

02-004

THE MANAGEMENT OF MAINTAINABILITY THROUGHOUT THE LIFE CYCLE OF BUILDINGS AND ITS CONTRIBUTION TO SUSTAINABILITY

García Ahumada, Francisco Luis (1); González Gaya, Cristina (2); Sebastián Pérez, Miguel Angel (2); Rosales Prieto, Victor Francisco (2)

(1) Programa modular Facility Management y Gestión de Activos ETS de Ingenieros Industriales de la UNED, (2) Dpto. Ingeniería de Construcción y Fabricación Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, UNED

Operation, maintenance and repair represent costs that can exceed 300% of the construction cost or 60 to 80% of the building's life cycle costs, and will be critical in assessing the sustainability, efficiency and effectiveness of the building. Optimal management of a building includes its performance and costs throughout its life cycle. Critical to the management of its performance attributes is maintenance management. This management model starts with the performance requirements of the asset, by the client, through the "Owner's Project Requirements" (OPR) or the "Current Facility Requirements" (CFR) depending on the type of building. They establish the attributes that the building must have and what operation and maintenance (O&M) model is necessary to provide them, with an adequate level of performance during its useful life. To achieve these objectives, we have the "Design for Maintainability" (DFM). This consists of integrating O&M expertise into the Planning and Design process to achieve safe, easy and economical O&M tasks throughout the life of the building.

Keywords: Maintainability; Maintenance; Design; Commissioning; Circular economy.

LA GESTIÓN DE LA MANTENIBILIDAD A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DE LOS EDIFICIOS SU CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD

La operación&mantenimiento&reparación, representan unos costes que pueden superar el 300% del coste de construcción o del 60 al 80% de los costes del ciclo de vida del edificio; y van a ser críticos a la hora de evaluar su sostenibilidad, eficiencia y eficacia. La gestión óptima de un edificio incluye sus prestaciones y costes a lo largo de su ciclo de vida. Para la gestión de sus atributos prestacionales es crítica la gestión del mantenimiento. Este modelo de gestión se inicia con los requerimientos prestacionales del activo, por parte del cliente, mediante los "Requerimientos del Proyecto de la Propiedad" (Owner's Project Requirements, OPR) o los "Requerimientos actuales del edificio" (Current Facility Requirements, CFR) según el tipo de edificio. En ellos se establecen los atributos que deberá tener el edificio y que modelo de explotación (Operation&Maintenance, O&M) es necesario para disponer de ellos, con un nivel de prestaciones adecuado durante su vida útil. Para alcanzar estos objetivos disponemos del "Diseño para la Mantenibilidad" (Design for Maintainability, DFM). Que consiste en integrar la experiencia en O&M en el proceso de Planificación y Diseño para lograr unas tareas de O&M seguras, fáciles y económicas a lo largo de la vida del edificio.

Palabras clave: Mantenibilidad; Mantenimiento; Diseño; Commissioning; Economía circular.

Correspondencia: Francisco Luis García Ahumada Correo: ahumadafm@gmail.com



1. Introducción y Objetivos

El alcance de esta comunicación se limita a analizar la influencia del concepto de mantenibilidad en la gestión de los activos físicos particularizando éstos, en los edificios del sector terciario y para analizar esta influencia se va a adoptar el punto de vista del Facility Manager que es, su principal operador a lo largo de la mayor parte del ciclo de vida [Peretti, G., & Druhmman, C. K. (2019)].

La demanda de la sociedad, de una edificación sostenible, obliga a la optimización de todos los atributos que forman parte de la construcción de edificios como ha puesto de manifiesto la UE a través de documentos como los dedicados a la sostenibilidad y economía circular [European Commission.(2020)], [Level (S)], la línea del tiempo de esta optimización seleccionada es la de la vida del activo, y esta vida está ligada al concepto de desempeño, que, como se indica en [ISO 15686-5: 2017] “while fulfilling the performance requirements” (sic). Por tanto la gestión del activo va a ir unida a la gestión de los requerimientos que se hayan establecido en el inicio del proyecto del edificio, a través de los “requerimientos de proyecto” [SA TS 5342:2021]. En esta gestión, va a ser un elemento crítico, el modelo de operación y mantenimiento que se implemente. Pero este modelo debe de estar alineado con la estrategia empresarial u organizativa, y sobre todo va a ser un coste relevante en la gestión del activo físico dado a lo largo del ciclo de vida pues pueden representar un coste que oscila entre el sesenta y el ochenta por ciento del coste del ciclo de vida [Darell Rounds (2018)].

