictivos (Alshamrani, 2021). De igual forma podría ocasionar una reducción a la vida útil de los activos de una edificación, debido

a la falta de mantenimiento regular y adecuado (Zhen, 2020); seguridad y confort, poniendo en riesgo la salud y la seguridad (Kuo, 2019).

Debido a lo antes expuesto es importante el desarrollo de un modelo de gestión de procesos de mantenimiento que permita una mejor planificación y ejecución más efectiva (Alshamrani, 2021), implementar prácticas proactivas y preventivas que puede repercutir a la extensión de vida de los activos y reducción de reparaciones frecuentes (Zhen, 2020). Específicamente, esta investigación trata de contribuir al desarrollo de modelos de gestión a través de la identificación de procesos que permitan organizar factores y directrices con el fin de una implementación adecuada de mantenimientos asistiendo de manera eficaz cada una de sus complejidades y necesidades de cada institución.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Desarrollar un modelo de gestión de mantenimientos en edificios existentes a través del planteamiento de indicadores y procesos relacionados con la eficiencia en la atención de requerimientos para solventar las necesidades.

### **2.2 Objetivos específicos**

- 1.- Identificar los factores existentes con los que se priorizan los mantenimientos de edificaciones existentes.
- 2.- Determinar el factor de periodicidad con el que las edificaciones son intervenidas en cuanto a mantenimientos.
- 3.- Proponer un modelo de gestión de mantenimientos en edificaciones existentes para atender los requerimientos de los usuarios en una institución de educación superior.

### 3. ESTADO DEL ARTE

En primera instancia es fundamental identificar y comprender qué implica el mantenimiento de edificaciones. Con el pasar de los años muchos autores han definido el mantenimiento de obras civiles de diversas maneras. Destaca la definición de Olivares (2015), donde indica que el mantenimiento corresponde al conjunto de acciones y operaciones que pretenden conservar o restablecer un bien en condiciones óptimas para asegurarse el servicio de este. Dichas acciones de conservación se deben realizar de manera cíclica y rutinaria. Además, se deben efectuar con mayor énfasis en aquellas zonas en donde el deterioro es mayor producto del uso normal de las edificaciones y por la exposición a diferentes condiciones ambientales (Camacho, 2009).

Para Babé (1986) el mantenimiento consiste en los trabajos que deberán ser realizados cíclicamente para evaluar las instalaciones y de los elementos de las construcciones para subsanar sus deficiencias y mantener los servicios, enfatizando especialmente las partes que, debido a su uso continuado o por su ubicación, están más expuestos a un deterioro. En Loria (2005) se consideran trabajos, obras y acciones dirigidas al mantenimiento de todas las acciones enfocadas a la conservación funcional y física de un edificio en su ciclo de vida útil. Mantener, en general, representa conservar y también realizar mejoras a las prestaciones originales de una máquina, elemento, instalación o edificio a lo largo del tiempo. Según Tejera (2003), el mantenimiento de un edificio representa a un conjunto de trabajos periódicas programadas y no programadas que deberán ser realizadas con el fin de conservar durante el período de vida útil en adecuadas condiciones para cubrir las necesidades previstas. Según García (2008), se considera mantenimiento a el conjunto de obras, trabajos, actividades y actuaciones que van encaminadas a la conservación física y funcional de un edificio a lo largo de su vida útil.

La vida útil de una edificación está plenamente ligada a la palabra mantenimiento ya que a las obras se les aplican Programas de Mantenimiento para que estas puedan lograr llegar a cumplir con el tiempo de vida útil para el cual fueron ejecutadas, es por eso por lo que se abordan criterios sobre este concepto. La vida útil del edificio es la previsión del período de tiempo en el que es susceptible de usarlo en las condiciones de calidad requeridas, si se observan las instrucciones de uso y mantenimiento y se realizan las obras de rehabilitación necesarias. Existen tres parámetros esenciales durante toda la vida útil de un edificio que son: las expectativas de que un elemento pueda llegar a cumplir con las funciones diseñadas, la limpieza, reparaciones, la mantenibilidad siendo esta la facilidad para realizar las funciones de inspección, limpieza, reparación o sustitución y, finalmente, los costos de explotación debidos a consumos energéticos (Casanovas, 1996).

El conocimiento de la vida útil propuesta para cada uno de los elementos de la construcción permitirá obtener una estimación de la vida útil de las edificaciones y con ellos determinar los ciclos de mantenimiento en años, la periodicidad de reparaciones entre otros. Los aspectos que cada elemento está compuesto la edificación deberá recibir en función de su ubicación, características, materiales, ubicación, entre otros. En función de la tipología de la edificación se podrá generar una cantidad de características de mantenimientos, de reparaciones que están estrechamente relacionadas con la época de construcción y de los materiales que se emplearon en su ejecución. Existen tres tipos de mantenimientos: Correctivo, Preventivo y Predictivo.

El mantenimiento correctivo trata de corregir aquellos errores que ya presenta la edificación para así lograr extender su vida útil hasta el máximo y conservar su patrimonio arquitectónico. El mantenimiento corrector comprende aquellas operaciones necesarias para hacer frente a situaciones inesperadas, es decir, no previstas ni previsibles. Las reparaciones

y sustituciones físicas y/o funcionales son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento (Loria, 2005).

Olivares (2015) explica este mantenimiento de la siguiente manera: “Conjunto de operaciones con el fin de corregir o reparar un fallo en un equipo o instalación. A diferencia del preventivo, este tipo de mantenimiento se basa en actuar sobre la instalación o equipo averiado tras el fallo”. En este tipo de mantenimiento existen dos métodos de operación:

- El primero es de manera paliativa y hace referencia a cuando las actividades llevadas a cabo son provisionales e implican una segunda intervención para completar las labores de corrección.
- El segundo se denomina curativo y ocurre cuando las acciones correctivas son definitivas y no necesitan una segunda intervención.

Cabe destacar que el mantenimiento correctivo, a diferencia del preventivo, sí llega a acabar con la vida útil de las instalaciones, por lo que se recomienda que este solo sea empleado en elementos cuya importancia no es trascendental en caso de su fallo y que no lleguen a afectar el correcto funcionamiento del edificio (García, 2014).

El mantenimiento preventivo, como su nombre lo indica, previene cualquier inconveniente que pueda ocurrir en la vida útil de las edificaciones evitando así que esta cumpla los objetivos para la cual se diseñó. La prevención pretende controlar posteriormente las posibles deficiencias y problemas que puedan generarse en una edificación por su propio uso natural. El mantenimiento comprende de trabajos preventivos o planificados que se tienen como ejecución una periodicidad en las edificaciones y viviendas durante su vida útil para conservar las propiedades y capacidades funcionales, subsanar las deficiencias o afectaciones provocadas por el uso, agentes atmosféricos o su combinación, sin que sus elementos fundamentales se modifiquen parcial o total entre otros (Arencibia y Borroto, 2005).

Este mantenimiento consiste en conocer el estado actual de los bienes, para realizar una programación en el momento más oportuno. Las principales ventajas que tiene este tipo de mantenimiento respecto a otros, son:

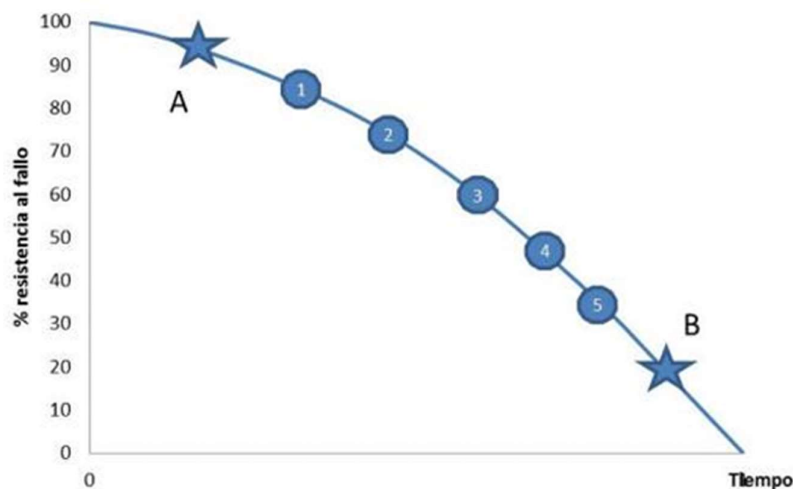
- Disminuir la frecuencia de fallos operativos para realizar varias reparaciones a la vez;
- Aprovechar el momento más oportuno para realizar las reparaciones;
- Solicitar y preparar los materiales requeridos para dar mantenimiento;
- Distribuir el mantenimiento de una manera más uniforme, para evitar picos de trabajo y así optimizar la cuadrilla de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo requiere generar un plan de trabajo para cada concepto que se pretenda revisar. En dicho plan se deben especificar las técnicas a aplicar para poder detectar anomalías de funcionamiento y la frecuencia en que se aplicarían, para lo que hay que evaluar y estudiar cada caso detectado y conocer a fondo para realizar los trabajos de mantenimiento. Es muy importante reconocer que cualquier plan o programa de mantenimiento puede incluir otros sistemas y que considerando todos como un conjunto pueden generar un mejor programa de mantenimiento (Mantenimiento Planificado, 2010). A continuación, se muestran los conceptos necesarios para la elaboración de un buen programa de mantenimiento preventivo (García Rodríguez, 2008).



**Figura 1.** Diseño de programa de mantenimiento preventivo. (García Rodríguez, 2008)

Por otro lado, se tiene el mantenimiento predictivo que, al igual que el preventivo, se realiza de manera previa a la avería de los elementos de una edificación. El mantenimiento predictivo alude a actividades que permiten una operación correctora inmediata, producto de una falla y justamente antes de desarrollar la avería; esto se realiza a través de un diagnóstico continuo de los elementos. Dicho de otro modo, este mantenimiento se caracteriza por permitir una evolución del fallo, es decir, una vez que se muestren los síntomas de fallo de una instalación. Se permite que continúen las averías hasta que se interviene, antes de que ocurra la avería definitiva (García, 2014). Lo anterior se puede ejemplificar con la figura 7, donde el punto A indica el momento en que la falla se detectó por primera vez. Seguidamente, los números del uno al cinco representan los diferentes síntomas que se pueden presentar en alguna instalación y, por último, el punto B representa la avería. Por tanto, lo ideal es que los elementos sean corregidos en algún momento comprendido entre el punto A y B.



**Figura 2.** Estrategia de funcionamiento del mantenimiento predictivo. (García, 2014)

Al buscar información sobre la existencia de *modelos de gestión de mantenimientos* en el Ecuador, se pudo constatar que no existen normativas vigentes en temas relacionados y que las instituciones se limitan a definir planes de mantenimiento sin contar previamente con un modelo que englobe todos los componentes necesarios para una gestión adecuada. Uno de los pocos modelos de gestión encontrados es el propuesto por el Ministerio de Educación desde el 2013, el cual estableció una periodicidad de mantenimientos mediante una revisión de lineamientos base (Ministerio de Educación del Ecuador, 2013). El plan de mantenimiento según el nuevo Estándar de Infraestructura del Ministerio de Educación contiene el siguiente listado de mantenimientos presentados en la tabla 1:

(a) Mantenimiento recurrente:

**Tabla 1.** Listado de Mantenimientos Recurrentes. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2013)

<b>Actividad</b>	<b>Periodicidad</b>
Limpieza de pisos de hormigón, granito lavado, porcelanato, cerámica, baldosa, entre otros.	Diario
“Limpieza de paredes y/o muros de ladrillo, bloque y/o prefabricados.	Semanal
Limpieza de cubierta	Trimestral
Limpieza de tumbados	Trimestral
Mantenimiento de bomba y tanque de presión	Anual
Mantenimiento y limpieza de cisterna o de tanque elevado de agua.	Anual
Revisión integral del sistema de aguas servidas.	Anual
Revisión integral del sistema de aguas lluvias.	Anual
Cambio de focos ahorradores.	Inmediato
Cambio de fluorescentes.	Inmediato
Limpieza de piezas sanitarias	Diario
Mantenimiento menor de las instalaciones de agua potable.	Quincenal

Limpieza de cajas de revisión, canalones, canales, rejillas, bajantes y tuberías.	Trimestral
Limpieza de tuberías de acero inoxidable.	Semanal
Mantenimiento de áreas exteriores.	Quincenal

(b) Mantenimiento correctivo menor:

**Tabla 2.** Listado de mantenimientos correctivos menores. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2013)

<b>Actividad</b>	<b>Periodicidad</b>
Cambio de vidrios rotos	Cada seis meses
Cambio de piezas eléctricas y su colocación	Cada seis meses
Cambio de breakers enchufable de un polo	Cada seis meses
Cambio de breakers enchufable de dos polos	Cada seis meses
Cambio de piezas sanitarias y/o sus accesorios	Cada seis meses
Reparación de pisos de porcelanato	Anual
Reparación de barrederas	Anual

El Ministerio de Educación también emplea una ficha de las actividades para un mantenimiento recurrente y la periodicidad que debe atenderse. Sin embargo, no establece el personal necesario para la ejecución de cada una de las actividades. Es importante mencionar que la actividad de limpieza en las instalaciones dentro de este plan de mantenimiento es al que más enfoque se da al ser una actividad recurrente. En cuanto a obras mayores se observa en la tabla 3, que anualmente se realizarán actividades que conllevan mayor tiempo de emplear y presupuesto que debe ser contemplado de igual forma.