En el modelo de operación y mantenimiento, la mantenibilidad va a tener una posición determinante, que va a ser una característica del diseño que permitirá facilitar y optimizar tanto la operación como el mantenimiento a lo largo del ciclo de vida.

En esta comunicación se va a circunscribir a la mantenibilidad y a una forma de diseño orientada a la misma que es el Diseño orientado a la mantenibilidad (Design for Maintainability, DfM) y su gestión a lo largo del ciclo de vida y como, va a ser necesario que sea considerado como un atributo más a gestionar mediante el commissioning a lo largo del ciclo de vida.

El objetivo de esta comunicación es establecer que la mantenibilidad es un requerimiento necesario de proyecto, y que es necesario implementarlo mediante el DfM, y que como tal, este requerimiento, debe de ser gestionado a través del proceso de commissioning (dentro de todo el conjunto de atributos ya requerimientos) a lo largo del ciclo de vida del activo físico.

2. Método de investigación utilizado

La metodología utilizada se basa en el análisis de bibliografía existente, tanto en el rango de normativa y guías de organizaciones como publicaciones, y en la experiencia de los autores, a lo largo de su vida laboral. Dado que el desarrollo de la sostenibilidad y la economía circular han impulsado cambios en el concepto de mantenibilidad se ha considerado necesario analizar la evolución del concepto, para seleccionar una definición del concepto de mantenibilidad y del modo de implementarla, el DfM, que permita un alto nivel de alineación con la estrategia del activo físico.

3. Antecedentes

Los conceptos de mantenibilidad y de DfM que se van a utilizar son aquellos que incorporarán el calificativo de sostenible (*green*).

El marco que ha actuado de driver para el desarrollo de los conceptos de mantenibilidad sostenible y DfM se puede situar en dos acciones de la UE ,a la entrada del entorno de mantenimiento en la gestión de activos como se van a detallar que se puso de manifiesto en la norma [UNE EN 16646] y la publicación de la primera norma de commissioning para edificios.

1. En primer lugar la acción de la UE en relación de la economía circular [European Comission. (2020)] en la que se fijan como objetivos principales los siguientes, de los que se incluyen sus definiciones:

- **Durabilidad:** “planificación de la vida útil del edificio y de los servicios elementales, fomentando un enfoque a medio y largo plazo en la vida útil del diseño de los principales elementos del edificio, así como sus ciclos de mantenimiento y sustitución asociados” [sic]
- **Adaptabilidad:** “extensión de la vida útil del edificio en su conjunto, ya sea facilitando la continuación del uso previsto o mediante posibles cambios futuros en el uso, con un enfoque en la sustitución y rehabilitación;” [sic]
- **Reducir los residuos y facilitar una gestión de residuos de alta calidad:** “facilitar el uso circular futuro de elementos, componentes y piezas de construcción, con un enfoque en la producción de *menos residuos* y en el potencial de reutilización o reciclaje de alta calidad de los principales elementos de construcción siguientes deconstrucción. Esto incluye esfuerzos a lo largo de la cadena de valor para promover: 1) la reutilización o el reciclaje de recursos (es decir, materiales) de manera que la mayor parte del valor del material se retenga y recupere al final de la vida útil de un edificio; 2) el diseño de los componentes y el uso de diferentes métodos de construcción para influir en la recuperación para su reutilización o reciclaje para evitar ciclos descendentes” [sic].

Como se puede observar en estos objetivos va a influir, de forma decisiva, el modelo de mantenimiento implantado en el activo para la vida útil del edificio.

2. En segundo lugar se tiene la recomendación que da la UE en el documento nº 1 de la serie LEVELS [Level (s) (2021)] en el que en el que se establece que los grandes objetivos para edificios sostenibles son .

- “Las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de un edificio” [sic]
- “Un recurso eficiente y circular de los materiales a lo largo del ciclo de vida” [sic]
- “El uso eficiente de los recursos hídricos” [sic]
- “Unos espacios saludables y confortables” [sic]
- “La adaptación y resiliencia al cambio climático” [sic]
- “La optimización del coste y el valor del ciclo de vida” [sic]

En este documento es crítico la gestión del ciclo de vida en la que es un driver de gestión el mantenimiento.

Como se verá, más adelante, estos apartados u otros similares, han impulsado el cambio de alcance del concepto de mantenibilidad.

3. Por último la alineación del mantenimiento con la gestión de activos físicos y la estrategia empresarial junto con la necesidad de que la mantenibilidad aparezca aguas arriba del diseño junto con incluir la experiencia del facility manager a lo largo del ciclo de vida del activo. Estos han sido estudiados en [Campbell, J. D., Jardine, A.K.,& McGlynn, J. (Eds.) (2016).] y que se pueden analizar en las figuras 1 y 2 [UNE EN 17485] en las que, a partir de las publicaciones de la norma de certificación de

activos [UNE ISO 55001] se trasladará este alcance del mantenimiento y que se han puesto de manifiesto a partir de [UNE EN 16646] y [EN 17485] .

- a. En la figura 1 se pone de manifiesto la necesidad de la alineación del mantenimiento con los niveles de gestión de activos físicos y estos a su vez con los empresariales/organizativos a lo largo de todo el ciclo de vida. En ella se puede observar como a través de un proceso Top-Down, que tiene su origen en la demanda externa se establecen las políticas empresariales que tienen como consecuencias requerimientos que van a dar lugar a las políticas de gestión de activos y como estas dan lugar a las políticas y estrategias de mantenimiento dentro de estas estrategias se deberán de establecer los requerimientos de mantenibilidad.
 - b. En figura 2 aparece la línea del tiempo y de forma gráfica , en ella se puede ver el ciclo de vida del proyecto. En el se analiza desde el desarrollo de los requerimientos del proyecto y determinación de factores críticos de éxito. La mantenibilidad va a estar presentes en las etapas 1,2,3,4,5,6 y 7. Esta mantenibilidad como atributo deberá de ser validada mediante el correspondiente proceso de commissioning.
4. En el apartado de commissioning los autores han considerado adecuado utilizar la primera norma de commissioning dedicada específicamente a edificios, publicada por el organismo de normalización australiano [SA TS 5342:2021] junto con las directivas de commissioning publicadas por ASRAHE [Estándar ASHRAE/IES 202-2018.] Para establecer la definición del proceso se han seleccionado los siguientes conceptos de la norma australiana [SA TS 5342:2021]:
- **Commissionability** ability of a system to be commissioned to the *project requirements*, including being able to access, commission, test and operate the system and its components through *the system's life* [sic]
 - **Commissioning** advancement of an installation from *static completion* to full working order, including *verification* that *the systems, sub-systems*, and their *components meet the project requirements*[sic]

Figura 1 Proceso estratégico de gestión de activos
 [EN17485, figura 3]