**Tabla 3.** Plan de mantenimientos recurrentes. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2013).

CENTRO EDUCATIVO:	
Plan de mantenimiento recurrente	
PERIODICIDAD	ACTIVIDAD
Diaria	Barrido de polvo todas las dependencias, pasillos, accesos, aulas de clases, escaleras e ingresos al plantel
	Limpieza de polvo de los pupitres y escritorios
	Vaciado de papeleras
	Recogida de papeles y basura en exteriores
	Desinfección de baños (inodoros, lavamanos, urinarios y duchas)
	Retirada de carteles, hojas pegadas y demás pegatinas no autorizadas
	Fregado de pisos de baños
	Fregada de paredes de baños
	Depositar basura enfundada en los sitios asignados por la empresa recolectora de desechos sólidos
Días alternos	Fregados de pasillos, accesos, aulas de clases, escaleras e ingresos al plantel
	Riego controlado de plantas decorativas interiores
	Limpieza de laboratorios que no son de uso diario
Semanal	Limpieza de polvo en armarios y muebles altos
	Limpieza de puertas
	Limpieza de repisas
	Limpieza de auditorio (y después de cada uso)
Quincenal	Eliminación de pintadas, manchas, sucios de paredes
	Limpieza de basura y barridos de canchas
Mensual	Limpieza de polvo de mapas y material didáctico a la vista
	Limpieza de ventanas, marcos, cortinas
	Limpieza de polvo de libros y estanterías
	Limpieza de paredes
	Limpieza de aceras exteriores
Trimestral	Podar plantas y árboles
	Limpieza de zonas altas, luminarias, paredes, techos
	Tratamiento contra cucarachas e insectos
	Limpieza de muros de cerramiento
Semestral	Limpieza de rejas
	Limpieza de recubrimientos o enchapes de paredes
Anual	Limpieza interior de cisterna o tanque de agua
	Pintada de puertas metálicas y de madera
	Pintada de estructuras vistas
	Pintada de líneas de canchas deportivas
	Repulida de baldosa
	Pintada de paredes de aulas y demás edificios
	Limpieza interior del pozo séptico
Mantenimiento del ascensor	

**NOTA:** Este plan de mantenimiento es referencial, se podrá incluir más tareas de acuerdo a las necesidades de la unidad educativa.

En la tabla 4, se puede observar el plan de mantenimiento que obedece a un planteamiento público, según un lineamiento de presupuesto referencial para ejecutar cada una de las necesidades anualmente.

**Tabla 4.** Presupuesto Referencial de Mantenimiento. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2013).

**18. PRESUPUESTO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO**

**18.1 Formato referencial**

Se adjunta formato para la elaboración del presupuesto referencial, para las unidades educativas construidas, según el nuevo estándar de infraestructura.

Fecha:	Lugar:	Nombre del local escolar:
--------	--------	---------------------------

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1.00 MANTENIMIENTO RECURRENTE</b>					
1.01	Limpieza de pisos de hormigón, granito lavado, porcelanato, cerámica, baldosa, etc.	M <sup>2</sup>			
1.02	Limpieza de paredes y/o muros de ladrillo, bloque y/o preterrazado	M <sup>2</sup>			
1.03	Limpieza de puertas, ventanas de hierro, aluminio, etc.	M <sup>2</sup>			
1.04	Limpieza de cubierta	M <sup>2</sup>			
1.05	Limpieza de tambado	M <sup>2</sup>			
1.06	Cambio de focos ahorradores	U			
1.07	Cambio de fluorescentes	U			
1.08	Limpieza de piezas sanitarias	U			
1.09	Mantenimiento menor de instalaciones de agua potable	Global			
1.10	Limpieza de cajas de revisión, cañones, canchales, rejillas, bajantes y tuberías	M			
1.11	Limpieza de tubería de acero inoxidable	M			
1.12	Mantenimiento de áreas exteriores	Global			
1.13	Revisión y mantenimiento del ascensor, su sistema eléctrico y mecánico	Global			
Sub - Total \$					
<b>2.00 MANTENIMIENTO CORRECTIVO MENOR</b>					
2.01	Cambio de vidrios rotos	M <sup>2</sup>			
2.02	Cambio de piezas eléctricas, incluye la colocación	U			
2.03	Cambio de breaker enchufable de 1 polo	U			

2.04	Cambio de breaker enchufable de 2 polos	U			
2.05	Cambio de piezas sanitarias y/o sus accesorios (por deterioro)	Global			
Sub - Total \$					
<b>3.00 MANTENIMIENTO CORRECTIVO MAYOR</b>					
3.01	Reparación de pisos de porcelanato	M <sup>2</sup>			
3.02	Reparación de barrederas	M			
3.03	Cambio de cerámica en paredes de baños y comedor	M <sup>2</sup>			
3.04	Reparación de cubierta o techo	M <sup>2</sup>			
3.05	Mantenimiento de transformador	Global			
3.06	Mantenimiento de bomba y tanque de presión	Global			
3.07	Mantenimiento y limpieza de tanque elevado	Global			
3.08	Mantenimiento y limpieza de cisterna	Global			
3.09	Revisión integral del sistema de aguas servidas	Global			
3.10	Revisión integral del sistema de aguas lluvias	Global			
3.11	Revisión integral del sistema de aire acondicionado	Global			
3.12	Revisión y mantenimiento de generador eléctrico, sistema de transferencia e instalaciones	Global			
Sub - Total \$					
<b>TOTAL \$</b>					

Por otro lado, para una institución de educación superior, el diagnóstico es el primer factor importante por considerar mediante una inspección para determinar la frecuencia con la que deben realizarse ciertos mantenimientos, esto representa un punto crítico y depende en gran parte el éxito o el fracaso de un plan de mantenimiento y de construcción (Vivanco, 2018). Vivanco menciona que es necesario la capacitación del personal obrero en cuanto a términos y técnicas de control de calidad, incluyendo las hojas de inspección y una inspección a la infraestructura tanto en la Matriz de seguimiento de actividades como en extensiones con una frecuencia semestral para evaluar el estado, asegurar su operatividad, llegando a determinar los requerimientos básicos de cada componente, operativizar su

ejecución, minimizar pérdidas y racionar el gasto. Las necesidades básicas establecidas por esta institución se dividen en las siguientes categorías:

- Requerimiento de pintura interna
- Requerimiento de pintura externa
- Requerimiento de trabajos en plomería
- Requerimiento de trabajos eléctricos
- Requerimiento de trabajos referentes a carpintería
- Requerimiento de trabajos en adecuaciones o reparaciones
- Requerimiento de trabajos referentes a cielo raso y gypsum
- Requerimiento de trabajos en jardinería

Al tener un crecimiento de las necesidades institucionales, el objetivo de este establecimiento es mantener en las mejores condiciones mediante diagnósticos y planes de adecuaciones.



**UNIVERSIDAD REGIONAL AUTONOMA DE LOS ANDES "UNIANDES"**  
**CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL**

ACTIVIDAD	TAREA	SEDE	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PRESENCIA	OBSERVACIONES
01. Mantenimiento de edificios		TR. EL AMBATO													SEMESTRAL	PINTURA INTERNA Y EXTERNA, VENTANALES, GUARDEROS, GUARDEROS, ACCESOS, PARQUEADEROS
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
02. Mantenimiento de Sistema de Agua Potable e Hidrocarburos		TR. EL AMBATO													SEMESTRAL	SISTEMAS DE DUCTOS, BATERIAS, BOMBAS ALACANTARILLAS, SUMIDORES
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
03. Mantenimiento de espacios de laboratorio excepto los laboratorios de campo		TR. EL AMBATO													SEMESTRAL	LABORATORIOS DE MEDICINA, CONTROLADA, QUIMICA, FISICA, ETC.
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
04. Mantenimiento de Vehículos		TR. EL AMBATO													MENSUAL	ENSAYOS AMBATO, TALAÑO, BARRIOCHO Y TALAÑO
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
05. Mantenimiento Electricidad		TR. EL AMBATO													SEMESTRAL	TRANSFORMADORES, CONDENSADORES, TUBERIAS, CABLES Y FUSIBLES
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
06. Mantenimiento e instalación de Cableado de Red		TR. EL AMBATO													SEMESTRAL	CONTADORES, CABLEADO, VARIOS DE VARIACIONES Y BARRERAS
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
07. Mantenimiento de Ascensores		TR. EL AMBATO													SEMESTRAL	VISITA MENSUAL DE TRABAJOS PREVENTIVOS Y REPARACIONES MANTENIMIENTO CORRECTIVO
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
08. Mantenimiento de sistemas de Aire acondicionado		TR. EL AMBATO													SEMESTRAL	LIMPIEZA Y REEMPLAZO
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
09. Mantenimiento de piscinas, jardines, áreas comunes y parques infantiles		TR. EL AMBATO													MENSUAL	LIMPIEZA, CARGO DE ESTIMULOS EN FILTROS, PINTURA, ETC.
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
10. Mantenimiento de mobiliario, iluminación y sonido		TR. EL AMBATO													MENSUAL	CAMBIO DE TUBERIAS, CONDENSADORES, ACCESORIOS, ETC.
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
11. Funcionalidad de la infraestructura		TR. EL AMBATO													MENSUAL	TODO LO NECESARIO PARA ASEGURAR LA OPERACION DE LA INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														
		TR. EL QUEVEDO														
		TR. EL SANTO DOMINGO														
		TR. EL BARRIA														
		TR. EL TALAÑO														
		TR. EL AMBATO														
		TR. EL PUÑO														
		TR. EL ROSABLANCA														
		TR. EL BARRIOCHO														

**Figura 4.** Cronograma de Mantenimiento de Infraestructura Institucional. (Universidad Uniandes, 2021)

En el cronograma de la figura 4, entregado por esta institución, se observa la periodicidad con la que se realizan intervenciones a cada espacio contemplado. Es importante recalcar que al ser una institución privada cuenta con un presupuesto propio, no depende de una asignación presupuestaria entregada por el gobierno y el tiempo para ejecutar dicho plan de mantenimiento no se ve interrumpida.

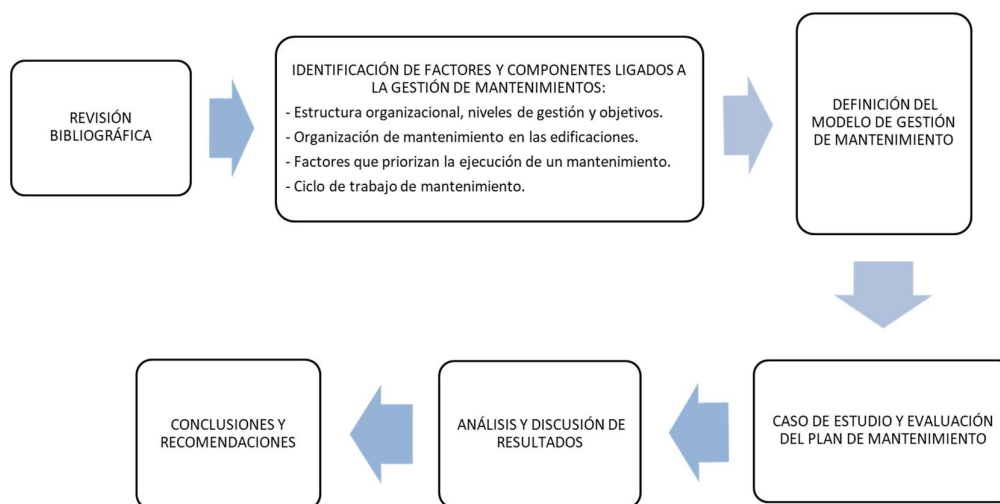
Al comparar la intervención de cada mantenimiento planteado con la periodicidad planteada por el Ministerio de Educación, hay una limitación en cuanto al tiempo en el que cada mantenimiento recurrente debe ser atendido. Se debería considerar que el uso de las instalaciones y la capacidad de personal en ocupación de la infraestructura comprende un mayor incremento de insumos, tiempo y personal para mantener a las edificaciones en mejores condiciones.

En ambos planes de mantenimientos no se mencionan los no planificados, los que presentan fallas inesperadas que llevan a una toma de acciones informales y deben ser atendidos inmediatamente. Por otro lado, los mantenimientos vienen de un proceso manual, esto puede afectar de cierto modo a la eficiencia, retrabajos da cabida a posibles errores. El presupuesto aprobado, tampoco es abordado de una manera clara, ya que este debe ser equilibrado en cuanto al inventario, gastos de servicios en mantenimientos con contratación externa y la implementación de más personal para suplir cada actividad de mantenimiento. Por último, el tiempo, no se presenta un cronograma el cual mida objetivamente los mantenimientos diarios que deben ser realizados en las instituciones. La priorización de tareas puede ser de ayuda en cuanto a aumentar la productividad del personal por lo que la categorización de mantenimientos es importante dentro de este proceso.

#### 4. METODOLOGÍA

Un modelo de gestión de mantenimiento permite, a partir del análisis y modelizado de los resultados en la ejecución de las operaciones de mantenimiento renovar continua y justificadamente la estrategia y, por consiguiente, la programación y planificación de actividades para garantizar la producción y resultados económicos al mínimo costo global. También permite la adecuada selección de nuevos equipos con mínimos costos globales en función de su ciclo de vida y seguridad de funcionamiento (costo de ineficiencia o costo de oportunidad por pérdida de producción).

La gestión de mantenimiento no es un proceso aislado (Pintelon y Gelder, 1992), sino que es “un sistema linealmente dependiente de factores propiamente ligados a la gestión del mantenimiento, así como de factores internos y externos a la organización” que requiere la participación y compromiso del personal en todos los niveles. La situación más deseable es la integración de la gestión del mantenimiento dentro del sistema (Vanneste, 1995).



**Figura 5.** Proceso Metodológico

El modelo propuesto se desarrolló siguiendo el proceso que se presenta en la figura 5. Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica utilizando bases de datos científicas

como Scopus, SCielo, ScienceDirect, y Google Scholar con el fin de obtener información relevante en relación con el estado del arte, se identificó factores y componentes ligados a la gestión de mantenimientos en donde se define la estructura organizacional, niveles de gestión y objetivos, a su vez también se plantea la organización de mantenimiento en las edificaciones, se menciona los factores de priorización en la ejecución de un mantenimiento y por último se propone el ciclo de trabajo de mantenimiento. Posteriormente se definió el modelo de gestión de mantenimientos propuesto; se seleccionó un caso de estudio y se planteó la evaluación del plan de mantenimiento. A continuación, se realizó el análisis de los resultados y la discusión. Finalmente se plantearon las conclusiones junto con las recomendaciones.

#### **4.1. Identificación de factores y componentes ligados a la gestión de mantenimientos**

En el presente trabajo, se propone la identificación clave de los factores y componentes debido a que puede garantizar que el modelo sea efectivo y pueda ser adaptado a las necesidades específicas de las edificaciones (Brown, 2017). Los factores y componentes a presentar son los siguientes:

- Estructura Organizacional: niveles de gestión y objetivos.
- Organización de mantenimiento en las edificaciones.
- Factores que priorizan la ejecución de un mantenimiento.
- Ciclo de trabajo de mantenimiento.

##### **4.1.1. Estructura organizacional, niveles de Gestión y Objetivos**

Los objetivos de mantenimiento (Maintenance Terminology. European Standard, 2001), se pueden definir como “metas asignadas y aceptadas, las cuales requieren de actividades de mantenimiento, cada una de ellas perteneciente a uno de los diferentes niveles de control, desde el estratégico hasta el nivel operativo de mantenimiento”. En términos

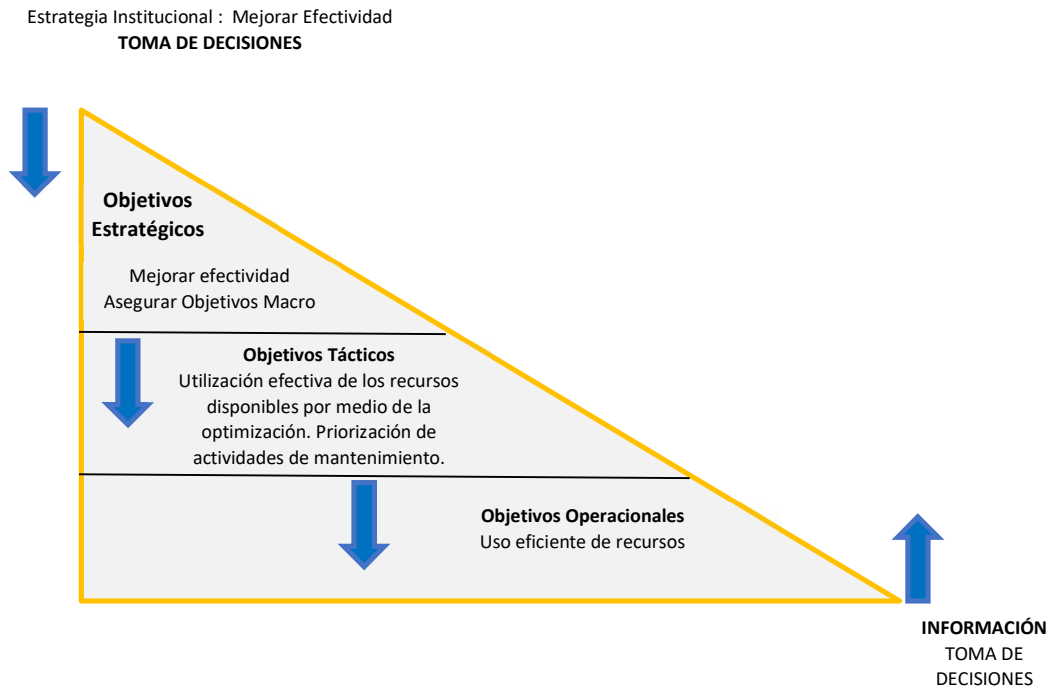


generales, las estrategias direccionan y definen el plan organizacional para lograr los objetivos (Dovindarajan, 2009), enfocándose en el "cómo" se lograrán.

La dirección de la unidad de mantenimiento debe estar relacionado con los objetivos de producción y las metas estratégicas generales de la institución y, del mismo modo, debe existir un vínculo en la definición de estrategias, políticas, procedimientos, estructura organizacional y decisiones en los diferentes niveles (Planificación y Estructuración del trabajo de mantenimiento) (Parida y Kans, 2008).

Dando énfasis al nivel de disponibilidad, éste se define a partir de un nivel de servicio o producción esperada (objetivo/meta), comprometida por la alta dirección de la entidad y en consonancia con el presupuesto real. Así, el nivel de disponibilidad requerido se define según la estrategia fijada. En consecuencia, la lectura de este indicador se transforma en una entrada para el siguiente nivel jerárquico (táctico), cuyas principales competencias apuntan a la eficaz asignación de los recursos disponibles (dinero, tiempo, personal de trabajo, etc.) y evidentemente la planificación de las actividades de mantenimiento. Consecuentemente, el nivel operativo, que tiene como entrada las decisiones tácticas, busca la eficiente utilización de los recursos, considerando aspectos técnicos y organizacionales (Kans, 2008).

En la figura 6 se describe la jerarquía de los objetivos y de las metas definidos para cada nivel, indicando además otros aspectos fundamentales en el proceso de toma de decisiones. El flujo de decisiones para el cumplimiento de metas y objetivos estratégicos, tácticos y operativos sigue el formato Top-Down, es decir, se inicia desde el nivel superior (estrategia institucional) hasta el nivel operativo y de ejecución (Parida y Chattopadhyay, 2007). Sin embargo, el flujo de información que alimenta la toma de decisiones comienza desde las bases, dando soporte empírico a las decisiones.



**Figura 6.** Objetivos según jerarquía organizacional.

El uso eficiente de los activos durante su ciclo de vida ayuda a obtener una óptima definición del nivel de la disponibilidad de los activos y/o procesos, teniendo como meta un nivel de producción, o bien un indicador económico-financiero (Landajo y Lorca, 2008).

#### **4.1.2. Organización de mantenimiento en las edificaciones.**

La organización de un mantenimiento tiene como definición las políticas, administración y aplicación sobre el terreno, recopilación de conclusiones, análisis de experiencias y poder reorientar. Esta organización está constituida de dos etapas fundamentales: la planificación del mantenimiento y la responsabilidad en el mantenimiento.

##### **a) Planificación del mantenimiento.**

La planificación se basa en la durabilidad de sus elementos componentes y es importante además la tipología de cada construcción, la calidad y durabilidad de los materiales utilizados, la calidad de ejecución de la obra, el mantenimiento adecuado, las reparaciones inmediatas de los deterioros, el uso adecuado del inmueble acorde siempre con

el proyecto y el cuidado correcto de toda la edificación y sus exteriores porque en la medida en que todos estos factores se cumplan, estaremos prolongando la vida útil de la edificación.

#### **b) Responsabilidad en el mantenimiento**

El mantenimiento de un edificio corresponde primero al usuario, propietario o arrendatario, con buen uso de los diferentes componentes interiores y exteriores de su vivienda, con la limpieza, trabajos habituales y, sobre todo, informando de los defectos o anomalías que observe en el edificio a quien lo mantenga. Es importante decir que algunas actividades deben ser asesoradas o ejecutadas por técnicos y profesionales de distinto nivel según la complejidad y peligrosidad de los trabajos. Se considera que actividades como la pintura, limpieza interior y de áreas exteriores, mantenimiento de cisternas y tanques de agua, por ejemplo, pueden considerar no sólo una participación media del usuario sino incluso ser ejecutadas por él mismo.

En las nuevas construcciones conviene plasmar en una memoria descriptiva o un manual con instrucciones concretas de uso y mantenimiento del edificio, el personal adecuado para las actividades, descripción y composición de cada elemento de la construcción para permitir al técnico, en el momento de enfrentarse a los trabajos de valoración, inspección y programación del mantenimiento, una intervención más organizada.

#### **4.1.3. Factores que priorizan la ejecución de un mantenimiento**

Se puede plantear que el concepto de vida útil de la edificación favorecerá la conservación del patrimonio construido. Debido a esto se establecen tres factores esenciales que vienen definidos en la fase de proyecto (Casanovas, 1996):

1. La durabilidad o expectativas de que un elemento pueda cumplir las funciones encomendadas;

2. La periodicidad, entendida como facilidad para poder realizar las funciones de inspección, limpieza, reparación o sustitución,
3. Los costos de mantenimiento de edificaciones

#### **4.1.3.1 Factor de durabilidad en los mantenimientos de edificaciones**

Los factores de mantenimiento en cuanto a durabilidad según Casanova (1996) son:

##### **a) Mantenimiento simple o habitual**

Aquellos trabajos simples como la limpieza periódica de determinados elementos con el fin de eliminar la humedad, el polvo y agentes erosionantes o agresivos, etc., hasta la reparación o reposición determinados componentes de la edificación; por ejemplo, sustitución de accesorios eléctricos, pintura, reparación o reposición de herrajes, carpintería, cristales, tejas, etc. El costo promedio de los trabajos que se contemplan en este mantenimiento puede oscilar entre el 2 y el 5 % del costo total de la edificación; los mismos que pueden ser realizados por el personal especializado o los propios usuarios.

##### **b) Mantenimiento medio**

Consiste en la reparación de partes no esenciales de la edificación para prolongar su vida útil y evitar deterioros más graves. Este tipo de actividad debe realizarse por personal especializado. El costo promedio oscila entre el 10 y el 15 % del costo total de la edificación.

##### **c) Mantenimiento complejo**

Este tipo de mantenimiento consiste en reparaciones o sustituciones complejas de elementos fundamentales de la edificación; por ejemplo, componentes estructurales, elementos portantes principales y otros de importancia. Esta actividad debe ser realizada por personal especializado; su costo promedio varía del 25 al 30 % del costo total de la edificación.

Algunos autores incluyen en las categorías de los factores de conservación y mantenimiento a las labores de: ampliación, modernización y ampliación; pero optamos por no contemplarlos en la anterior clasificación debido a que estos trabajos, por su complejidad y costo, pueden considerarse como nueva construcción, y su aplicación puede estar motivada por intereses diversos como: renovación urbana, restauración histórica, remodelación, modificación de funciones arquitectónicas, etc. “El costo promedio de estos trabajos puede oscilar del 50% al 60% del costo total de la edificación, o superarlo cuando los intereses anteriormente señalados motiven su realización incluso contra su rentabilidad” (Arencibia y Borroto, 2005).