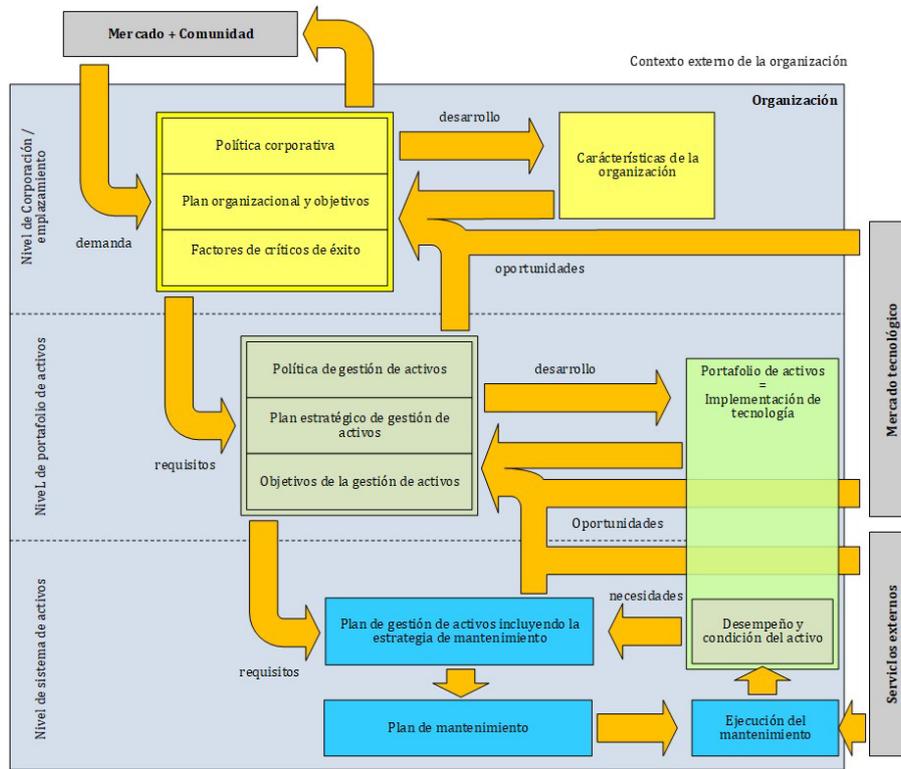
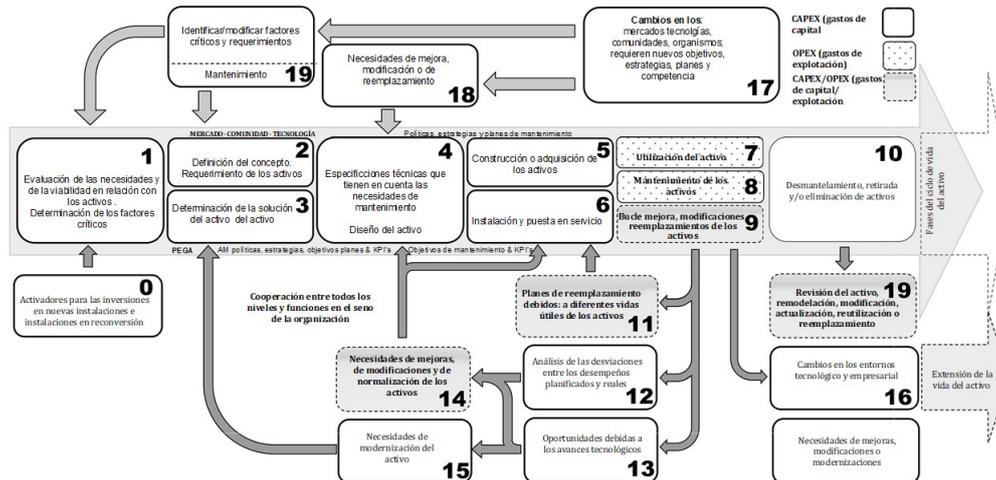


Figura 2 Acciones a lo largo del ciclo de vida
 [EN17485, figura 6]



4. Resultados

En los resultados se va a analizar el concepto de mantenibilidad utilizado, buscando la alineación con la demanda de los criterios de la Comisión Europea [European Commission.(2020)] [Level (S)], teniendo en cuenta su evolución, a continuación se analiza el

proceso para su implantación en los proyectos mediante del DfM y por último el proceso de control y monitorización por el Commissioning.

4.1 Concepto de mantenibilidad seleccionado.

Cara a establecer que concepto de mantenibilidad a utilizar se ha considerado su evolución en los estándares y en las publicaciones:

4.1.1 A través de las normas

Las normas que se han considerado son de procedencia tanto de la International Organization for Standardization (ISO) como European Standard (EN)

1. **Mantenibilidad** [EN 60706-2] La define como la “Capacidad de un elemento bajo condiciones de uso dadas, de mantener o restaurarse a un estado en el que pueda realizarla función exigida, cuando se realiza un mantenimiento en las condiciones dadas y usando procedimientos y recursos” [sic]
2. **Maintainability** [ISO 21929-1] la define como “ability to retain a building in a state in which it can perform its required functions or to restore a building to such a state when a fault occurs” [sic]
3. **Capacidad de mantenimiento** [EN-15643-4] la define como “Aptitud de un componente o de un sistema ensamblado (parte de la obra) o de una obra de construcción para conservar un estado en el que pueda llevar a cabo las funciones requeridas, o bien ser reparado recuperando el estado previo al fallo”. [sic]
4. **Mantenibilidad** [EN 13306] la define como “Capacidad de un elemento bajo condiciones de utilización dadas, de ser preservado, o ser devuelto a un estado en el que pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento se ejecuta bajo condiciones dadas y utilizando procedimientos y recursos establecidos” [sic]

En la búsqueda del entorno normativo no se ha encontrado ninguna información acerca del concepto de mantenibilidad sostenible

4.1.2 A través de las publicaciones

Las publicaciones analizadas son aquellas que han considerado desde su inicio la aplicabilidad de la mantenibilidad a los edificios, como activos físicos, en todos los casos se considera como una característica o atributo ligada al activo o a alguna parte de él. De todas las analizadas se han seleccionado las siguientes:

1. **Maintainability** [Lin, M. C. Y. (2010)]. la define como “the ability to achieve the optimum *performance* throughout the *lifespan* or facility within the *minimun life cycle cost* (LCC)” [sic]
2. **Maintainability** [Darrell Rounds, (2018)] la define como “is considered, inherent to *the building system design*, ensuring the *ease, accuracy, safety, and economy of maintenance tasks within that system*. The purpose of maintainability is to *improve effectiveness and efficiency of maintenance*”. [sic]
3. **Green maintainability** [Chew, Y. L. (2016)]. la define como “to sustainable design and maintainability with green facilities management (Green FM¹) in mind. It requires considerations to maximise the performance, resource and energy efficiency, while minimising the total life cycle cost, embodied energy, environmental impact and

¹ Green FM (Facility Management) [Chew, Y. L. (2016)]. lo define como “Efficient use of resources with emphasis on environmental consciousness and sustainable practices.” [sic]

consumption of matter/energy throughout the life cycle of a facility, right from the planning/design stage. [sic]

4. **Green maintainability** [Asmone, A. S., Conejos, S., & Chew, M. Y. (2019)]. La definen como " defined herein as using maintainability and sustainability considerations to achieve green FM, and it seeks to maximize facility performance while minimizing risk and its lifecycle costs, at the same time minimizing negative environmental impacts and reduce the usage of energy, water and material" [sic]

4.2 Que definición se debe de utilizar

En la selección de la definición que pueda alinearse con las recomendaciones de la UE indicadas en el punto 3, se obtiene que:

- las que tienen su origen en las normas, el apartado 4.1.1, están orientadas únicamente al mantenimiento del elemento (Item), y se alejan de las demandas de UE.
- las que tienen su origen en las publicaciones, el apartado 4.1.2, se aproximan a las demandas que se establecen en los documentos de la Unión, de todas ellas: la más adecuada es la de [Asmone, A. S., Conejos, S., & Chew, M. Y. (2019)] ya que actúa en los siguientes cinco objetivos:
 - El de maximizar las prestaciones del activo físico
 - El de minimizar el riesgo del activo
 - El de minimizar el coste del ciclo de vida
 - El de minimizar el impacto medioambiental
 - El de minimizar el uso de recursos energéticos, hídricos y materiales.

Al concepto de mantenibilidad seleccionado se le va a añadir el atributo de sostenibilidad, con lo que se va a utilizar el concepto de **mantenibilidad sostenible** (*Green maintainability*) en los activos físicos, y que va a actuar, adicionalmente a los siguientes objetivos sobre:

- La salud y el bienestar a través de la actuación sobre el riesgo y el impacto medioambiental
- La productividad empresarial u organizativa a través de la actuación en los costes y los riesgos
- La gestión de los recursos a través de la actuación en el consumo de recursos y la gestión del impacto medioambiental
- Las prestaciones a través de la actuación sobre los consumos de recursos, sobre los costes y sobre las prestaciones.

Este concepto deberá pasar a formar parte de los requerimientos de proyecto del edificio que deberían de ser aportados, al inicio del proyecto, tanto por parte del Facility Manager, en base a su experiencia previa, junto con el diseñador. Una vez incorporados al proyecto, habrá que gestionarlos a través de toda la vida del activo. Para poder implementar este modelo de mantenibilidad es necesario

- Establecer los requerimientos de mantenibilidad² necesarios para el proyecto del nuevo edificio, o en el caso de un edificio existente habrá que determinarlos mediante una auditoría que determine el gap entre los requeridos por el facility manager y los existentes. En estos requisitos se deberá de contemplar la comissionability de los mismos.
- Que sean la base del DfM (se analiza a continuación)
- Que se incluyan en el plan de commissioning para su seguimiento.