#### **4.1.3.2 Factor de Periodicidad de mantenimientos**

##### **a) Mantenimiento planificado**

Actuaciones periódicas en un edificio con visión preventiva, articular sobre un programa preestablecido o rutinario o basándose en una metodología predictiva que establezca el programa según un buen conocimiento del estado y evolución del edificio.

##### **b) Mantenimiento no planificado**

Consiste en “actuaciones en un edificio con un objetivo puramente correctivo frente a defectos constructivos que se detectan de forma inesperada o de averías imprevistas” (Casanovas, 1996).

En las diversas clasificaciones sobre los trabajos de mantenimiento según diferentes factores, pero siempre se aboga por el bienestar y buen funcionamiento de las edificaciones como premisa fundamental.

#### **4.1.3.3 Los costos de mantenimiento de edificaciones**

La falta de mantenimiento de los espacios podría ocasionar que, a corto plazo, el edificio no cumpla con sus funciones previstas además de aquellas instalaciones sin una conservación permanente o reparación inmediata resulte en que las instalaciones se vuelvan inhabitables y además generen daños mucho más onerosos que el costo de la parte de la

instalación deteriorada en sí misma. Los costos de mantenimiento pueden reducirse en dependencia de la premura y exactitud con que se aplique el Programa de Mantenimiento. Además, estos costos son útiles en dos sentidos, i) evalúan resultados internos de mantenimiento y ii) comparan la inversión con los resultados operativos de la institución. Sin embargo, para tener un mejor conocimiento de los costos de mantenimiento se debe lograr unificar los trabajos de mantenimiento, tener un conocimiento pleno de las distribuciones internas, los consumos puntuales de las instalaciones, los espacios ya intervenidos, las causas de las fallas y con ello encontrar la relación acción-causa-efecto.

#### **a) El costo total**

El costo total de toda edificación depende de varios factores. En Tejera (2003) se abordan estos factores y se plantea que “ el costo global hay que considerarlo como la suma de los gastos que genera un edificio a lo largo de su vida, incluyendo la primera inversión, los gastos diferidos de mantenimiento y funcionamiento y los costos indirectos de equipamientos colectivos”.

#### **b) El costo global**

El costo global puede determinarse de la siguiente manera: Costo Global = Costo Inicial+ Costo de Mantenimiento + Costo Indirecto. Dentro del costo de mantenimiento se encuentran los mantenimientos programados (Preventivo), las reparaciones no programadas (Correctivo), el funcionamiento (explotación) y el costo de limpieza. Al costo inicial se asocia al costo de urbanización y de terreno, al costo del proyecto, al costo de la construcción y al costo de las tasas de impuestos.

#### **c) El costo indirecto**

El costo indirecto no es más que el de equipamientos, el de servicios comunitarios, el de intervenciones en el entorno y las contribuciones especiales en servicios colectivos. Se

puede observar cómo los costos de mantenimiento de un edificio se analizan o se tienen en cuenta a la hora de sacar o calcular el costo global de una obra.

Existe además una ley que estima los costos diferentes que representan la corrección de los defectos en las diferentes etapas de la vida de un edificio y consta de cuatro etapas (Do Lago, 1997):

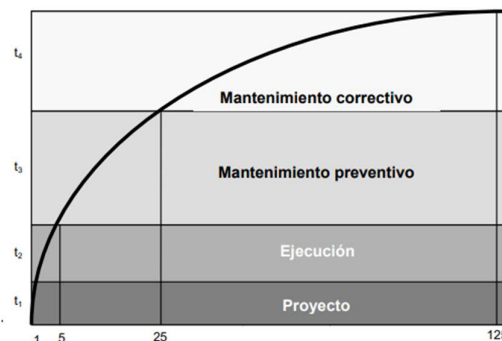
1. Etapa de proyecto: Toda medida tomada a nivel de diseño con el objetivo de aumentar la protección y la durabilidad de la estructura, como, por ejemplo, aumentar el espesor del recubrimiento de la armadura de refuerzo, reducir la relación agua/cemento del hormigón o aumentar la resistencia del hormigón.

2. Etapa de ejecución: Toda medida fuera del proyecto, tomada durante la fase de ejecución propiamente dicha, incluyendo en ese período la obra recién construida, implica un costo 5 (cinco) veces superior al costo que representaría la toma de una medida equivalente en la fase de proyecto, para poder obtener el mismo nivel final de protección, durabilidad o vida útil de la estructura. Un ejemplo típico sería la decisión de protección del acero de la armadura.

3. Etapa de mantenimiento preventivo: Toda medida tomada con anticipación y conjetura, durante el período de uso y mantenimiento de la estructura, puede ser asociada a un costo 5 (cinco) veces menor que aquel necesario para la corrección de los problemas generados a partir de una intervención no preventiva. Al mismo tiempo estará asociada a un costo 25 (veinticinco) veces superior a aquel que habría ocasionado una decisión de proyecto para la obtención de mismo “grado” de protección y durabilidad de la estructura.

4. Etapa de mantenimiento correctivo: Corresponde a los trabajos de refuerzo, reparación, diagnóstico, pronóstico y protección de las estructuras que ya perdieron su vida útil de proyecto y presentan manifestaciones patológicas, o sea corrección de problemas evidentes. A estas actividades se puede asociar un costo 125 (ciento veinticinco) veces

superior al costo de las medidas que podrían y deberían haber sido tomadas en la fase de diseño y que implicarían el mismo nivel de durabilidad y protección que se estime para esa obra después de la intervención correctiva. Según De Sitter (1984), autor de esta ley de costos tan ampliamente citada en bibliografías específicas del tema, aplazar una intervención significa aumentar los costos directos en progresión geométrica de razón 5 (cinco), lo que torna aún más actual el conocido refrán popular “no dejes para mañana lo que puedes hacer hoy”, por cinco veces menos.



**Figura 7.** Ley de evolución de costos.

En la figura 7 se puede deducir que la aplicación adecuada y en el momento preciso de medidas y trabajos en las diferentes etapas de la vida de un edificio influye en los costos de una edificación, evidenciando una gran relación y dependencia de estos con los trabajos realizados y considerando en la fase en la que se apliquen, estos harán aumentar o disminuir el valor de los costos.

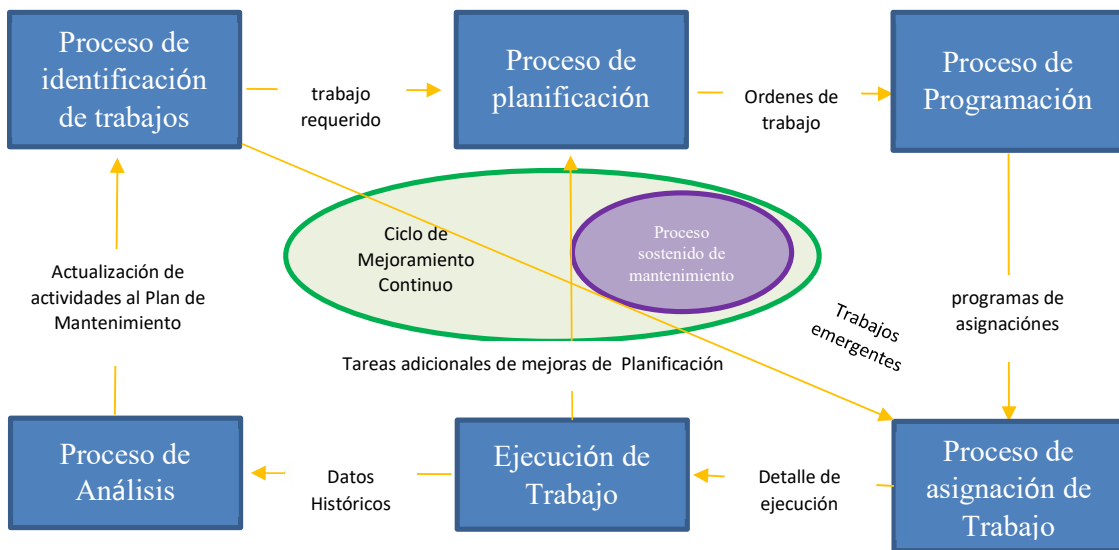
#### 4.1.4. Ciclo de trabajo del mantenimiento

En base a los sistemas de gestión de calidad - requisitos (ISO 9001, 2008) y características reales de las unidades de mantenimiento se puede establecer un diagrama reconocido como ciclo de trabajo de mantenimiento. Así, se distinguen aspectos que deben considerarse al elaborar e implementar un modelo de gestión del mantenimiento.

En la Figura 8 se presentan dos ciclos de trabajos muy representativos y necesarios en un buen modelo de gestión de mantenimiento. El primero, reconocido como el Ciclo



Habitual de Mantenimiento (Arata, 2009) o bien ciclo de trabajo estándar, explica la secuencia lógica del proceso táctico-operativo de las actividades de mantenimiento, las cuales son: Planificación, programación, asignación de tareas/trabajo y la ejecución correspondiente. El segundo, definido como Ciclo de Mejoramiento Continuo, agrega al ciclo dos nuevas actividades, el análisis de lo ejecutado para buscar oportunidades de mejora (ej.: modificar el plan de mantenimiento) y el proceso de identificación de tareas necesarias para implementar las mejoras definidas anteriormente. Evidentemente, dependiendo del nivel de emergencia con que se requiera implementar la mejora, existirá la posibilidad de hacer un salto directamente al proceso de asignación de trabajo (línea diagonal en la figura 8).



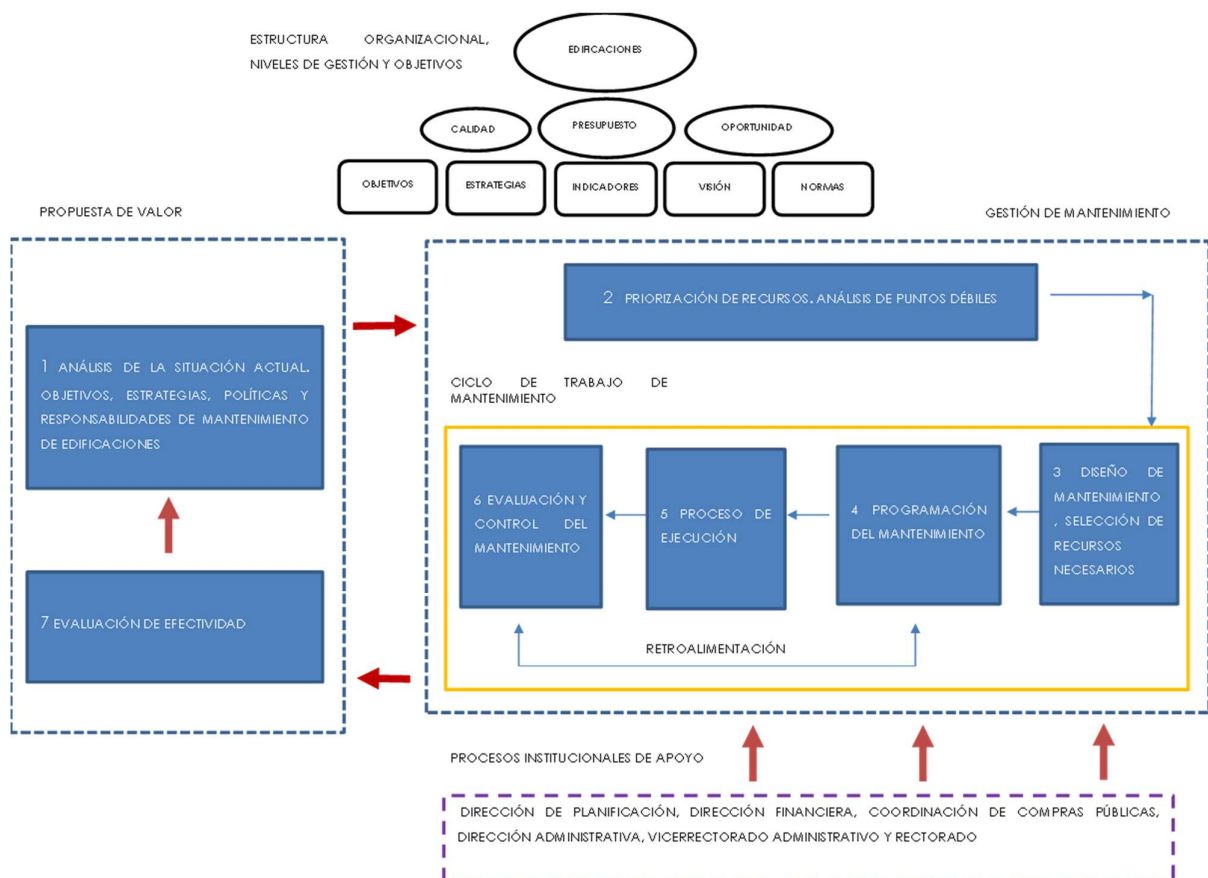
**Figura 8.** Ciclo de trabajo de mantenimiento

Un modelo de gestión del mantenimiento debe ser eficaz, eficiente y oportuno, es decir, debe estar alineado con los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa, minimizando los costos indirectos de mantenimiento (Vagliasindi, 2003) (asociados con las pérdidas de producción). A su vez, debe ser capaz de operar, producir y lograr los objetivos con el mínimo costo (minimizando los costes directos de mantenimiento), generando a su

vez actividades que permitan mejorar los indicadores claves del proceso de mantenimiento, asociados a mantenibilidad y confiabilidad. Además, para generar un modelo de mantenimiento robusto y eficaz se deben considerar factores relacionados con la disponibilidad de recursos y su respectiva gestión (Márquez, 2007).

#### 4.2. Definición del Modelo de Gestión de Mantenimiento y Descripción de las etapas propuestas

En la figura 9, se muestra el Modelo de Gestión de Mantenimientos, en el que se propone desarrollar 7 etapas que definen los factores que afectan a los mantenimientos de una institución. Una vez definida la estructura organizacional y cada proceso a seguir, el objetivo del modelo es mejorar los planes de mantenimiento de cualquier tipo de institución.

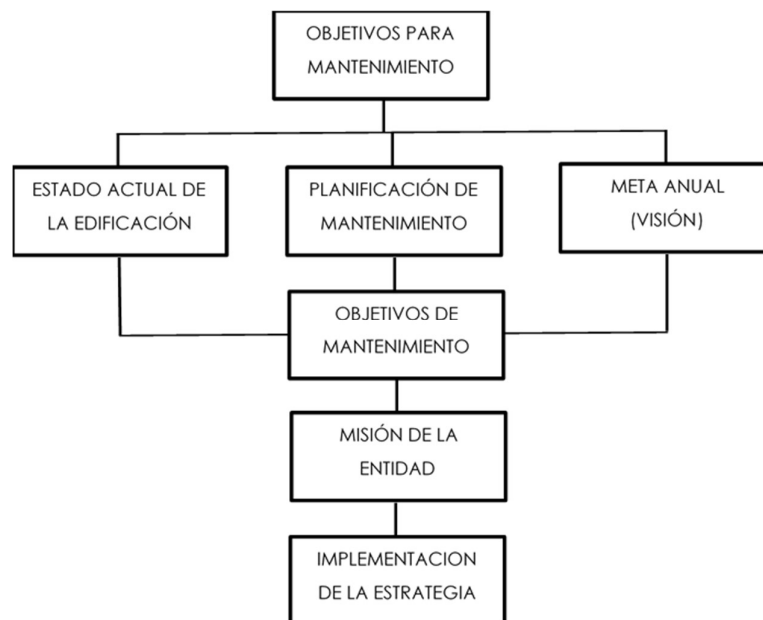


**Figura 9.** Modelo de Gestión de Mantenimiento Propuesto

#### 4.2.1 Etapa 1: Análisis de la situación actual.

Es necesario realizar una valoración o diagnóstico de la situación actual debido a que se debe considerar todos aquellos aspectos relacionados con el mantenimiento de la edificación de los cuales se disponga información; por ejemplo, aspectos tales como la planificación, programación y ejecución de las tareas de mantenimiento, histórico de intervención por espacio, indicadores de tiempo con el que se presentan necesidades por espacio y tiempo medio de reparación, recursos financieros asignados al mantenimiento e impacto económico.

Para lograr un correcto desempeño en la gestión global del mantenimiento en una edificación resulta imprescindible definir previamente los objetivos (metas) que se persiguen, estableciendo una estrategia orientada a esos objetivos y determinando las responsabilidades del personal implicado a nivel operacional y gerencial. El proceso de definición en la figura 10, indica una estrategia de mantenimiento necesaria.



**Figura 10.** Modelo para la definición de la estrategia de mantenimiento

- Determinar los objetivos de mantenimiento, por ejemplo: valores estimados y realistas para estos indicadores de gestión: disponibilidad de materiales, confiabilidad, seguridad, riesgo, etc.
- Determinar el desempeño actual de las instalaciones, comparándolas con sus capacidades nominales.
- Determinar los indicadores claves para la evaluación del rendimiento de las instalaciones, materiales etc.

Propuesta para esta etapa:

- Contar con el catastro de cada una de las edificaciones.
- Estado estructural y evaluación.
- Estado y evaluación de instalaciones y acabados
- Estado y evaluación de espacios administrativos, docencia, aulas, culturales y deportivas.

La gestión del mantenimiento debe conseguir alinear todas las actividades de mantenimiento, correctivo, preventivo y predictivo, con la estrategia definida a nivel estratégico o de dirección, táctico y operativo. Una vez transformadas las prioridades de la institución en prioridades de mantenimiento, se elaborará la estrategia, según los objetivos.

#### **4.2.2 Etapa 2: Priorización de trabajos y recursos. Análisis de puntos débiles**

Para esta etapa es importante el análisis de priorización, este análisis es un conjunto de metodología que permite definir la priorización de recursos según el parámetro de valor conocido como "Críticidad" que es proporcional al "Riesgo", generando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando los esfuerzos y recursos técnico-económicos en áreas y eventos que tienen mayor impacto en mantenimientos.

Las acciones a nivel táctico determinarán la correcta priorización de los recursos (personal, materiales, equipos operativos y periodicidad del mantenimiento) para la consecución del plan de mantenimiento.

Las acciones a nivel operativo deben asegurar que las tareas de mantenimiento se llevan a cabo adecuadamente por los técnicos seleccionados, en el tiempo acordado, siguiendo los procedimientos reseñados, utilizando las herramientas adecuadas y con un presupuesto asignado.

Propuesta para esta etapa:

- Contar con la edad de construcción de cada una de las edificaciones.
- Demanda por usuarios
- Condiciones de los materiales que fueron construidos los edificios.
- Listado de herramientas a utilizarse por cada uno de los trabajadores.
- Equipamiento básico: equipo de protección personal.
- Cantidad de personal de mano obrera según el listado de actividades de mantenimiento.
- Rangos de priorización: mantenimientos de instalaciones sanitarias, eléctricas, pintura exterior e interior, estructura, divisiones de ambientes y acabados.

De igual forma, en esta etapa es importante tener en cuenta actividades buffer o parachoques, que permite tener una reserva de días y de recursos para poder usarlos al presentarse necesidades en cuanto a mantenimientos.

En esta etapa se debe contar con Procesos Institucionales de Apoyo, al tener un alcance del personal a necesitar, herramientas y necesidad de materiales, se debe contar con la colaboración de la Dirección de Planificación; en cuanto a presupuesto asignado se necesita a la Dirección de Talento Humano; con el fin de contar de ser el caso con mayor

personal; la Coordinación de Compas Públicas, debido a la adquisición de bienes y servicios y por último se solicita la validación y aceptación de Rectorado.

#### **4.2.3 Etapa 3: Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios**

El diseño de los planes de mantenimiento se puede dividir en tres partes fundamentales:

- La información, la cual recopila los pedidos de mantenimientos de la edificación.

Se determinan los tipos de mantenimientos en dependencia de su importancia analizando la disponibilidad de recursos. Posteriormente, se determinan para cada función los posibles mantenimientos. A continuación, se identifican las razones del porque se dio ese fallo en la edificación. Con estos datos, se evalúan las consecuencias de cada necesidad de mantenimiento en cada escala (Operacional, herramientas, recursos y presupuesto).

- El tipo de mantenimiento (técnicamente factibles y económicamente rentables) y se determina para cada causa raíz la tarea de mantenimiento a realizar, la frecuencia o periodicidad con que se va a llevar a cabo, el responsable de ejecutarla, así como el nuevo riesgo resultante de aplicar el plan de mantenimiento.

- Necesidad de contar con mayor personal al momento de realizar una priorización de mantenimientos y verificación de recursos necesarios, de ser necesario contar con una asignación temporal de mayor personal, contratación por meses o reubicación del personal existente en otras dependencias para la ejecución de los mantenimientos priorizados.

#### **4.2.4 Etapa 4: Programación del Mantenimiento**

En esta etapa se debe realizar una verificación detallada de todas las actividades de mantenimiento, considerando para ello las necesidades en la escala temporal y el recurso existente para el abastecimiento de recursos, materiales, herramientas, etc. La programación de las actividades de mantenimiento pretende optimizar la asignación de recursos tanto humanos como materiales, así como minimizar el tiempo que conlleva ejecutar los

mantenimientos. La programación en cuanto a un cronograma del mantenimiento debe efectuarse a corto (< 1 año), medio (1-5 años) y largo plazo (> 5 años).

- Cronograma de mantenimiento
- Listas mensuales, anuales o trimestrales de ejecución de las actividades.
- Se prioriza a dos años por la velocidad de respuesta que puede llegar a tener la institución.
- Periodicidad de los mantenimientos debe estar acorde con la priorización de tareas emergentes y materiales existentes.

En esta etapa se debe contar con Procesos Institucionales de Apoyo tales como la solicitud de aprobación del plan de mantenimiento por parte de la Dirección Administrativa y de Vicerrectorado Administrativo.

#### **4.2.5 Etapa 5: Proceso de Ejecución**

En esta etapa es importante definir que mantenimientos pueden ser realizados por el personal de la institución y cuales deben ser mediante procesos de contratación. Además, se deberá cumplir con los siguientes parámetros de ejecución de mantenimientos:

- Horario: se deberá definir la hora de ingreso, hora de almuerzo y salida del personal a cargo. Además, se deberá tomar en cuenta de un horario de ejecución de aquellos espacios que no puedan ser intervenidos debido al uso institucional y a la afectación que pueda ser producido si se lo realiza con personal presente.
- Equipo de protección personal: el personal a cargo no podrá realizar ninguna actividad si no cuenta con la vestimenta correcta, calzado y protección (guantes, gafas, etc.)

- Modalidad de intervención a los espacios de trabajo (aulas, laboratorios y espacios administrativos): definir los horarios de intervención debido a que en horas de actividades académicas y administrativas no se podrán realizar ningún tipo de mantenimiento debido al ruido, polvo y demás afectaciones que pueda generar interrupciones y molestias.
- Temas ambientales: se deberá realizar una evaluación física de las instalaciones, evaluación de las actividades programadas, operaciones, equipos, procesos y materiales que maneja la entidad.
- Metodología de construcción: contar con directrices de cómo realizar cada una de las actividades de albañilería, uso de soldadura, mezcla de aditivos, preparación de material pétreo, etc.

En esta etapa se debe contar con Procesos Institucionales de Apoyo: Riesgos laborales, con el fin de mantener un debido proceso de ejecución de personal, uso de herramientas y la protección personal necesaria hacia el personal que ejecuta las actividades de mantenimiento.

#### **4.2.6 Etapa 6: Evaluación y Control del Mantenimiento**

La ejecución de las actividades de mantenimiento (una vez diseñadas, planificadas y programadas tal y como se ha descrito en apartados anteriores) debe ser evaluada continuamente teniendo en cuenta los objetivos de la Institución y los valores estipulados para los tipos de mantenimientos seleccionados por la Institución. Esta evaluación permite tener una retroalimentación y optimizar el diseño de los planes de mantenimiento mejorando de este modo su eficiencia.

Este modelo está diseñado para la recolección de información (solicitudes de mantenimientos, evaluaciones de instalaciones, etc.) y procesar los datos precisos para satisfacer las necesidades de información que lleven a alcanzar los objetivos básicos de la



gestión de mantenimiento, que son el aumento de la eficiencia en respuesta a solicitudes de mantenimientos.

Los datos que posteriormente se analizarán deben ser lo más fiables posible, es decir, el diseño de la hoja u orden de trabajo de mantenimiento ha de ser tal que los operarios y encargados la encuentren sencilla y estándar, ya que sólo así se podrán obtener datos útiles y fiables. Este problema de diseño es básico para el funcionamiento del modelo de mantenimiento. Lo mismo ocurre con el resto de los documentos de captación de datos que componen el mantenimiento.

En esta etapa se debe contar con Procesos Institucionales de Apoyo del personal, debido a la existencia de mantenimientos solicitados por las unidades, están podrán ser las evaluadoras del mantenimiento recibido. En cuanto al control de mantenimiento, esta actividad viene siendo realizada por el Coordinador de Gestión de Infraestructura y Mantenimiento.