² Pasarán a ser parámetros de diseño del sistema

- Que se puedan verificar, por parte del facility manager, su grado de cumplimiento en el momento de la entrega del edificio (handover).
- Que se puedan monitorizar en la fase de explotación, por parte del facility manager, para poder detectar posibles gaps.

4.3 Diseño orientado a la mantenibilidad (DfM)

Para poder implementar el concepto de mantenibilidad es necesario incluirlo en el proyecto , para lo cual se considera que el DfM es una herramienta adecuada.

El concepto de DfM es bastante reciente, se aparece en la década del 2010-2020, de echo un de sus principales consumidores la Building and Construction Authority (BCA) del Gobierno de Singapur elaboró su primer Roadmap en el año 2015. [Building and Construction Authority, 2022]

De todas las referencias que se han analizado se han seleccionado dos, que son: la ya indicada de la BCA y la metodología elaborada para la World Building Design Guide [Darrell Rounds, (2018)].

Como toda nueva metodología se va a encontrar con barreras, normales inherentes a la gestión del cambio de metodología.

Como definición del DfM se ha seleccionado la de la BCA que establece que el DfM es “la práctica de integrar las consideraciones de operaciones y mantenimiento en la planificación y el diseño del proyecto para lograr la eficacia, la seguridad y la economía de las tareas de mantenimiento durante la vida útil de una instalación” [sic]

Como se ha indicado existen barreras a vencer por parte de:

- De lado del diseño una falta de datos para establecer el ciclo de vida de los materiales
- Del lado de los consultores falta de conocimiento de estrategias de mantenimiento

Estas barreras se irán disipando con el paso del tiempo y la extensión en el uso de la metodología mediante la formación adecuada.

Cara a la venta interna del DfM es adecuado conocer cuales son los beneficios de DfM, que va a ir ligado como se ha dicho en el inicio a una mejora tanto de la sostenibilidad como la eficiencia y eficacia del modelo de explotación del activo físico.

La BCA como organización experimentada ha detectado los siguientes beneficios, en función del personal de interés (stakeholder), que se detallan a continuación:

- Los propietarios
 - Dado que una parte importante de los costes totales de un edificio tiene su origen en el modelo de Operación & Mantenimiento a lo largo de la vida útil del edificio, gracias al DfM se va a producir una optimización mejorando la rentabilidad y la eficiencia
 - Al tener en cuenta las capacidades de mantenimiento durante el diseño se minimizarán los costes del ciclo de vida
 - La puesta en marcha de la mantenibilidad sostenible va a mejorar todo el aspecto medioambiental.
- Los propietarios y facility managers
 - Los diseños mantenibles facilitan un mantenimiento seguro lo que va a actuar sobre la disminución de los riesgos.
- Los promotores y consultores/diseñadores

- a. El DfM va a aportar un modelo de valor al diseño, y va a ayudar a la conservación del valor del activo a lo largo del ciclo de vida.

La puesta en marcha de esta metodología de proyectos debe basarse en la necesidad de la gestión de la mantenibilidad, la realización de una autoevaluación y la identificación de las barreras, el reconocimiento de los beneficios y el desarrollo de un plan de implementación.

Este tipo de proyectos necesita de:

- La formación de equipos multifuncionales
- El establecimiento de estrategias de mantenimiento, como se ha visto en la introducción
- La fijación de cuales van a ser los objetivos de la mantenibilidad a lo largo del proyecto.
- La aplicación de los conceptos de mantenibilidad en el diseño y la adquisición, en el reconocimiento del impacto de la construcción en la mantenibilidad
- Establecer los procesos de evaluación que permita cuantificar la eficacia del programa
- Dado la novedad va a ser necesario establecer programas de formación
- ...

En resumen, el DfM va a permite debatir y resolver por adelantado las consideraciones ligadas a la O&M. La aplicación de la metodología del DfM debería de generar un business case [Darell Rounds (2018)], y va a producir un alto retorno de la inversión, no sólo en los costos generales, sino también la mejora de la moral a través de una mayor eficiencia de la mano de obra.

Para hacer el seguimiento del desarrollo del DfM a lo largo del ciclo de vida es recomendable utilizar una metodología de seguimiento y monitorización como el commissioning dado que el DfM es un conjunto de requerimientos de mantenibilidad junto con una planificación adecuada.