#### **4.2.7 Etapa 7. Evaluación de Efectividad**

Para una evaluación de efectividad de mantenimientos se ha procedido a presentar los siguientes indicadores:

- **Porcentaje de mantenimiento planificado:** Este porcentaje es la carga en horas-hombre de mantenimiento preventivo planificado sobre el total disponible en el período analizado. Se recomienda tener al menos un 85% del total de carga de trabajos de mantenimiento planificado con el fin de mantener un margen de control.
- **Cumplimiento del mantenimiento preventivo:** Es el porcentaje del mantenimiento preventivo completado en el período de tiempo que se está analizando sobre el total del mantenimiento realizado. Es aconsejable que ese porcentaje se aproxime

al **90%**, si no es así, se debería revisar el Plan de Mantenimiento, la formación del personal o el estado de la instalación, entre otros.

- **Porcentaje de mantenimiento pendiente:** El mantenimiento preventivo pendiente es aquel que estaba planificado en el período de tiempo que se está analizando, pero que no ha sido completado. Para calcularlo es necesario hacer una estimación del tiempo en horas de personal que se demora en realizar la actividad. El porcentaje de mantenimiento pendiente se calcula dividiendo las horas de personal estimadas en mantenimiento preventivo pendiente entre las horas totales disponibles del personal. Es un índice que también se puede usar para balancear la carga de trabajo recibida y la ejecutada o justificar la necesidad de contratar recursos extras o empresas externas.
- **Defectos encontrados al realizar mantenimiento preventivo:** Este indicador mide la cantidad de trabajos de mantenimiento generados como resultado de trabajos de mantenimiento preventivo realizados, sobre todo de inspecciones rutinarias. También es un indicador valioso para determinar si la frecuencia del mantenimiento preventivo debe ser revisada y por otro lado, el deterioro de la infraestructura. En el primer caso, si no hay defectos o se encuentran muy pocos, o bien no se ha llevado a cabo el mantenimiento correctamente o éste tiene que ser más prolongado en el tiempo. Por tanto, es un indicador que permite mejorar y balancear el Plan de Mantenimiento. En el segundo caso, si hay una tendencia al aumento de los trabajos de mantenimiento como resultado de las inspecciones preventivas rutinarias, esto nos indica un deterioro de los activos.
- **Mantenimiento preventivo vs. correctivo:** Con este índice se pone en relación las horas empleadas en mantenimiento preventivo y las empleadas en el correctivo.

Se calcula dividiendo la cantidad de horas empleadas en tareas correctivas entre la cantidad de horas empleadas en tareas preventivas.

- Porcentaje de mantenimiento correctivo: Se obtiene calculando el porcentaje del mantenimiento correctivo en el período de tiempo que se está analizando sobre el total del mantenimiento realizado. Es un índice del grado del Control del Mantenimiento general que se realiza en la instalación.
- Porcentaje de horas de trabajo de mantenimiento reales es “el porcentaje de horas de trabajo que se emplea para realizar efectivamente el mantenimiento sobre el total de horas empleadas en el mantenimiento”. Por ejemplo, las horas de trabajo real no incluyen horas de “espera”, “viaje” o “materiales”; aunque éstas si se incluyen en el total de horas empleadas en la realización del mantenimiento preventivo. El objetivo en este caso es una cifra igual o superior al **65%**.
- Eficiencia de las horas de mantenimiento preventivo es el índice que “mide el cumplimiento de lo planificado en relación a la productividad. Se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de mantenimiento preventivo realizado} \times \% \text{ de mantenimiento preventivo planificado} \times \% \text{ de horas de trabajo real.}$$

- Roturas de Stock, las cuales permiten medir indirectamente la efectividad del mantenimiento preventivo. Se produce una rotura de stock cuando el inventario con el que cuenta la institución es insuficiente para cubrir el mantenimiento necesario y se produce inactividad en la actividad de mantenimiento.

Mediante esta etapa de evaluación de efectividad se puede comprender que esta estrategia de mantenimiento ayuda a mejorar la operación y mantenimientos de las instalaciones, en esta etapa se debe contar con Procesos Institucionales de Apoyo, la

evaluación de efectividad de los mantenimientos realizados viene a ser dado por el Director Administrativo y Vicerrectorado Administrativo.

## 5. CASO DE ESTUDIO

El modelo propuesto se desea evaluar con una Institución de Educación Superior, la Universidad Nacional de Chimborazo. Se ha escogido esta institución debido a la facilidad para acceder a la información de los procesos y normativas que se ejecutan en términos de mantenimiento para poder contrastar con el desarrollo del modelo de Gestión de Mantenimiento. El plan de mantenimiento que posee esta institución viene aprobado mediante Resolución Universitaria, Art.16., el cual establece que “La Coordinación de Gestión de Infraestructura y Mantenimiento debe: planear, dirigir y controlar los recursos, sean estos, personas, equipos, o materiales para atender los requerimientos técnicos, de costo y de tiempo, observando adecuadas normas de seguridad e higiene, con el fin de optimizar el costo de mantenimiento y el tiempo de paralización, lo que permitirá evaluar los resultados en comparación con lo planeado, lo estimado y lo programado”.

**Tabla 5.** Lineamientos de mantenimiento de la Coordinación de Infraestructura y Mantenimiento, Universidad Nacional de Chimborazo

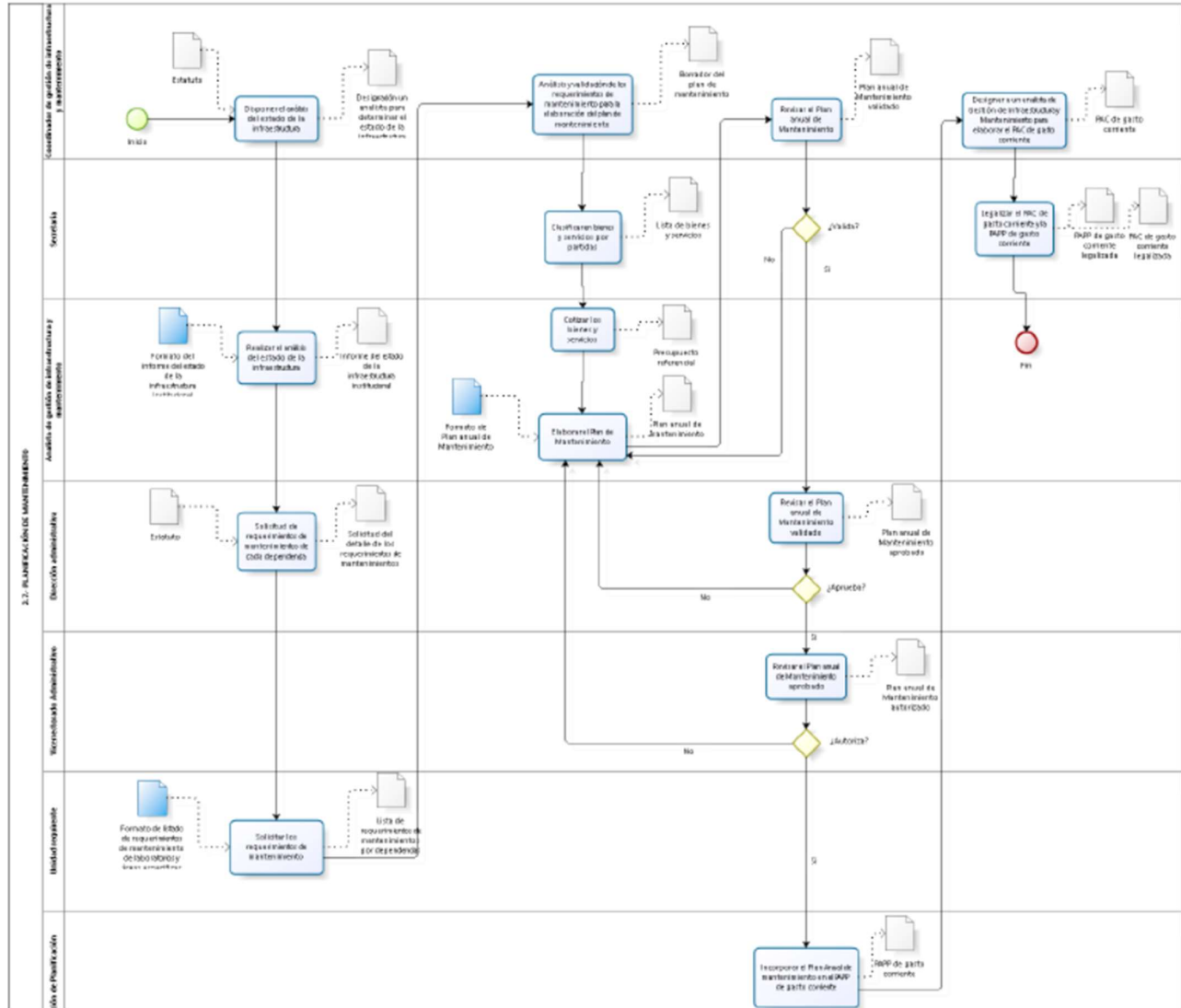
. Artículo	Lineamientos	Descripción
17	Necesidad de Mantenimiento	Solicitud de mantenimientos por parte de las unidades.
18	Listado de requerimientos	Requerimientos previamente aprobados por “la coordinación de infraestructura y mantenimiento formarán parte de un listado de requerimientos, bienes y servicios a considerar en el plan anual de mantenimiento. Dentro de la disposición presupuestaria para el efecto contempladas en la Plan Anual de Políticas Públicas PAPP y la Plan Anual de Contratación PAC”.
19	Presupuesto referencial	Elaboración de presupuesto referencial del listado de requerimientos.
20	Tipos de mantenimiento	Preventivo y correctivo
21	Clasificación de mantenimientos	Eléctrico, mecánico, civil, general

22	Frecuencia de mantenimiento	Recomendación de fabricantes, experiencia del personal operativo, criticidad de la operación, por seguridad, emergencias, condiciones medioambientales, registro histórico. Frecuencia: rutinario y periódico.
23	Organización de Mantenimiento	Mantenimientos preventivos y correctivos. Registro de tareas realizadas y ordenes de trabajo, priorización de sistemas de seguridad y conraincendios.
24	Gestión de Mantenimiento	Inventario de equipos e instalaciones, plan anual de mantenimiento con actividades previstas.
25	Procedimientos de mantenimiento	Mantenimiento de; ascensores, ups, generadores, bombas, tableros eléctricos
26	Orden de trabajo	Una vez autorizado el requerimiento, el Coordinador de Infraestructura y Mantenimiento dispondrá mediante una orden de trabajo al técnico encargado del espacio institucional la realice según la planificación, siempre y cuando se disponga de equipo y materiales.
27	Pedido de materiales	Pedido de materiales mediante formulario.
28	Trabajo ejecutado	Revisión de cumplimiento de normas de calidad y especificaciones técnicas.
29	Imprevisto suscitado	En caso de imprevisto, el técnico designado por la coordinación realizará una inspección inmediata. El mismo que emitirá un informe con la recomendación para la reparación respectiva y la sugerencia de reposición de ser el caso.

Como se puede observar en la tabla 5, el reglamento establecido por la entidad se ha encontrado los siguientes lineamientos que la Coordinación de Gestión de Infraestructura y Mantenimiento debe contemplar como actividades a realizar.

La entidad cuenta con un diagrama de procesos de mantenimientos, donde se refleja el proceso para adquirir bienes y servicios de mantenimiento.

### 3.7.- PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO



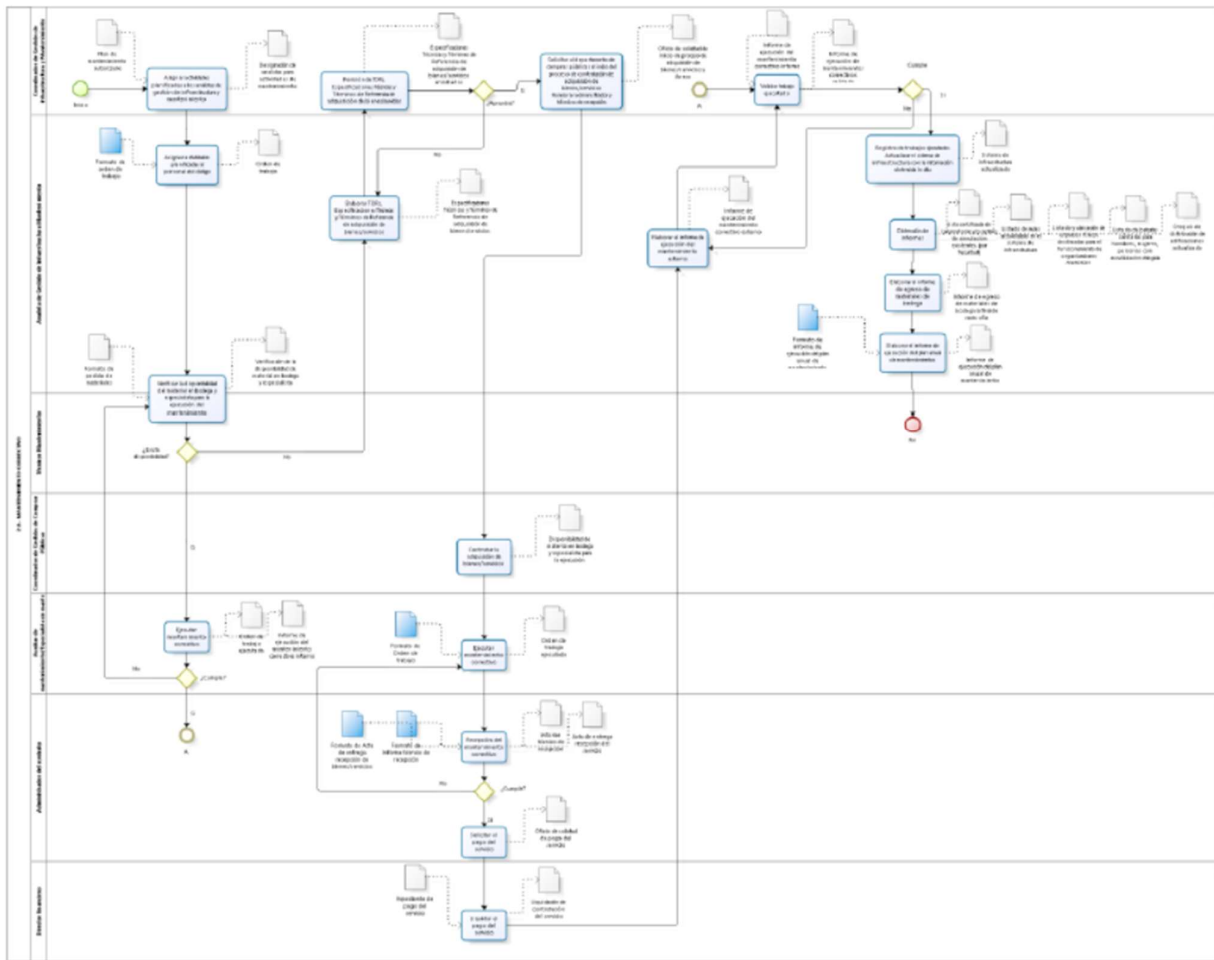
**Figura 11.** Diagrama de procesos de mantenimiento. Universidad Nacional de Chimborazo

En la figura 11, se puede observar que como inicio de proceso se realiza una verificación del estado de la infraestructura, se solicita los requerimientos de mantenimientos de cada dependencia, se analiza y valida los requerimientos para después elaborar un plan de mantenimiento, se clasifica los insumos de los mantenimientos (bienes y servicios), cotización de los bienes y servicios, se elabora un plan de mantenimiento, se solicita presupuesto, se designa un analista para la solicitud de recursos y finalmente, si la Institución Unach, cuenta con el presupuesto solicitado, se asigna una partida presupuestaria





### 3.9.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO



**Figura 13.** Diagrama de procesos de mantenimiento correctivo. Universidad Nacional de Chimborazo

En el caso del mantenimiento correctivo de la figura 13, se inicia el proceso, se asigna actividades planificadas a un técnico, se verifica si está en el plan de mantenimiento y, de ser así, para realizar estas actividades se asigna personal operativo, se verifica la disponibilidad de material en bodega, si tiene el material, se ejecuta el mantenimiento correctivo.

En el caso de no contar con el material, se elaboran términos de referencia para la adquisición de bienes y servicios, se solicita al departamento de compras públicas el inicio

del proceso de contratación, se contrata este tipo de mantenimiento, se ejecuta el mantenimiento correctivo y se recibe lo contratado.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Contraste del modelo de gestión de mantenimiento propuesto y el plan de mantenimiento de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Una vez propuesto el modelo de gestión y seleccionado el caso de estudio, se plantea contrastar el Modelo de Gestión de Mantenimiento propuesto y el plan de mantenimiento establecido por la Universidad Nacional de Chimborazo. Se ha definido una escala de evaluación de cumplimiento mediante un check list de parámetros en cada una de las etapas, en los cuales se determina que:

- De 0-10%: no cumple;
- De 10-70 %: cumple parcialmente;
- De 70 – 100 %: cumple.

**Tabla 6.** Contraste del modelo de gestión de mantenimiento propuesto y el plan de mantenimiento de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Modelo Propuesto	Factores de evaluación	Plan de Mantenimiento de la Unach	Cumple/ No cumple/ cumple parcialmente	Observaciones
<b>Etapa 1:</b> Análisis de la situación actual, objetivos, estrategias, políticas y responsabilidades de mantenimiento de edificaciones	• Disponibilidad de materiales, confiabilidad, seguridad, riesgo, etc.		X	Cumple parcialmente con el 14%.
	• Determinar el desempeño actual de las instalaciones, comparándolas con sus capacidades nominales.		X	
	• Determinar los indicadores claves para la evaluación del rendimiento de las instalaciones, materiales etc.		X	
	• Contar con el catastro de cada una de las edificaciones.		X	
	• Estado estructural y evaluación.		X	
	• Estado y evaluación de instalaciones y acabados		X	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado y evaluación de espacios administrativos, docencia, aulas, culturales y deportivas.</li> </ul>	- Verificación del estado de la infraestructura.	✓	
<b>Etapa 2:</b> Priorización de trabajos y recursos. Análisis de puntos débiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con la edad de construcción de cada una de las edificaciones.</li> </ul>		X	No cumple, tiene un 0% de puntuación.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demanda por usuarios</li> </ul>		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones de los materiales que fueron construidos los edificios.</li> </ul>		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listado de herramientas a utilizarse por cada uno de los trabajadores.</li> </ul>		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamiento básico: equipo de protección personal.</li> </ul>		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de personal de mano obrera según el listado de actividades de mantenimiento.</li> </ul>		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rangos de priorización</li> </ul>		X	
<b>Etapa 3:</b> Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información, la cual recopila los pedidos de mantenimientos de la edificación.</li> </ul>	Solicitud de mantenimientos por parte de las unidades. Análisis y validación de requerimientos	✓	Cumple parcialmente con el 33%.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo de mantenimiento (técnicamente factibles y económicamente rentables) y se determina para cada causa raíz la tarea de mantenimiento a realizar, la frecuencia o periodicidad con que se va a llevar a cabo.</li> </ul>		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de contar con mayor personal al momento de realizar una priorización de mantenimientos y verificación de recursos necesarios</li> </ul>		X	
<b>Etapa 4:</b> Programación del Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronograma de mantenimiento</li> </ul>		X	No cumple, tiene un 0% de puntuación.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listas mensuales, anuales o trimestrales de ejecución de las actividades.</li> </ul>		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se prioriza a dos años por la velocidad de respuesta que puede llegar a tener la institución.</li> </ul>		X	

	• Periodicidad de los mantenimientos debe estar acorde con la priorización de tareas emergentes y materiales existentes.		X	
<b>Etapa 5:</b> Proceso de ejecución	• Horario		X	No cumple, tiene un 0% de puntuación.
	• Equipo de protección personal		X	
	• Modalidad de intervención a los espacios de trabajo		X	
	• Temas ambientales		X	
	• Metodología de construcción		X	
<b>Etapa 6:</b> Evaluación y control del mantenimiento	• Recolección de información (solicitudes de mantenimientos, evaluaciones de instalaciones etc.)		X	Cumple parcialmente con el 50%.
	• Diseño de la hoja u orden de trabajo de mantenimiento ha de ser tal que los operarios y encargados la encuentren sencilla y estándar	Fichas de trabajos de mantenimiento ejecutados, es una ficha de verificación y recepción del trabajo por parte de la unidad requirente.	✓	
<b>Etapa 7:</b> Evaluación de efectividad	• Porcentaje de mantenimiento planificado.		X	No cumple, tiene un 0% de puntuación.
	• Cumplimiento del mantenimiento preventivo		X	
	• Porcentaje de mantenimiento pendiente		X	
	• Defectos encontrados al realizar mantenimiento preventivo		X	
	• Mantenimiento preventivo vs correctivo		X	
	• Porcentaje de mantenimiento correctivo		X	
	• Porcentaje de horas de trabajo de mantenimiento reales		X	
	• Eficiencia de las horas de mantenimiento preventivo		X	
	• Roturas de Stock		X	

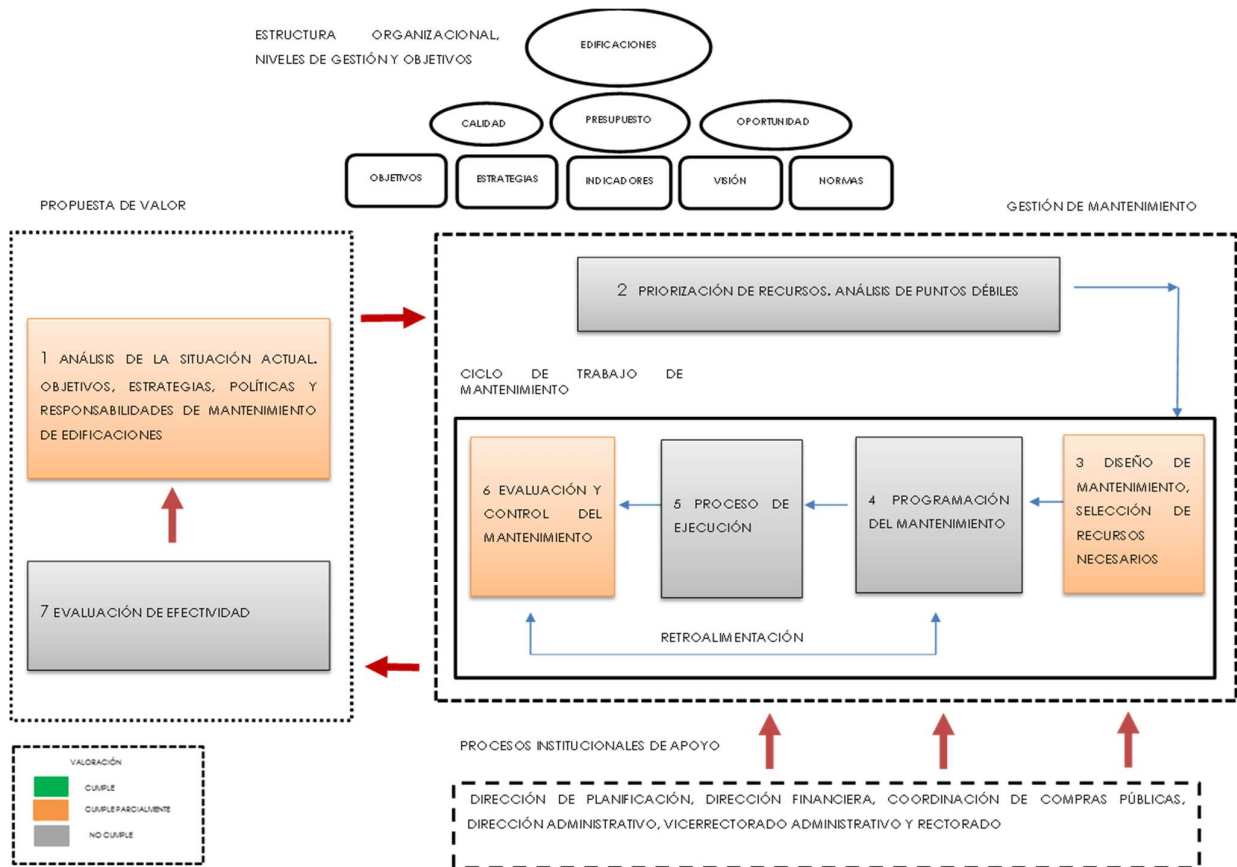
El modelo de gestión de mantenimiento propone ser un soporte de mantenimiento que incluye recursos, servicios y/o gestión y factores necesarios para desarrollar la correcta ejecución de un proceso proactivo de toma de decisiones en el área de mantenimiento. Como se puede observar en la tabla 6, al contrastar el modelo de gestión de mantenimiento

propuesto y el plan de mantenimiento de la Universidad Nacional de Chimborazo utilizando el *check list* de evaluación se puede verificar que la institución cumple parcialmente 3 etapas de las 7 propuestas. Es un indicador que al hacer uso del modelo puede ser clave para una mejora en los procesos ejecutados dentro de la entidad.