4.4 El Proceso de Commissioning en la gestión de la mantenibilidad

Como ya se ha indicado el commissioning es la figura del guardián que va a validar que, aquellos requerimientos que se establecieron aguas arriba del proyecto sean satisfechos a lo largo del diseño, construcción y entrega (handover) del edificio a su Facility Manager.

Para lo cual habrá que incluir en el alcance del Commissioning los requerimientos de mantenibilidad, y que será un atributo más a monitorizar.

El procedimiento adecuado sería el de elaborar una metodología de auditorías de mantenibilidad de, periódicas, durante el desarrollo de la construcción.

Para analizar el impacto del commissioning en los proyectos se puede consultar [García Ahumada, F. L., González Gaya, C., & Sebastián Pérez, M. A. (2021)]

5.-Conclusiones

A la vista de la analizado en el punto 4 y para optimizar el modelo de Operación y Mantenimiento del activo físico en un modelo de economía circular y sostenible, en opinión de los autores, es recomendable que:

1. Se incorporé el concepto de mantenibilidad sostenible de acuerdo con el apartado 4 del sub-apartado 4.1 a los proyectos de nuevos activos, en el caso de activos existentes, deberá de realizarse una auditoría de mantenibilidad que detecte los gaps existentes, y proponga acciones para su solución

2. La metodología del DfM se incorpore a los proyectos de diseño para los nuevos activos.
3. Que el concepto de mantenibilidad sostenible se incorpore al proceso de commissioning
4. Que es necesario establecer procesos de formación a los diseñadores para que incorporen esta metodología a su Know how

La implementación del modelo de mantenibilidad sostenible (Green Maintainability) a través del DfM va a permitir alinear la gestión de los activos físicos con el modelo de sostenibilidad y de economía circular de la UE, que va a mejorar tanto la eficiencia como la eficacia de la gestión de los activos físicos.

Como recomendación para nuevos desarrollos está la elaboración de:

- Un Business Case que permita analizar el modelo económico de esta propuesta
- Una metodología del DfM
- Una metodología para las auditorías de mantenibilidad

Referencias

- Asmone, A. S., Conejos, S., & Chew, M. Y. (2019). Green maintainability performance indicators for highly sustainable and maintainable buildings. *Building and Environment*, 163, 106315.
- Building and Construction Authority Design for Maintainability 2022
- Chew, Y. L. (2016). *Maintainability of Facilities: Green FM for Building Professionals Second Edition*. World Scientific Publishing Company.
- Darrell Rounds, (2018) Design For Maintainability: The Importance Of Operations And Maintenance Considerations During The Design Phase Of Construction Projects. available on <https://www.wbdg.org/resources/design-for-maintainability>
- EN 17485 2021 Maintenance - Maintenance within physical asset management - Framework for improving the value of the physical assets through their whole life cycle.
- European Commission. (2020) Circular Economy - Principles for Building Design. European Commission: Brussels, Belgium
- Estándar ASHRAE/IES 202-2018. El Proceso de Commissioning para Edificios y Sistemas
- García Ahumada, F. L., González Gaya, C., & Sebastián Pérez, M. A. (2021). Impacto de la economía circular en la interacción entre commissioning y mantenimiento en edificios de nueva planta y edificios existentes.
- ISO 15686-5: 2017 Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing
- ISO 21929-1 2011 Sustainability in building construction — Sustainability indicators — Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings
- Level (s) (2021) European framework for sustainable buildings. Brussels, Belgium available on <https://ec.europa.eu/environment/eusssd/buildings.htm>

- Lin, M. C. Y. (2010). Maintainability of facilities: for building professionals. World Scientific.
- Peretti, G., & Druhmman, C. K. (2019). Regenerative construction and operation. COST Action CA16114 RESTORE Working group three report: Regenerative Construction and Operation.
- SA TS 5342 2021 Technical Specification for building commissioning
- UNE-EN 13306:2018 Mantenimiento. Terminología del mantenimiento.
- UNE EN 15643 2021 Sostenibilidad en la construcción. Marco para la evaluación de los edificios y las obras de ingeniería civil.
- UNE EN 16646 2015 Mantenimiento Mantenimiento en la gestión de los activos físicos
- UNE EN 60706-2 Mantenibilidad de Equipos -Requerimientos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo
- UNE ISO 55001 2015 Gestión de activos. Sistemas de gestión. Requisitos.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