A continuación, se justifica la necesidad de implantación del modelo propuesto en la Universidad Nacional de Chimborazo para dar soporte a la gestión global del mantenimiento y se exponen las principales ventajas que se pueden obtener:

- Disponibilidad de información para la toma de decisiones: control de costos, equipos críticos, repuestos, proveedores, personal o sobre cualquier otro parámetro relevante.
- Gestión de recursos, planificación y control de la ejecución del mantenimiento. Un modelo de gestión del mantenimiento permite la captura y utilización de datos y parámetros. Las principales características operativas que debe tener cualquier gestión del mantenimiento son:
  - Creación de datos de las instalaciones: datos técnicos, situación operativa.
  - Almacenamiento y análisis del histórico de mantenimientos por espacio: fecha, duración, costo, operarios, equipos, repuestos, etc.
  - Establecimiento de niveles de alarma para determinados parámetros.
  - Planificación y gestión de tareas, recursos e inventario.
  - Control del estado de cada orden de trabajo y de la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.
  - Generación de informes.
  - Análisis de las fallas.

En el caso de la Universidad Nacional de Chimborazo, aplicando el modelo de gestión de mantenimiento propuesto se observa en la figura 14, las etapas en donde la institución presenta fallos en los procesos y planteamientos de planificación de mantenimientos. Los bloques de color naranja representan el cumplimiento parcial de los factores en cada una de las etapas, mientras que aquellos que están en color gris, son etapas que en la institución no fueron contempladas dentro de sus procesos de mantenimientos.



**Figura 14.** Modelo de gestión propuesto aplicado en la Universidad Nacional de Chimborazo.

Como se puede ver, la integración de modelos de mantenimiento da soporte a la planificación de mantenimientos programados debido a que es necesario generar una política común de integración a todos los niveles de la organización. De este modo, todos los factores de apoyo a las diferentes unidades y procesos de la institución se deben integrar en un

lenguaje común que facilite su utilización multiusuario, la generación de conocimiento, el análisis de gestión de las unidades y evaluaciones económicas globales de impacto sobre la institución, entre otras.

De igual forma la elección de mantenimientos críticos; en el área de edificaciones, las instituciones satisfacen con su actividad una demanda de mantenimientos. La respuesta a esta demanda se realiza con criterios de eficiencia (rentabilidad), que suelen incluir: mínimos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto, traducido a mantenimiento, significa minimizar el inventario de insumos, garantizando la disponibilidad requerida de intervenciones en cuanto a mantenimientos; no obstante, la complejidad de los mantenimientos hace que la satisfacción de ambos criterios sea difícil, e incluso a veces contrapuesta.

Desde el punto de vista técnico, cuantos más insumos de repuesto se dispongan en stock más se asegurará el éxito del mantenimiento y, desde el punto de vista económico, cuantas menos piezas haya almacenadas, menor capital inmovilizado existirá.

## **6.2. Discusión**

El modelo de gestión de mantenimientos propuesto contempla los factores y componentes que permiten garantizar efectividad y flexibilidad para adaptarse a las necesidades específicas de las edificaciones en la línea de lo que comenta (Brown, 2017). En particular, los factores y componentes integran aspectos clave como i) la estructura organizacional, niveles de gestión y objetivos, ii) organización de mantenimiento en las edificaciones; iii) factores que priorizan la ejecución de un mantenimiento y iv) ciclo de trabajo de mantenimiento. En particular, la propuesta se basa en los sistemas de gestión de calidad - requisitos (ISO 9001, 2008) y las características reales de las unidades de



mantenimiento para establecer un diagrama reconocido como ciclo de trabajo de mantenimiento.

También se consideran ciclos de trabajo estándar y ciclos de mejoramiento continuo como lo sugiere Arata (2009); esto permite por un lado seguir la secuencia lógica del proceso táctico-operativo de las actividades de mantenimiento y, por otro lado, analizar lo ejecutado para buscar oportunidades de mejora (ej.: modificar el plan de mantenimiento) y el proceso de identificación de tareas necesarias para implementar las mejoras definidas anteriormente. Las características del mantenimiento y de las reparaciones están en función de la tipología de la edificación en sí y están estrechamente relacionadas con la época de construcción y de los materiales que se emplearon en su ejecución como lo recomiendan otros estudios (Mantenimiento Planificado, 2010).

Las etapas planteadas en el modelo de gestión del mantenimiento propuesto son ideales para aplicarlo a instituciones de educación superior y se alinean con los objetivos que estas puedan tener para ser eficaz, eficiente y oportuno. Las etapas se han definido para que el modelo, una vez puesto en marcha, sea capaz de operar, producir y lograr los objetivos con el mínimo costo, como lo sugiere Vagliasindi (1989), generando a su vez actividades que permitan mejorar los indicadores claves del proceso de mantenimiento, asociados a mantenibilidad y confiabilidad. Además, el modelo contempla factores relacionados con la disponibilidad de recursos y su respectiva gestión en línea con lo que se plantea en Márquez (2007) para hacerlo robusto y eficaz.

Otro aspecto importante en el modelo propuesto es el entrenamiento técnico e implicación del personal a todos los niveles dentro de la organización. La participación y compromiso de todo el personal involucrado en el área del mantenimiento será un factor crítico para el éxito y mejora continua. La información capturada de las diferentes unidades del proceso debe estar completa y debe permitir su interpretación y análisis.

Esta investigación pretende cubrir la carencia de modelos de gestión de mantenimientos en el Ecuador, y pretende ser un insumo para crear normativas en temas relacionados. Esto complementaría a los planes de mantenimiento que por lo general se definen en las instituciones, englobando de esta manera todos los componentes necesarios para una gestión adecuada con una periodicidad definida en base a una revisión de lineamientos fundamentales como se manifiesta en el manual de mantenimiento recurrente y preventivo de los espacios educativos del Ministerio de Educación del Ecuador (2013).

## 7. CONCLUSIONES

Este tema de investigación desarrolla un modelo de gestión de mantenimiento bajo la visión de procesos de mejora continua, considerando una revisión profunda de un conjunto representativo de modelos de gestión de mantenimiento, los cuales siguen una secuencia lógica de actuación jerarquizada (Modelo de 7 etapas).

El modelo planteado consigue alinear los objetivos institucionales del mantenimiento con los objetivos de mejora continua. Además, propone algunas herramientas de apoyo en las principales etapas del modelo, dando a conocer las principales bondades y funcionalidad dentro del ciclo propuesto. Mediante estas herramientas, se entrega soporte en la toma de decisiones lógicas de gestión y optimización de una manera real y continua en todos los procesos que tienen que ver con la planificación, programación, ejecución y evaluación del mantenimiento, teniendo en cuenta el contexto operacional y contemplando todas las restricciones que pueden afectar a la eficiencia de la gestión del mantenimiento.

El escenario actual de la Universidad Nacional de Chimborazo existe activos que indican que las necesidades de mantenimiento han ido aumentando durante los últimos años, por lo cual se estima conveniente que la evaluación de estrategias de mantenimiento, la selección de tareas y por ende la gestión global del mantenimiento en la organización se deba manejar de manera formal y responsable, dejando de lado la improvisación y aleatoriedades. Además, los objetivos de la unidad encargada de realizar la gestión del mantenimiento serán quien determine plan estratégico de la entidad. Las estrategias de mantenimiento deben mantenerse alineadas a las necesidades de la institución ya que de esto depende la cumplir con los objetivos del mantenimiento y, también, los del propio plan de operacional de la organización.

## **8. RECOMENDACIONES**

La aplicación del modelo propuesto tiene como ventaja principal el uso de las instalaciones de las edificaciones por mayor tiempo y con servicio adecuado, esto representa una ventaja para los usuarios ya que satisface mejor sus necesidades sin agravar el presupuesto de la entidad. La ejecución del mantenimiento a tiempo impide el desgaste anticipado de las edificaciones y sus equipos y reduce los costos por ejecución de grandes reparaciones generales de los edificios. Se trata en principio de reparaciones menores ejecutadas regular y periódicamente en las distintas estructuras, equipos, etc. Esto permite que la principal ventaja de estos mantenimientos venga a ser completamente dependientes de la parte presupuestaria. Existe una insuficiencia de conocimiento acerca de los beneficios que proceden de los gastos de diferentes niveles de mantenimiento y se presta poca atención a prevenir o predecir los efectos totales por hacer o inhibirse de hacer trabajos en este campo. La razón puede ser que desde el punto de vista de empresas individuales, la cantidad desembolsada en mantenimiento es pequeña comparada con los costos de otras operaciones, pero al analizarse a escala institucional es claro que el mantenimiento es una actividad de primera importancia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arata, A. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento*. RIL editores.
- Arata, A. (2009). *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES*. CANOPUS EDITORIAL DIGITAL SA.
- Alshamrani, O., & Hwang, B.-G. (2021). Building maintenance management: Optimizing cost and resource efficiency. *Journal of Facilities Management*, 19(4), 567-584.  
<https://doi.org/10.1108/JFM-10-2020-0161>
- Barberá-Martínez, L. (2014). *Técnicas y métodos avanzados para la toma de decisiones en la gestión de activos y mantenimiento.: Diseño, desarrollo e implementación práctica* (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
- Casanovas, X. (1996). El mantenimiento de edificios. *Montajes e instalaciones: Revista técnica sobre la construcción e ingeniería de las instalaciones*, 26(293), 87-92.
- Brown, J. (2017). Cost-effective maintenance strategies for buildings. *Facilities Management Review*, 12(3), 45-58.
- De Andrés, J., Landajo, M., & Lorca, P. (2009). Flexible quantile-based modeling of bivariate financial relationships: The case of ROA ratio. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8955-8966.
- De Sitter, W. R. (1984). Costs of service life optimization" The Law of Fives". In CEB-RILEM Workshop on Durability of Concrete Structures (Copenhagen, Denmark, May 18-20, 1983) (pp. 131-134). Comité Euro-International du Béton.
- Do Lago, H., Pcras, R. (1997): *Manual para la Reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto*, IMCYC.
- EN, C. (2001). 13306: Maintenance terminology. *European Committee for Standardization*.
- Fernández, A., Abreu, B., & Roniel, F.(2018): *Propuesta para la generalización del Programa para el Mantenimiento Constructivo de las Edificaciones de la Universidad de las Ciencias Informáticas*.

- Fernández, J. M. A. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. *Revista de Arquitectura e ingeniería*, 1(1), 1-8.
- Gutiérrez Plaza, M., Casanova Fernández, J., & Hernández, E. (1985). Sistematización de los criterios aplicables a los trabajos de mantenimiento, reparación y rehabilitación en el patrimonio público de la vivienda de la Comunidad Autónoma de Madrid. *Madrid, España*.
- International Organization for Standardization. (2008). *Quality management systems — Requirements* (ISO 9001:2008). [ISO 9001:2008\(en\), Quality management systems — Requirements](#)
- Jones, R., & Thompson, G. (2023). Adapting maintenance management practices to evolving regulations. *Building Research & Information*, 51(2), 237-250.
- Kans, M. (2008). An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems. *Computers in industry*, 59(1), 32-40.
- Kuo, Y.-F., & Chen, Y.-L. (2019). Building maintenance management and its impact on occupant satisfaction. *Journal of Building Performance*, 10(2), 56-70.
- Loría González, R. (2005). ¿ Qué alarga la vida útil de una edificación. *Revista Construcción*, 81.
- Márquez, A. C. (2007). *The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance*. Springer Science & Business Media.
- Mishra, R. P., Anand, G., & Kodali, R. (2006). Development of a framework for world-class maintenance systems. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 5(02), 141-165.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2013). *Manual de mantenimiento recurrente y preventivo de los espacios educativos*. <https://educacion.gob.ec/wp>
- Muthu, S. S. (2019). Evolution of maintenance management practices: From reactive to proactive. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(1), 22-40.
- Parida, A., & Chattopadhyay, G. (2007). Development of a multi-criteria hierarchical framework for

- maintenance performance measurement (MPM). *Journal of Quality in maintenance Engineering*, 13(3), 241-258.
- Pintelon, L. M., & Gelders, L. F. (1992). Maintenance management decision making. *European journal of operational research*, 58(3), 301-317.
- Prando, R. R. (1996). *Manual Gestión de Mantenimiento a la medida*. Piedra Santa.
- Ruiz, G. (1998, April). Conservación y rehabilitación. Políticas, vías y acciones. In IV Conferencia Internacional de la Vivienda y el Urbanismo, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Tejera Garófalo, P. (2003). Introducción a las Patología de los Edificios. *Apuntes para libro en proceso editorial*, 13.
- Tronconi, O., & Ciaramella, A. (2003). Gestire la manutenzione.
- Vagliasindi, F. (1989). Gestire la manutenzione. *Perche e come*. Milano: Franco Angeli.
- Vanneste, S. G., & Van Wassenhove, L. N. (1995). An integrated and structured approach to improve maintenance. *European Journal of Operational Research*, 82(2), 241-257.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.
- Zhen, L., & Zeng, X. (2020). Proactive maintenance and asset management in buildings. *Building Research & Information*, 48(6), 635-648.